I.1. EVREN ve DÜNYA'NIN OLUŞUMU

Kuramsal ve Kavramsal Çerçeve

Coğrafya "yeryüzü grafiği", "yer bilimi", "yeryüzünün bilgisi", terimlerinden hareketle "yeryüzünün fiziki ve beşeri özelliklerini araştıran bilim" şeklinde küçük yazım farklılıklarıyla Dünya'nın her ülkesinde kullanılan (Şahin, 2003: 11) bir terim olmuştur. Eski Yunancadan gelen *geo* (yer) ve *graphien* (tasvir) kelimelerinin birleşmesinden oluşmuştur. Coğrafya kelimesinin etimolojik kökeni incelendiğinde ilk kullanımının M.Ö. III. yüzyıl başlarında, gégraphié ya da geographia biçiminde, İskenderiye'de yaşamış olan Eratosthenes (M.Ö. 275-195) tarafından kullanıldığı kabul edilir (Doğanay ve Sever 2016). Tarihi süreçte Coğrafya, günün ihtiyaçlarına göre daha çok yer ve zaman tayinlerinde faydalanılan ve aynı zamanda fethedilecek yerlerin genel coğrafi özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan bilim dalı (Özey, 1996) olmuştur. 1920'li yıllardan sonra çevreci determinist görüş etkisiyle önemli ölçüde coğrafi düşünceler eleştirilmeye başlanmış (Arı, 2005:6), zamanla Coğrafya beşeri coğrafya ve fiziki coğrafya olarak ayrışmıştır. Farklılıklar yalnızca içerikte değil, bakış açısında, tarzda ve akademik yazılarda da (Özgüç ve Tümertekin, 2000:326-327) ortaya çıkmıştır.

Coğrafya kendi içerisinde çok sayıda bilim dalından oluşan bir bilimler topluluğudur (Özçağlar, 2000: 1). Coğrafyayı anlamak için, yeryüzünün oluşumunu geçmişten bugüne kadar her ayrıntısıyla anlamak ile mümkündür (İkiel, 1998). Coğrafya bilmek, dünyayı görmek demektir. Aynı zamanda bu bilmin, siyasal (politik) bir gücü vardır. Devlet adamlarına yol göstermesi, kılavuzluk etmesi yanında, aynı zamanda millî kültürlerin kaynağı durumundadır. Adına, vatan dediğimiz bir coğrafî ünite olmaksızın, devlet kurulamaz; millî kültür ve uygarlık eserleri oluşamaz. Vatan diye tanımlanan sınırları belirli ülkenin, yeraltı ve yerüstü doğal kaynaklar açısından zengin değilse, ya da zengin olduğu halde mevkileri belirlenip işletilmeye açılmamışsa; o ülkeyi vatan tutan toplum, müreffeh bir toplum olmaz; ilimde ve fende ileri gidemez (Doğanay ve Sever 2016). Coğrafya vatan bilincinin oluşmasında önemli rol oynar. Coğrafya aynı zamanda farklı disiplinlerle iletişim halinde bulunan disiplinler arası bir bilimdir. İletişim halinde bulunduğu bilimlerden bazıları şunlardır:

- **Jeomorfoloji:** Yeryüzü şekillerini inceleyen ve oluşumunda etkili olan iç ve dış kuvvetlerin etkilerini açıklayan bilimdir.
- **Klimatoloji:** İklim ve iklim tiplerini ve yeryüzündeki dağılışlarını inceleyen bilimdir.
- **Kartografya:** Coğrafi bilgilerin harita, grafik ve diyagramlarda gösterimini sağlayan bilimdir.
- **Jeoloji:** Yer kabuğunun oluşumunu, yapısını ve hareketlerini inceleyen bilimdir.

Kaynak: Ilgar R. 2018. Genel Fiziki Coğrafya Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara

- **Meteoroloji:** Atmosfer olaylarını inceleyen bilimdir.
- **Jeofizik:** Yer kürenin fiziksel yapısını inceleyen bilimdir.
- **Hidroloji:** Suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini ve dağılımını inceleyen bilimdir.
- **Speoloji:** Mağaraları araştıran bilimdir.
- **Petrografya:** Kayaçları inceleyen bilimdir.
- **Pedoloji:** Toprakları araştıran bilimdir.
- **Topoloji:** Yer isimlerini inceleyen bilimdir.
- **Sismoloji:** Depremleri inceleyen bilimdir.
- **Paleontoloji:** Fosilleri inceleyen bilimdir**.**

Fiziki Coğrafya atmosfer, hidrosfer, biyosfer ve jeosferin oluşum ve gelişim süreçlerini ele alan bir bilim dalıdır. Sadece coğrafyanın değil yer bilimlerinin de ilk temsilcileri arasında sayılan Alexander Von Humbold (1769-1859) fiziki coğrafyanın kurucusu olarak bilinir (Üçışık ve Demirci, 2002:121). Fiziki coğrafyanın öncüsü Alexander Von Humbold (1769-1859) Avrupa, Asya ve Amerika kıtalarında çok sayıda seyahat yapmış, 60 000 bitki materyali toplamış, çeşitli jeolojik, zoolojik çalışmalarıyla, 5 ciltlik "Cosmos" adlı eseriyle, manyetik alan kuramını geliştirmiştir. Aynı zamanda modern ekolojinin de temellerini atmış bir bilim adamıdır (Kiziroğlu, 1993: 295-296). Türkiye'de ise modern Türk yerbilimleri ve fiziki coğrafyanın kurucusu Sırrı Erinç'tir. Erinç 103 araştırma makalesi, 8 araştırma monografisi, 1 atlas, 5 üniversite ders kitabı, 16 ortaöğretim ders kitabı, bildiri özetleri, araştırma raporları, uluslararası platformlarda sunduğu raporlar ile Türk bilim tarihinde yerini almıştır (Şengör, 2002). Genel olarak Türk coğrafyası Sırrı Erinç'in kuruluş katkıları sonrasında 3 farklı evre daha geçirmiştir. Bunlar:

Kuruluş ve Kurumsallaşma Evresi: Modern Türk coğrafyasının ortaya çıkışı (1915-1949) dönemidir.
Sınırlı Gelişme Evresi: Atılım ve duraklama (1950-1980) dönemidir.
Türk Coğrafyasının En Zor Yılları: Bilimsel topluluktan uzaklaşma (1981-2000) dönemidir.
Yeniden Canlanma Evresi: yeni arayışlar ve uyum çabaları (2001 Sonrası) (Özgür ve Yavan, 2013) evresidir.
Özellikle son evrede bu yaklaşımlardan en belirgin olarak 1981 sonrasında etkilenmiştir (Kayan, 2000: 7-22, Koçman, 1999: 1-14). 2005 sonrası evre ise yerli kaynaklarla klimatoloji konularında, ulusal/uluslararası işbirlikleri sayesinde ise jeomorfoloji ve paleocoğrafya konularında ivmelenmenin yaşandığı bir dönem olarak öne çıkmaktadır (Bekaroğlu ve Sariş 2017:51).

I.2. EVREN ve DÜNYA'NIN OLUŞUMU

a). Evrenin Oluşumu

Evren, sayısız gökcismi, gezegen, Güneş Sistemi gibi sistemler ve Samanyolu Galaksisi gibi galaksilerden oluşmaktadır. Evrende 100 milyardan (10^{11}) fazla galaksi olduğu sanılmaktadır (Glen, 1999). Bir uçtan diğer uca 100,000 ışık yılı boyunca uzandığı tahmin edilmektedir (Işık yılı (ly): Işığın bir yılda aldığı mesafedir. 1 ly= 9.460.730.472.580.800 km, bazen parsek olarak da ifade edilebilir. (1pc= 30.857×10^{12} km veya 30,8 trilyon km=3,26 ışık yılı). Evrenin oluşumu incelendiğinde günümüzden varoluş anına kadar 13,8 milyar yıl süre geçtiğine dair öngörüler bulunmaktadır. Güneş sistemi ve gezegenlerin oluşumuna dair çeşitli teoriler

sunulmuştur. Bunlardan biri **Nebula** teorisidir. Bu teoriye **Kant-Laplace** teorisi de denir. Bu teoriye göre, Nebula adı verilen kızgın gaz kütlesi ekseni çevresinde sarmal bir hareketle dönerken, zamanla soğuyarak küçülmüştür. Bu dönüş etkisiyle oluşan çekim merkezinde Güneş oluşmuştur. Gazlardan hafif olanları Güneş tarafından çekilmiş, çekim etkisi dışındakiler uzay boşluğuna dağılmış, Güneş'ten farklı uzaklıklarda soğuyarak gezegenleri oluşturmuşlardır. Dünya, Güneş Sistemi oluştuğunda kızgın bir gaz kütlesi halindeydi. Zamanla ekseni çevresindeki dönüşünün etkisiyle, dıştan içe doğru soğumuş, böylece iç içe geçmiş farklı sıcaklıktaki katmanlar oluşmuştur. İç kısımlarında yüksek sıcaklık korunmaktadır. Bundan sonra, gelgit kuramları diye bilim tarihine geçen, Laplace teorisini reddetmeyen, fakat matematiksel yanlışlıkların bulunduğunu doğrulayan bir dizi teoriler ortaya atılmıştır.

Bu teorilerden bir diğeri de İngiliz fizikçi ve gök bilimcisi James Jeans tarafından 1901'de ileri sürülen teoridir. Teori "**Akkor-Gaz**" teorisi olarak da bilinir. Çekim gücü güçlü akkor gaz halindeki yıldızın Güneş'e yaklaşması ve Güneş'ten parçalar kopartarak sistemin oluşmasını sağlaması (İzbırak, 1989:5) teorinin temelini oluşturur. Uzun süre bu teori bilim otoritelerince dikkate alınmasına rağmen, teori olmaktan öteye gidememiştir.

Einstein'ın başlangıçta statik, kapalı evren teoremi mevcuttur. Bu evrenin kütle çekim kuvveti nedeniyle kaçınılmaz olarak kendiliğinden içine çökebileceğini de belirtmiştir. Bu sorunun üstesinden gelmek için Einstein "kozmolojik direnç" hipotezini ileri sürmüştür. Bu kütle çekim kuvvetine karşı koyan ve böylelikle evrenin çökmesini engelleyen bir itici kuvvettir. Kütle çekim ve "kozmolojik direnç" kuvvetler ikilisi denge durumunu koruyan bir statik evren düşüncesi mevcuttur. Ancak anlaşılması güç bir sav olmuştur (Ellis, 1989:367-431). Aslında Aristotales, Copernicus ve Newton gibi Einstein'da evrenin durağan olduğunu uzun süre kabul etmiştir. Einstein'ın savı 1922'de Rus fizikçi Alexander Friedmann "genişleyen kozmos" hipotezini ileri sürmesiyle yıkılmıştır. Daha sonra Einstein da bu durumu kabullenmiştir. Ancak gerek Einstein, gerekse Friedmann genişleyen evren teorilerini kâğıt üzerinde üretmişler (Lightman 2000:104), uygulamaya ve doğrulamaya yönelik somut deliller sunamamışlardır.

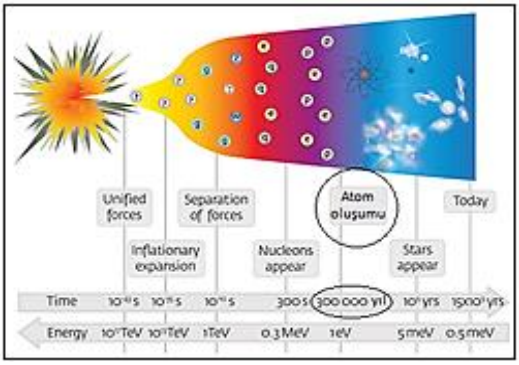
1929 yılında California uzay gözlemevinde, Edwin Hubble tarafından geliştirilen güçlü bir teleskop ile ışık spektrumu izlenmiş, gök cisimlerinin Dünya'ya yaklaşırken ışığın frekansının ve tayfın yüksek frekans tarafına (mor renge) doğru kaydığını, uzaklaşırken, tayfın düşük frekans tarafına (kırmızı renge) doğru kaydığını gözlemlenmiştir. Yani Avusturyalı Christian Doppler tarafından geliştirilen "Doppler Etkisi"ni gözlemlenmiştir. Böylece evrenin genişlediği de saptanmıştır. Slipher ve Hubble gökcisimlerinin Dünya gezegeninden hızla uzaklaştığı ya da yaklaştığını saptamışlardır. Bu değişkenlik düzeyinin ortalama hızının 10.000 ışık hızına ulaştığı ifade edilmektedir (Hughes, 1991:20).

Georges Lemaitre, evrenin bir başlangıcı olduğunu ve bu başlangıçtan itibaren sürekli genişlediğini ifade etmiş ve **Big-Bang** teorisini teorik olarak hesaplamıştır. Ayrıca başlangıç anından yani oluşumdan arta kalan radyasyonun da bir delil olarak saptanabileceğini de belirtmiştir (Lemaitre, 2000:18-19).

1948 yılında George Gamow, Lemaitre'in hesaplamalarını geliştirerek Big Bang teoreminde yeni bir tez ortaya sürmüştür. Buna göre büyük patlamadan dolayı arta kalan radyasyonun evrenin her yerinde belirli oranda olması gerektiğini belirtmiştir. George Gamow'a göre, evrenin doğumuna neden olan patlama, bütün kimyasal elementlerin oluşumunu sağlayacak her güce sahiptir. Büyük Patlamanın başlangıç dönemlerindeki

10 milyar santigrat derece sıcaklığın, evrenin kimyasal yapısının % 74 oranında Hidrojen, % 2 oranında Helyum ve % 2 ağır metal ve kozmik fon radyasyonundan oluştuğunu bulmuştur (Gamow, 1993).

Stephen Hawking konuya önemli katkılar sunmuş bir diğer astrofizikçidir. Hawking Big Bang'ten bir saniye sonra oluşan genişleme oranını saptamıştır. Hawking kendi teorilerinden dini birtakım sonuçlar çıkarılabileceği düşüncesinden rahatsız olmuştur. Çünkü bu süreçte bilimsel gelişmelerin önünde en büyük engel kilisedir. Fakat Katolik Kilisesi büyük patlama modelini, kavramış ve 1951 yılında bu modelin İncil'le uyum içinde olduğunu resmen açıklamıştır. Hawking eserinde 1981'de "Vatikan'da kozmoloji üzerine Cizvit papazlarınca düzenlenen bir konferansa katıldığını Papanın kendisine büyük patlamaya burnumuzu sokmamamızı, çünkü onun yaratılış anı ve dolayısıyla Tanrının işi olduğunu anlatmıştı" (Hawking, 1989:59-60) diyerek başlangıçta konuya odaklanmakta güçlük çektiğini belirtmiştir. Hawking çalışmalarını her şeye rağmen yürütmüş ve Planck Dönemi 10^{-43} saniyeden daha kısa sürede gerçekleştiğini belirtmiştir. Kuantum teorisinin kurucularından Max Planck'a atfen plank dönemi denen sürede 10^{-43} saniyede atom altı parçacıklardan beklenen davranışları hesaplamaya çalışmıştır (Lightman, 2000:135). Oluşum süreci çeşitli evrelere ayırılmıştır. İlk evre "Planck Dönemi" denen, sıfırıncı saniye (zaman var olmadan önceki hal) ile 10^{-43} saniye arası olan dönemdir. Bu patlayan şey bir madde olamazdı; çünkü öngörüye göre varlıkları oluşturan atomlar ancak 300 000 yıl sonra oluşmuştur. Hawking bu durumu "Tanrı hakkında bahsetmeden evrenin başlangıcını açıklamak zordur" (Hawking 1983) diye ifade etmiştir. Bu yüzden günümüz Bing Bang doğrulayıcı CERN deneylerinde bu patlamada açıklanamayan varoluşa yol açan unsurlar için "Tanrı Parçacığı" terimi kullanılmaktadır. Nitekim CERN'de (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire), yeraltındaki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (LHC) denilen parçacık hızlandırıcı testleriyle doğrulanmıştır.

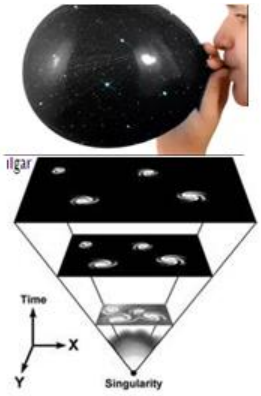


Şekil 1. Big Bang ve Varlıkları Oluşturan Atomun Varoluş Süreci

Fred Hoyle ise "benzer bir patlama, süpernovayla açığa çıkan muazzam enerjiyi açıklayabilir miydi?" sorusunu irdeleyerek farklı bir açılım getirmiştir. Hoyle'a göre, bilim otoritelerinin gözden kaçırdığı bir nokta vardı. Çünkü yaşam belirtisinin var olduğu her alanda C-12'nin rezonansı gerçekleşmiş olmalıydı. Yapılan araştırmalar sonucunda Hoyle haklı çıkarmıştır: C-12'nin rezonansı, onun öngördüğü enerjide gerçekleştiği tespit edildi (Heinemann, 1965). 1978 yılında Arno Penzias ve Robert Wilson "Kozmik Backgraund Mikrodalga Radyasyonu" adı verilen bu radyasyonun uzayın belli bir tarafından gelen radyasyondan farklı olduğunu yani

yerel kökenli olmadığını, evrenin tümüne dağılmış bir radyasyon olduğunu ispatladıkları için Nobel Fizik Ödülü'nü almışlardır (Basu, 1994:17-23).

1989 yılında NASA'nın COBE uydusunu uzaya göndermesi sonucu Penzias ve Wilson'ın keşfettiği Kozmik Backgraund Mikrodalga Radyasyonu doğrulanmıştır. Bir derecenin 30 milyonda 1'i kadar dalgalanma COBE uydusu tarafından saptanmıştır. Bu radyasyon George Smoot tarafından tasarımı yapılan "Diferansiyel Mikrodalga Radyometresi (DMR)" ile ölçülmüştür (Silk, 2000:73). Alan Guth'un bir balon gibi şişen evren model teoremi doğrulanmıştır. Buna göre 15 milyar yıl öncesi bir Hidrojen atomu çekirdeğinden milyarlarca kez daha küçük bir patlama ile oluşmuştur. Bu patlama anında evrenin, her 10^{-35} saniyede büyüklüğünü ikiye katladığı ifade edilmiştir (Farhi,1990).



Şekil 2. Büyük Patlama Sonucu Şişen ve Genişleyen Evren Modeli

Evrenin oluşumu ile ilgili olarak ileri sürülen teorilerden Bigbang, yukarıda belirtilen çalışmalar sonucunda doğrulanmıştır. Diğer teoriler ise teori olmaktan öteye gidememiş sadece bilim tarihinde yerini almıştır. Diğer teoriler sadece evrenin oluşumunun tespitine yönelik olgunun ve sorunun sınırlarının çizilmesinde, çözüm üretiminde, kavramsal ve metodolojik diziler zincirleriyle katkıda bulunmuştur. Yani anlamsız ve gereksiz tartışma değildir. Ancak günümüzde gerçek oluşum somut deney ve deliller ile tespit edildiğinden bu teoriler bilimsel değerini yitirmiştir.

b). Evrende Dünya Dışında Canlı Yaşam İzleri

Evrenin oluşumu büyük patlama ile oluştuğu (Jaki, 1980: 54) diğer bazı deneyler ile de doğrulanmıştır. Evren içinde 100 milyarlarca Güneş Sistemi gibi sitemi bulunduran Samanyolu galaksisi gibi yaklaşık 300 milyar galaksi sahiptir (Malin, 1991:4). Bu galaksiler hakkında bilgiler yetersizdir. Kızılötesi Astronomi Uydusu olası başka gezegen sistemlerinde yaşamın varlığı konusunda ipuçları bulmuştur. Evren bildiğimiz kadarıyla yaşam için gerekli olan karbon temelli organik madde bakımından oldukça zengindir. Radyo teleskoplar yardımıyla uzayda birbirinden farklı yüz kadar organik bileşik saptanmıştır. Ayrıca yeryüzüne düşen bir meteoritte organik çamura rastlanmıştır. Bu yüzden Dünya'da var olan hayat başka yerlerde de var olabilir kanısı güçlenmiştir. Bu

amaçla yıllar boyu astronomlar Dünya dışı yaşamla haberleşmenin elektromanyetik dalgalarla, özellikle de radyo dalgalarıyla gerçekleşeceğini varsaymışlardır. Dünya dışı kaynaklı ve zeki yaratıklarca yapılacağı varsayılan radyo yayınları için ilk araştırma, Batı Virginia'daki Ulusal Radyo Astronomi Gözlemevi'nde çalışan Frank Drake tarafından 1960 yılında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sırasında Drake anteninin algılayıcılarını iki yakın yıldıza çevirerek iki ay izlemiştir. O zamandan buyana elliye yakın araştırma yapılmıştır. Aranan şey, uzayda tek bir yönden gelen dar dalga boyu bantlı bir radyo sinyalidir. Eğer böyle bir 'sinyal' bulunabilirse, bir takım kodlanmış mesajlar aranacak ve çözmeye çalışılacaktır. Bilgisayar teknolojisi yeni radyo alıcılarının geliştirilmesinde önemli katkılar sağlamıştır. İlk Dünya dışı kaynaklı yayın taramaları yalnızca 1000 radyo kanalını kapsamaktaydı. Oysa bu gün Harvard Üniversitesi'nden Paul Horowitz tarafından tasarlanan bilgisayar sistemleri 10 milyon kanalı tarayabilmektedir. Nasa Ekim 1992 yılında Arecibo radyo teleskopu ile Dünya dışı radyo dalgalarını izlemek için araştırmalar başlatmıştır (Lightman, 2000:28-30). Hala hazırda bu araştırmalar devam etmektedir. En son olarak Güneş Sistemi dışında ancak Samanyolu Galaksisi içinde yer alan Dünya'dan 40 ışık yılı uzaklıkta bulunan Trappist-1 ismi verilen yıldız yörüngesinde yer alan gezegenlerinden üçünün "yaşanabilir bölge" tanımına girebileceği düşünülmektedir (yüzey sıcaklığının, yeterli atmosfer basıncı göz önüne alındığında sıvı su varlığı vb. olasılığı nedeniyle).

c). Evrenin sonu

Evrenin sonuna dair 4 farklı teori sunulmaktadır. Bunlar biri evrendeki genişleme yavaşlayıp sonlanınca evren giderek küçülmeye başlayacak, ısınacak, yoğunlaşacak ve içine çökmesiyle “büyük çöküş” gerçekleşecektir. Ya da evrende ısı ölümüne bağlı olarak sonunun “büyük donma” ile geleceğine dair teoridir. Bir diğer teori ise evrendeki enerji ve yapıların değişime uğraması sonucu fizik ve kimya kurallarının da değişeceği, bunun sonucunda gezegenlerin ve yıldızların “büyük değişime” maruz kalması teorisidir. Dördüncü teori ise evreni genişleten karanlık enerjinin bitmesine bağlı olarak “büyük parçalanma” teorisidir.

Günümüze kadar gerçekleştirilen çalışmalarda evrenin genişlemekte olduğu doğrulanmıştır. Ancak bu genişlemenin sonsuza kadar süreceği konusunda kararlılık yoktur. Genişlemenin gittikçe değişkenlik göstermesine bağlı olarak evrenin sonunun geleceği beklenmektedir. Dışarıya doğru genişleme içeriye doğru etki yapan kütle çekimi arasındaki rekabet, iki olasılığı ortaya çıkarmaktadır. Ya yeryüzünden yukarıya doğru kurtulma hızından daha büyük bir hızla fırlatılan bir taş örneğinde olduğu gibi evren sonsuza kadar genişleyebilir veya yeterince hızlı fırlatılmadığından dolayı bir yüksekliğe kadar çıktıktan sonra geriye düşen bir taş örneğinde olduğu gibi evren de bir noktaya kadar genişledikten sonra büzülmeye başlayabilir. Bu iki olasılık, açık ve kapalı evrenler olarak adlandırılır. Açık evrenlerde genişleme sonsuza kadar sürer. Kapalı evrenler de genişlemenin sonu vardır. Evren sonsuz yoğunluğa ulaşıncaya kadar büzüldüğünde bir çeşit ters büyük patlama ile sonu gelir. Eğer evren kapalı ise, bir gün genişlemesini durduracak ve büyük patlamanın tersine büzülmeye başlayacaktır. Sıcaklıklar azalma yerine artmaya başlayacak, sonunda bütün madde dağılıp yok oluncaya kadar sıkışacaktır. Bir evrenin ölümünden sonra başka bir evrenin doğup doğmayacağı ise tam bir bilinmeyendir. Ama evren açık veya düzse, sonsuza kadar genişlemesini sürdürecek, gittikçe soğuyacak ve yoğunluğu azalacaktır. Yıldız ve galaksiler evrimlerini gittikçe yavaşlayan bir hızda sürdürecektir.

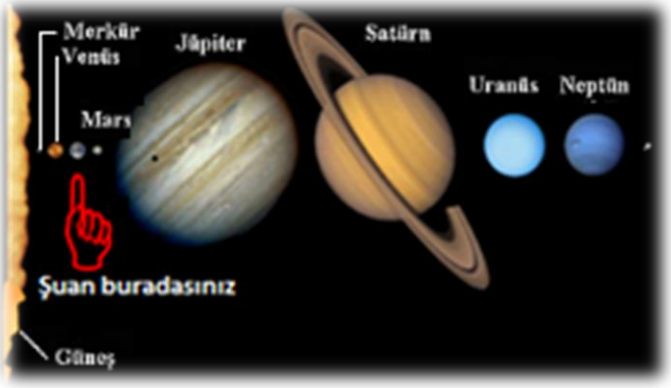
Evrenin sonu ne zaman geleceğine dair somut çalışmalar yürütülmeye başlamıştır. Hesaplamalara göre, yaklaşık 10^{14} (100 trilyon) yıl sonra bütün yıldızlar yakıtları bittiği için sönükleşecektir. 10^{16} yıl sonra gezegenler ile çevresinde döndükleri yıldızlar arasındaki bağlar kopacak, yaklaşık 10^{19} yıl sonra yıldızlar içinde bulundukları galaksilerden çekimsel olarak kurtulacak ve yaklaşık 10^{1500} yıl sonra evrendeki madde tümüyle demire dönüşecektir (Lightman 2000:136-142)

Kaynak: Ilgar R. 2018. Genel Fiziki Coğrafya Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara

d). Gezegenler

Başlangıçta 4.6 milyar yıl önce, yıldız patlamalarından arda kalan gaz (Hidrojen ve Helyum yoğunluklu) ve tozdan oluşan bulutsu madde, yoğun olduğu bölgelerde kendi kütle çekiminin etkisiyle belli bölgelerde yoğunlaşmaya başlayarak gaz ve katı yapıdaki gezegenleri oluşturmuştur.

Uluslararası Gökbilim Birliği'nin (IAU), 1919 yılından bu yana Güneş Sistemi'nin 8 gezegeni, bulunduğunu kabul etmektedir. Samanyolu Galaksisi'nde yer alan orta büyüklükte bir yıldız olan Güneş, onun çekim etkisi altında kalan **8 gezegen**, bu gezegenlerin 166 uydusu, henüz yörüngesini temizlememiş olan **5 cüce gezegen**, cüce gezegenlerin 6 uydusu ve milyarlarca başka küçük gökcisminden oluşan bir sistemdir. Gezegenleri büyüklüklerine göre (büyükten küçüğe) şu şekilde sıralamak mümkündür. **Jüpiter, Satürn, Uranüs, Neptün, Dünya, Venüs, Mars, Merkür**'dür. Ancak gezegenler Güneş'e göre mevcut yörüngelerine göre sıralanmaktadırlar. Güneş sistemindeki gezegenler iç (karasal) ve dış (gaz yapılı) gezegenler olmak üzere ikiye ayrılırlar.



Şekil 3. Güneş Sistemi ve Gezegenler

İç (Karasal) Gezegenler: Bu gezegenler; Merkür, Venüs, Dünya ve Mars'tır. Karasal gezegenlerin kütleleri küçük, dönüş hızları yüksek ve ortalama yoğunlukları 5.5 gr/cm^3 dolayındadır.

Dış (Gaz Yapılı) Gezegenler: Bu gezegenler; Jüpiter, Satürn, Uranüs, Neptün'dür. Bu gezegenlerin tümü, dev gaz yapıdadırlar.

Karasal Gezegenler	**Gaz Gezegenler**
Merkür	Jüpiter
Venüs	Satürn
Dünya	Uranüs
Mars	Neptün

Cüce Gezegenler: Güneş sisteminde dolaşan ve herhangi bir gezegenin uydusu olmayan, sabit şeklini bozacak güçleri yenebilecek kütle çekimine sahip ve hidrostatik dengesi olan ama yörüngesinin çevresini temizlememiş gezegenlerdir. Güneş Sistemi'nin cüce gezegenleri **Ceres, Plüton, Haumea, Makemake** ve **Eris**'tir. Önceleri bu grupta yer alan Plüton 24 Ağustos 2006 tarihinde yapılan Uluslararası Gökbilim Birliği (International Astronomical Union; IAU) toplantısında yörüngesinin civarını temizlemediği gerekçesiyle "**Cüce Gezegen**" diğer bir ifadeyle "**Kuiper Kuşağı**" sınıfına konularak gezegen olma özelliğini kaybetmiştir.

e). Güneş

Güneş yer hacminin ise 1.306.000 katı büyüklüğe sahip bir yıldızdır. Güneş'in oluşumu için 1700 lü yılların sonunda Emanuel Swedenborg, Immanuel Kant, Pierre-Simon Laplace tarafından geliştirilen teoriler günümüzde Güneş'in oluşumuna yönelik bilgileri kapsamaktadır. Başlangıçta 4.6 milyar yıl önce, yıldız patlamalarından arda kalan gaz (Hidrojen ve Helyum yoğunluklu) ve tozdan oluşan bulutsu madde, yoğun olduğu bölgelerde kendi kütle çekiminin etkisiyle belli bölgelerde yoğunlaşmasıyla başlar. Daha sonra merkezde yoğunlaşan büyük miktarda madde sıkışmaya başlar ve sıkıştıkça basıncı ve sıcaklığı artan gaz bulutu sıcaklığın etkisiyle parlayarak Güneş'i oluşturur. Bu ışıma ve yoğunluk içten dışa doğru olan radyasyon basıncına, dıştan içe doğru olan gravitasyonel kuvvete karşı koyarak büzüşmeyi durdur ve bir denge halinde Güneş'in devamlılığını sağlar. En basit oluşum bu şekilde açıklanmaktadır. Aynı zamanda Güneş, yüzeyini görebildiğimiz tek yıldızdır (Atkinson 1999:6). Güneş, kendi çekim etkisi altında kalan sekiz gezegen ile onların bilinen 166 uydusu, beş cüce gezegen (Ceres, Plüton, Eris, Haumea, Makemake) ile onların bilinen altı uydusu ve milyarlarca küçük gökcismini yörüngesine bağlayan bir göç cismidir.

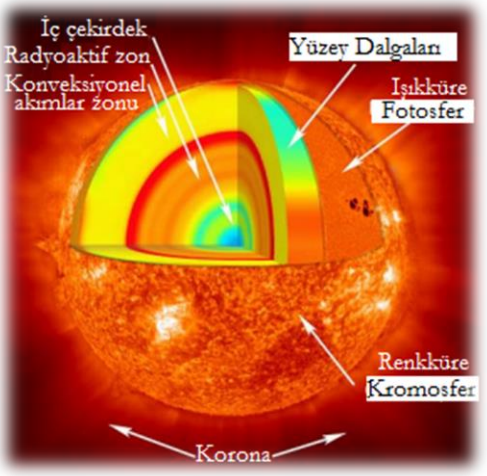
Güneş oluşumu incelendiğinde farklı tabakalardan oluştuğu görülmektedir. Bu tabakalar en içten dışa doğru çekirdek, fotosfer, kromosfer ve koronadır.

Çekirdek: Yoğunluğu 150.000 kg/m³ civarındadır. Çekirdekte Hidrojen protonları Helyuma dönüşerek ısı ve ışığı oluşturur. Burada ortalama sıcaklık 13.600.000 ^{0}K'dir. Çekirdek'te ~8.9×1056 hidrojen protonu saniye 3,4×1038 kadarı helyum çekirdeğine dönüşür. Güneş saniyede 4,26 milyon ton madde yani kütle kaybeder. Diğer bir ifade ile Güneş çekirdekteki bu nükleer füzyon ile yılda kütlesinin 100 milyarda birini yitirir.

Fotosfer (Işıkküre): Güneşin parlak görünür yüzeyini oluşturur. 500 km kalınlığındaki ve 5800 K sıcaklığa sahiptir. Fotosfer'de Güneş lekeleri (sunspot) denilen koyu renkli lekeler ve fenerler bulunur. Güneş lekeleri, gaz akımlarının Güneş yüzeyine çıktığı yerlerde çapları 800 ile 80000 km arasında değişen ve çıplak gözle görülebilen lekelerdir (Özdemir ve Bozyurt, 2004).

Kromosfer (Renkküre): Fotosfer tabakasının üstünde 2500 km kalınlığında olup sıcaklığı yüzeyde 6000 C civarındadır. Sıcaklığı ise fotosferden dışarıya doğru yükselmektedir.

Korona: Güneş tacı olarak da adlandırılır. Genişliği sistem içerisindeki gezegenlere kadar uzanır. Sıcaklık değerleri ise 10^6 ^{0}K düzeylerindedir. Korona'nın nasıl ısındığına dair iki ana işleyiş önerilmiştir. Bunlardan birincisi dalga ısınmasıdır. Isı yayımsal bölgedeki türbülanslı hareket ses, kütle çekim ve manyeto hidrodinamik dalgalar olarak ifade edilmektedir.

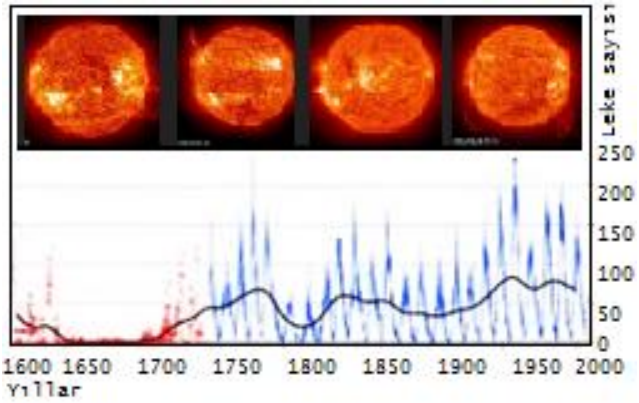


Şekil 4. Güneş'in Yapısı

Güneş'in yakıtı hidrojen günümüzden 10 milyar yıl öncesi var olmuştur. Akabinde 4.6 milyar yıl öncesi Güneş şekillenmeye başlamıştır (Hughes, 1991:12). Dünya'nın yaşanılabilir alanlarına gelen Güneş enerjisi yere, zamana ve iklime bağlı olarak 3-30 MJ/m² gün arasında değişir (Tınıs, 1997:10). Yaşam için ışığı ve enerjisini verme haricinde, bitkilerde birincil üretim ve fotosentez için önemlidir. Bu ışıktan ve enerjiden kaynaklanabilecek en küçük sorun yerküredeki canlılığı ve ekosferi tehdit edecektir. Güneş'in muhteşem enerjisi (ısı) hidrojen atomlarını çekirdek füzyonunda helyum atomuna çevrilmesi ile oluşturur. Enerji üretim tekniği açısından bir Hidrojen kaynaşım reaktörü olan bu yıldızda her bir saniyede 386.000.000 EJ (eksa-joule) (1EJ = 22,7 MTEP (milyon ton eşdeğer petrol)) enerji açığa çıkmaktadır. Bilindiği üzere Güneş evrende enerji kaynaklarının en güçlüsüdür (Doğanay, 1998:7). Bu sayılar ışığında Güneş'in kütlesi ve bu kütlenin yaklaşık % 90 yakın bir kısmının proton olduğu düşünülürse, Güneş'teki hidrojen yakıtının tüketilmesi için daha 5 milyar yıllık bir süreye ihtiyaç vardır (Özel ve Saygaç, 1998: 94).

Güneş ışınları ve ısısı sadece karalar üzerinde yaşam kaynağı olmayıp aynı zamanda okyanuslar, göller ve nehirler içinde yaşam kaynağı niteliğindedir. Kısaca biyosferde canlılığın devamı Güneş'e bağlıdır (Uyarel, 1987:8). Güneşten gelen ısı aynı zamanda buharlaşmalara da neden olur. Buharlaşan su, bulutları oluşturur. Tekrar su döngüsüyle yoğunlaşır. Bu yoğunlaşma sonucunda yaşamın en temel vazgeçilmezi yüzey suları ve yeraltı suları oluşur (Bokris and all, 1993: 61).

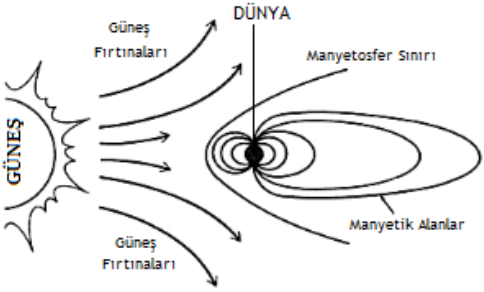
Güneş enerji yayılımında güneş lekeleri ışıkkürenin en önemli özelliğini oluştururlar. Bütün lekeler Güneş yüzeyinde hareket halinde bulunurlar. Leke denmesinin ve siyah olarak gözlemlenmesinin sebebi ise; parlaklık bakımından Güneş yüzeyinden farklı olmasından dolayıdır. Bunun sebebi de sıcaklık farkıdır. Gözlenen en büyük lekenin çapı 200.000 km dir. Güneş lekeleri 11 yıllık periyoda sahiptir.



Şekil 5. Güneş Lekelerinin Değişkenliği
(http://science.msfc.nasa.gov/newhome/headlines/images/sunspots.ipg)

Güneş'te saptanan ısı değişikliğine sebep olarak, Güneş'i oluşturan maddelerin atomları arasında kimyasal birleşme ve ayrışma olaylarının oluştuğu ileri sürülmektedir (Daybelge,1996:35). Mıknatıs fırtınası diye de tanımlanmaktadırlar. Fırtına devam ettiği müddetçe mıknatıs ibreleri sağa sola sapmalara yol açar. Hatta telgraf işaretlerinde bile karışıklıklara da neden olmuştur. Aynı zamanda elektromanyetik etkisiyle deniz altındaki kablolar işlemez bir hale gelir (Duran, 1956: 108-114). Kısacası güneş lekelerinin artması ya da azalması durumunda biyosferde yaşam tehdit altında bulunmaktadır.

Güneşten yayılan radyasyon riskli Güneş rüzgârlarını oluşturmaktadır. Bu tür risklere karşı Dünya'nın manyetik alanın bir etkileşimi sonucu savunma kalkanları mevcuttur. Güneş'in tüm gök cisimleri üzerinde çekim gücü vardır. Yüzeyindeki çekim Dünya'nın oluşturduğu çekim kuvvetinin 27 katıdır (Gamov, 1991). Bu güç dönen gök cisimlerinin merkez kaç kuvvetiyle kaçışını dengeler.



Şekil 6. Güneş Rüzgârlarına Karşı Kutup Bölgelerinden Kalkan Oluşturulması

I.2.2. DÜNYA'NIN OLUŞUMU ve JEOLOJİK ZAMANLAR:

I.2.2. a). Dünya'nın Oluşumu

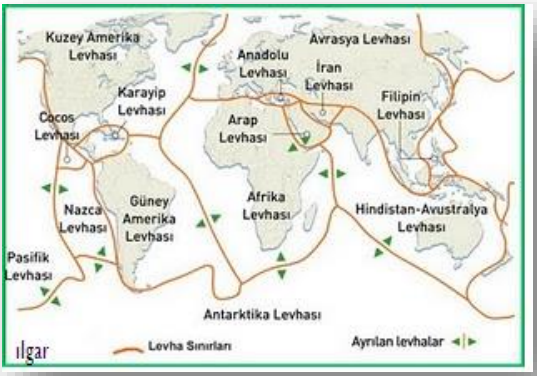
Yaklaşık 4.5 milyar yaşında olan (4.467 milyar yıl) dünya günümüze kadar çeşitli evrelerden geçerek oluşmuştur. Başlangıçta var olan süpernova diye adlandırılan büyük çoğunluğunun hidrojen ve helyum gazından oluşan (% 98'ini) dev gaz ve toz bulutu/ dumanı birbirine yaklaşarak ve çarparak merkezde yoğunlaşmış ve kütle-çekim gücü kümelenmeye yol açmıştır. Bunun sonucunda, spiraller çizerek merkez bölgeye düşmeye başlayan dış kısımdaki toz ve gazlar, bir gezegen oluşum diski meydana getirerek dünyanın oluşumuna yol açmıştır. Yani başlangıçta yeknesak yapıdaki Dünya'dan zamanla atmosfer, yer kabuğu ve içyapısı, hidrosfer katmanları ayrışmıştır. Litosfer katmanı levhalar halinde astenosfer ve mağma üzerine yayılarak levha hareketlerine maruz kalmıştır. Daha sonraki süreçte yaşam için elverişli olan ekosferi koşulları ortaya çıkmıştır.

Dünya oluştuktan sonra başlangıçtan günümüze çok farklı süreçler gerçekleşmiştir. Jeolojik zamanlar adı verilen bu evrelerin her birinde levha hareketlerine bağlı değişik canlı türleri ve iklim koşullarının varoluş süreci görülmüştür.

I.2.2. b). Levhalar

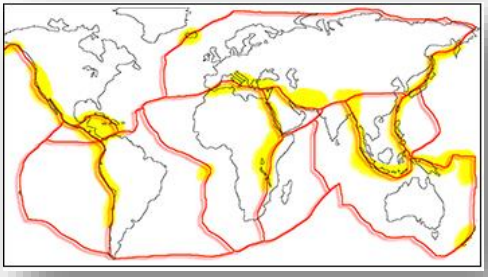
Dünya yüzeyi kesintisiz gibi görünse de, gerçekte dev boyuttaki bir yap-boz gibi birbirine geçen parçalardan oluşmaktadır. Levha adı verilen bu parçalar çok yavaş olarak sürekli biçimde birbirlerine göre astenosfer üzerinde sürekli hareket halindedirler. Levha hareketleri önemlidir. Levhaları oluşturan kayaçlar genelde esnemez (rijit) bir kütle halinde hareket eder. Bunlar fazlaca bükülmez (fleksür) ve oldukça az sismik ya da volkanik etkinlik gösterir. Manto içerisine dalan levhalar çevredeki manto malzemesini soğuturlar ve bu suretle konveksiyon akıntısı meydana getirirler; bu akıntı ise levhaları kaydırır veya yüzdürür (Canıtez ve Ketin, 1979: 489-490). Manto üzerinde yüzen kıtalar kayma hareketine uğramaktadır. Ayrıca magmadaki hareketlere bağlı olarak yok oluş da gerçekleşmektedir. Tüm levhaların hareket hızlarının toplamı sıfırdır. Yani levha üretim hızı ile levha yok oluş hızı birbirine eşittir, böylece yeryüzünün alanı sabit kalmaktadır.

Levhalar yer kabuğunda hareket halinde olup 7 tane ana, çok sayıda da küçük türleri vardır. Parçaların sayısı farklı kaynaklarda değişik sayıda ifade edilmekle birlikte 20 kadar olduğu konusunda fikir birliği vardır. Bu levhalar birbirlerine çarpar, birbirlerinin altına girer veya birbirlerine sürtünüp, sıyırarak hareket ederler.



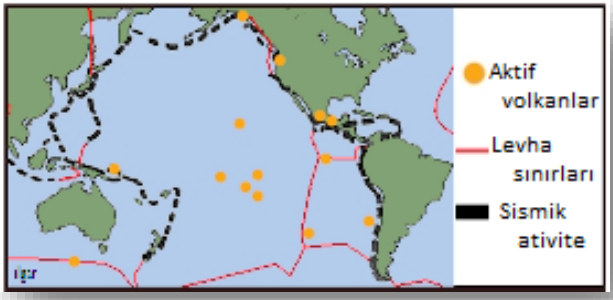
Şekil 7. Yeryüzünde Levhaları Oluşturan Levhalar ve Hareketleri

Levha tektoniği adı verilen bu teori aynı zamanda deprem, volkanizma ve jeotermal sıcak su kaynakları çalışmalarında ön plana çıkmaktadır. Diğer yandan levha hareketlerinin Dünya'nın kendi ekseni ve Güneş'in etrafında dönmesine, yer çekimine, gelgit olaylarına vb. gibi diğerlerine katkısı nedir? Bu ve buna benzer soruların cevapları henüz tam olarak bulunamamıştır (Karaman, 2001:135).



Şekil 8. Dünya'da Jeotermal Alanların Dağımı

Levhaların birbirleriyle temas noktaları sismik aktivite ve volkanik alanların en yoğun olduğu yerler (Pasifik ateş çemberi, Alp-Himalaya kuşağı, Atlas Okyanusu ortası) ile örtüşmektedir.



Şekil 9. Dünya'da Jeotermal Alanların Sismik ve Volkanik Alanların Dağılımı

Levhaların hareketinden dolayı kıtaların kayması teorisi öne sürülmüştür. Savunucusu ve ileri süreni 1912'de aslında bir meteorolog olan Alman bilim adamı Alfred Wegener'dir. 1969'da levha tektoniği kuramı, Mc.Kenzie ve Morgan tarafından doğrulanmıştır. Bu teoriye göre orojenik hareketlerin sebebi kıtaların hareketidir. Dağlar adeta hareketi yavaşlatan bir kilit görevi görmektedir. Bu parçaların bazıları kıtasal kabuklara, bazıları da okyanusal kabuklara karşılık gelmektedir. Granitik kabuk yani sial kıtasal kabuğa, bazaltik kabuk yani sima okyanusal kabuğa karşılık gelmektedir. Kıtaların kayması teorisi, konveksiyon akıntısı teorisi ve deniz tabanı yayılması teorisiyle bağlantılıdır.

Levha tektoniğini doğrulayan çok sayıda delil mevcuttur. Bunu doğrulayan delilleri kısaca şu şekilde özetlemek mümkündür:

* Kıtaların kenar kısımlarının birbirine olan uyumları,

Şekil 10. Levha Tektoniğini Doğrulayan Deliller-1

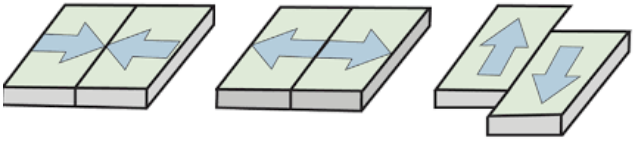
* Farklı kıtalar üzerinde bulunan eski devirlere ait benzer fosiller,

Şekil 11. Levha Tektoniğini Doğrulayan Deliller-2

* Farklı kıtalarda olmasına rağmen paleo ve güncel bitki ve iklim benzerlikleri,
* Farklı kıtalarda birbirinin devamı nitelindeki buzullaşma olaylarına ait kalıntılar,
* Farklı kıtalarda paleo manyetik verilerin benzerlikleri,
* Kıtalar arasında belirli jeolojik yapıların devamlılığı,
* Kıtalar arasında aynı yaştaki ve bileşimdeki kayaçların dağılımı levha tektoniğini doğrulamaktadır.

Kaynak: Ilgar R. 2018. Genel Fiziki Coğrafya Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara

Levhaların Genel Özellikleri: Yeryüzündeki levhalar çeşitli özellikleri ile birbirlerinden ayrışmaktadırlar. En temel ayrışma özellikleri hareketleridir. Levhalar birbirine göre üç tip hareket sunarlar. Bunlar yaklaşma, uzaklaşma ve yanal yer değiştirmedir. Günümüzde, levha sınırlarının %20.5'i yaklaşan, % 21'i uzaklaşan, % 14'ü ise normal yanal hareketli transform faylardan, geriye kalan ise oblik (verev, eğri, eğik, çarpık) hareketli faylardan oluşmaktadır.



Şekil 12. Levhaların Hareketleri

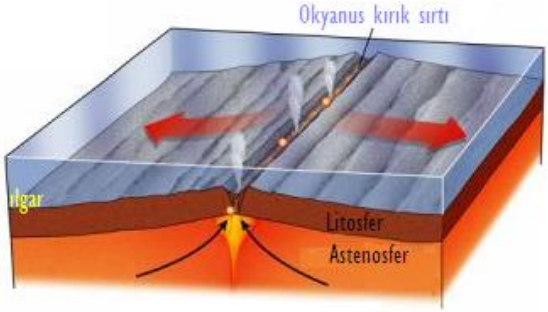
∞ **Uzaklaşan Levhalar (Diverjans-Yapıcı):** Birbirinden uzaklaşan levhalar arasında yarıklar oluşur. Magma bu yarıklardan dışarı çıkar ve soğur. Böylece levhalar birbirinden uzaklaşmaya devam eder.

Birbirinden uzaklaşan levhalardan bazılar şunlardır:

-Kokos-Pasifik
-Kokos-Nazca
-Nazca-Pasifik
-Pasifik-Antaktika
-G.Amerika-Afrika
-K.Amerika-Afrika
-Afrika-Antarktika
-Afrika-Hindistan/Avustralya
-Avrasya-K.Amerika

Milyonlarca yıl devam eden bu hareketlilik yeni okyanusların oluşmasına ya da mevcut okyanusların yapısal şekil değiştirmesine neden olur. Ateş kürede meydana gelen konveksiyon hareketi zaman zaman da levhaların birbirinden ayrılmasına neden olur. Birbirinden uzaklaşan levhalar aslında temas halindedir. Magmanın çoğu levhanın kenarlarında katılaşıp kalırken, bir kısmı da çatlaklardan yüzeye çıkarak yayılma sırtları olarak adlandırılan alanları oluşturur. İki okyanusal levha uzaklaşınca her zaman adalar silsilesi olmayabilir. Bazen okyanus kırıkları şeklinde bu oluşum neticelenebilmektedir. Okyanusal levhaların birbirinden uzaklaştığı alanlarda derinlerden gelen magmanın oluşan boşluğu doldurmasıyla oluşan şekiller (Bu yolla okyanus tabanları genişlediği için bu olaya deniz tabanı yayılması denir).

Örneğin, Atlas Okyanusu'nda oluşmuş sırt buna örnektir.



Şekil 13. Mağmanın Yayılım ve Birikim Hareketi

Şekil 14. Volkanik Ada Oluşumu

Mağmanın çıkışıyla kabuk oluşumu ve gelişimi görülmektedir. İzlanda ve Kanarya Adaları buna örnek olarak verilebilir. Bazaltik lavlar katılaşarak kıta kenarlarına eklenir. Aynı zamanda okyanus tabanı genişleyerek kıtalar birbirinden uzaklaşır. Sonuç olarak uzaklaşan levhalar boyunca yaşanan olaylar

- ✓ Okyanus ortası sırtları oluşur. (Örneğin, Atlas Okyanusundaki 2500 m sırt gibi.)
- ✓ Volkanik adalar oluşabilir.
- ✓ Kabuk oluşumu görülür,
- ✓ Bazaltik lavlar katılaşarak kıta kenarlarına eklenir, okyanus tabanı genişleyerek kıtalar birbirinden uzaklaşır.
- ✓ Uzaklaşmayla oluşan kırıklardan magma yeryüzüne çıkar ve volkanizma olayları oluşur.

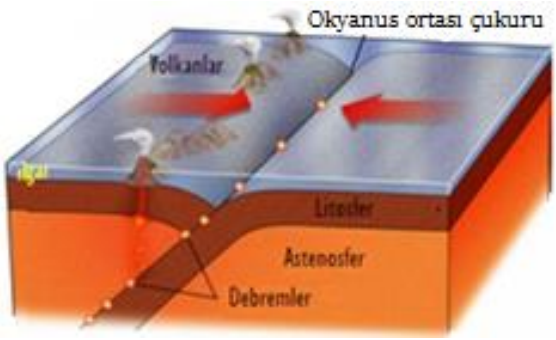
∞ **Yaklaşan Levhalar (Konverjan-Tahrip Edici):** Birbirine yaklaşan levhalar bir süre sonra birbiriyle çarpışabilir. İki levhanın çarpışmasıyla çeşitli yeryüzü şekilleri oluşur. Okyanusal ve kıtasal levha karşılaşmalarında, daha yoğun olan okyanusal levha (yoğunluğu 2.8-3.0 gr/cm^3), kıtasal levhanın (yoğunluğu

2.7 gr/cm^3) altına dalar (subduction). Alta dalan kısım derinlere indiğinde ergimeye başlar ve bu magmanın bir kısmı, kıta tarafında yanardağ kümelerinin oluşumuna neden olabilir.

Birbirine yakınlaşan bazı levhalar şunlardır:

-Avrasya-Pasifik
-Avrasya-Hindistan/Avustralya
-Pasifik-Hindistan/Avustralya
-Kuzey Amerika-Pasifik

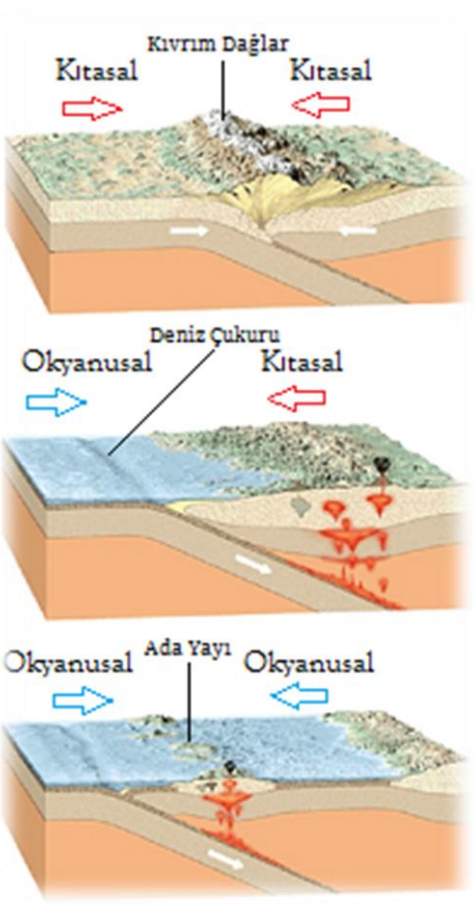
Örneğin, Filipinler'deki birçok volkanik ada yakınlaşan levhaların bir ürünüdür.



Şekil 15. Yakınlaşan İki Okyanusal Levha

Levhaların birbirine yaklaşması sonucu **dalma–batma** olayı oluşur. İki kıtasal levhanın karşılaşmasında ise, genellikle levhalardan hiçbiri diğerinin altına dalmaz. Levhaların arada sıkışan bölümleri gerilime bağlı olarak yükselir ve yeni dağlar oluşabilir. Himalayalar'ın halen süren oluşumu buna örnektir. Ayrıca çarpışmaya bağlı olarak volkanik adalar ve okyanus çukurları gelişebilir.

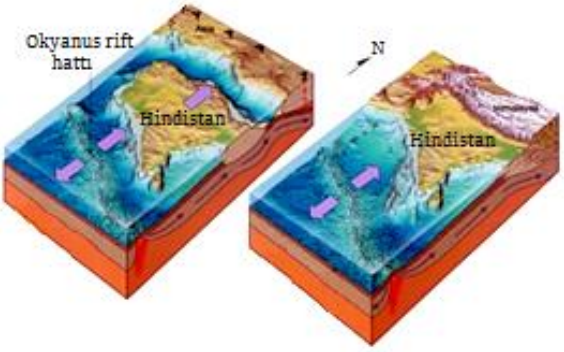
Levhaların birbirine yaklaşması ve çarpışması **kıtasal-kıtasal** yakınlaşma, **kıtasal-okyanusal** yakınlaşma ve **okyanusal-okyanusal** yakınlaşma olmak üzere üç farklı şekilde gerçekleşmektedir.



Şekil 16. Levhaların Çarpışma Türleri

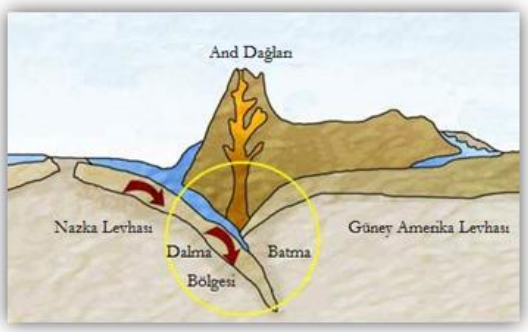
a) Kıtasal ve Kıtasal Levha Yaklaşması: Kıtasal levhaların yoğunlukları az olduğu için karşılaştıklarında genellikle batmazlar. Bu levhalar yaklaşarak çarpıştıklarında yer kabuğu çok büyük kıvrımlar oluşturacak şekilde kenarlara ve yukarıya doğru itilir ve milyonlarca yıl içinde gerçekleşen bu olaylar sonucunda kıvrımlı sıradağlar oluşur. Ancak bu oluşum her zaman dağ oluşmasıyla sonuçlanmaz. Levhalar çok güçlüyse dağ oluşumu gerçekleşmez ve yer kabuğu eğilebilir, yatık bir hal alabilir ya da kırılabilir. Ortaya çıkan dalma-batma ve çarpışma alanlarında depremler sıklıkla oluşur. Volkanik etkinlikler de dalma-batma ve rift-yarık alanlarda oldukça etkindir. Bazen karasal iki kıtanın çarpışması hareket hızı ve oluşan kuvvete bağlı olarak yüksek değerlerde ise yer kabuğu eğilebilir, yatık bir hal alabilir ya da kırılabilir. Bu durumda dağ oluşumu gerçekleşmez.

Kıtasal levha ile kıtasal levha çarpışmasına örnek olarak Hindistan Levhasının Güney Asya'ya çapması gösterilebilir. Bu çarpışmaya bağlı olarak Himalaya ve Tibet Platosu yükselmiştir. Kuzeye hareket devam ettikçe hem bu yükselme devam etmekte hem de depremler oluşmaktadır.



Şekil 17. Hindistan Levhasının Asya Levhasıyla Çarpışması

b) Kıtasal Levha ve Okyanusal Yaklaşması: Okyanusal ve kıtasal levhaların yoğunlukları birbirinden farklıdır. Bu tür iki levha karşılaştığında yoğunluğu daha fazla olan okyanusal levha, kıtasal levhanın altına doğru dalar ve erimeye başlar. Okyanusal levhaların battığı bölgede yüzeyde bir hendek (çukur) oluşur. Bu olayın meydana geldiği bölgeye **dalma-batma** bölgesi denir. Mantonun dalma-batma bölgesinde hacim ve basınç artar. Yanardağlar bu bölgelerde etkindir. Astenosfer içinde daha derinlere inmesiyle mağmanın etkisiyle okyanusal levha erimeye başlar ve magmaya karışır. Magma zayıf noktalardan yeryüzüne doğru yükselerek yanardağların oluşumuna neden olur. Örneğin, Güney Amerika Levhası'nın altına giren Nazka Levhası And Dağları'nın oluşumuna yol açmıştır.



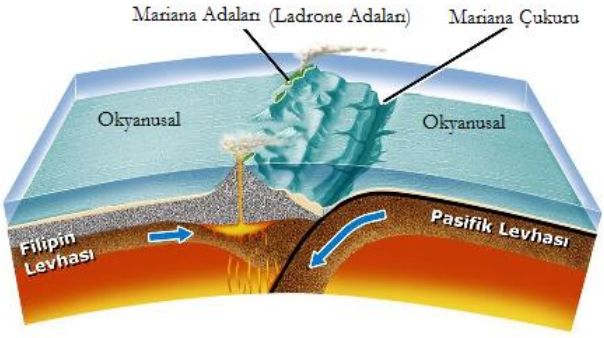
Şekil 18. Kıtasal Levha ile Okyanusal Levhanın Çarpışması (Güney Amerika Levhası'nın Altına Giren Nazka Levhası)

Kaynak: Ilgar R. 2018. Genel Fiziki Coğrafya Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara

c) Okyanusal ve Okyanusal Levha Yaklaşması: Bu levhalar karşılaştığında ikisi de birbirinin altına dalmaya çalışır. Yoğunluğu fazla olan levha alta dalmayı başarır. Bu dalma nedeniyle yüzeyde derin hendekler oluşur. Alta dalan levha bu bölgede erir ve magmaya karışır. Daha sonra zayıf bulduğu bir noktadan yeryüzüne çıkmaya çalışır ve volkan adaları oluşur. Filipin ve Pasifik Levhası'nın yaklaşmasına bağlı olarak Marina çukuru ve çevresindeki Mariana (Ladrone veya Hırsız Adaları) bu şekilde oluşmuştur.

Sonuç olarak yaklaşan (kavuşan) levhalar boyunca yaşanan olaylar

- ✓ Dalma –batma zonları oluşur.
- ✓ İki kıtasal ya da bir kıtasal ve bir okyanusal levhanın çarpışmasıyla kıvrımlı dağ sıraları oluşur.
- ✓ Okyanusal ve bir kıtasal levhanın çarpışmasıyla derin okyanus çukurları meydana gelir.
- ✓ Volkanizma, volkanik ada yayları ortaya çıkar.
- ✓ Bir bariyer gibi dizilen volkanik ada yayları kıtalar ile okyanuslar arasında iç denizleri oluşturur.
- ✓ Depremler oluşmaktadır.
- ✓ Kabuk erimesi ve magma oluşumu gerçekleşir.
- ✓ Metamorfizma olayları meydana gelmektedir.



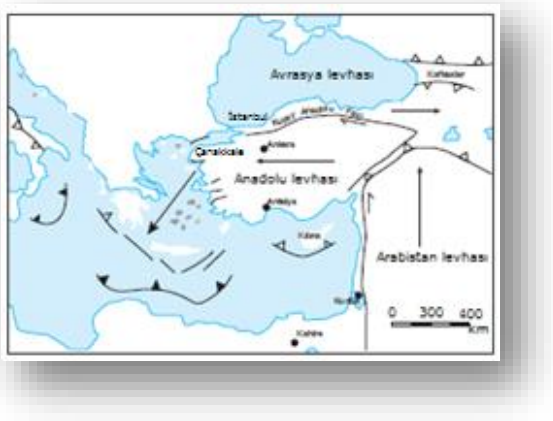
Şekil 19. İki Farklı Okyanusal Levhanın Yakınlaşması

∞ **Yanal Yer Değiştirme-Sıyırma (Transform - Muhafaza Edici):** İki levhanın birbirini sıyırarak yer değiştirmesi durumudur. Bu esnada Litosferde artma veya azalma olmaz. İki levha arasındaki sürtünme çok fazla olduğu için harekete belli bir süre direnç gösterir. Bu bölgede artan gerilim periyodik büyük depremler ile çözülür. Okyanus sırtlarında birbirlerinden konveksiyon akımları ile ayrılan litosferin bir çeşit yırtılması söz konusudur ki, böyle yırtılma hallerinde düz bir doğrultuda takip edilmeyip zayıf yerleri tercih eder. Bu fayların doğrultuları hemen hemen sırtlara diktirler, yani dönüşüm yapmıştır. Bu nedenle bu faylara **transform faylar** denir. Bu tip levha hareketleriyle kısa zaman dilimlerinde ani ve şiddetli şekil değişiklikleri görülebilir. Arada kalan katmanlar sıkışarak yerinden oynar ya da kırılır. Bu kırılma ve kopmalar sonucu açığa çıkan enerji dalgalar halinde yayılarak yeryüzünde sarsılmaya neden olur. Oluşan depremlerin odakları çoğunlukla yüzeye yakın

veya orta derinliktedir. Sürtünme ve kırılma uzunca bir hat boyunca oluşabileceği için şiddeti büyük depremler meydana gelebilir.

Şekil 20. Levhaların Yanal Yer Değiştirmesi

Olağan koşullarda Litosfer, daha az yoğunluktaki ve hamur kıvamında akıcı sayılabilecek bir ortam olan Magma üzerinde, tıpkı su üzerinde yüzen tahta parçaları gibi yılda 1-2 cm hızla hareket etmektedir. Dağlar bu hareketi kısmen yavaşlatmaktadır. Hareket faklı yapıdaki levhaların her yıl birbirlerine göre yer değiştirmesine yol açar. Levhalar yılda yaklaşık 1-10 cm arasında yer değiştirirler. Dünya genelinden somut örnek olarak Kuzey Anadolu fay hattı ve Kaliforniya'daki San Andreas fay hattındaki levhalar verilebilir. Amerika ve Afrika Kıtaları her yıl 3,5 cm birbirinden uzaklaşmaktayken; Kuzey Anadolu Fay hattındaki bu hareket yılda ortalama olarak 2 cm' dir (Bolt, 2008). Yani Çanakkale, İstanbul'a göre her yıl 2 cm batıya doğru kaymaktadır.



Şekil 21. Anadolu Levhası'nın Hareketi