

# Yerkabuğunun Hareketli Doğası

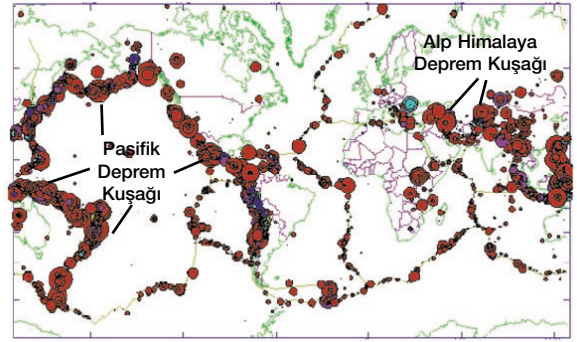
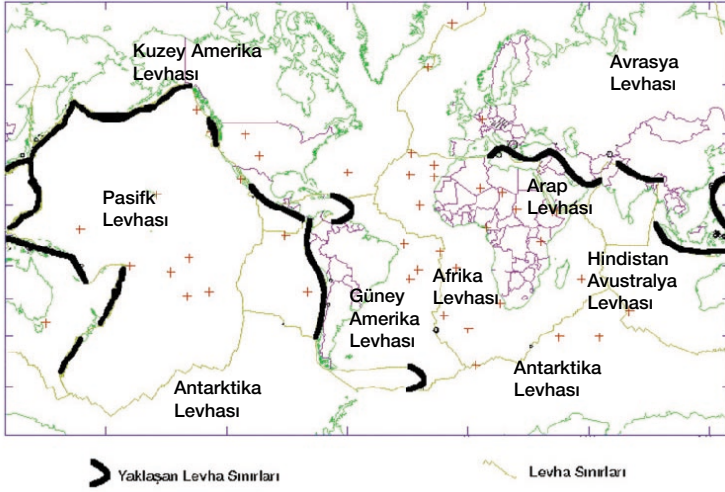
*Yerkabuğuna sonu gelmez bir devingenlik kazandıran tektonik etkinlik, yanardağ püskürmelerinden, dağların oluşumuna, kıtaların hareketinden, daha geçen ay bizleri yasa boğan depremlere kadar pek çok yerbilimsel oluşumu doğuran doğal bir süreçtir. Aslında, devingenliğiyle, kabuğu oluşturan yer gerecini sürekli olarak yenileyen bu sürecin, yeryüzünde yaşamın ortaya çıkışını sağlayan en önemli etmenlerden biri olduğunu söylemek bile fazla. Anadolu'nun konumu nedeniyle, coğrafyamızın çok büyük bir bölümünde etkin olan depremler de böylesi bir sürecin doğal sonuçlarından yalnızca biri. Ülkemizi başka bir coğrafyaya taşıyamayacağımıza göre, depremlerle birlikte yaşamayı bir an önce öğrenmemiz gerekiyor.*

# Deprem

Levha tektoniği kuramını, yeri ve yerkabuğunu açıklamaya çalışan önceki küresel tektonik teorilerinden ayıran belki de en önemli özelliği, bu kuramın, okyanuslardan sağlanan verilerle kurulmuş olmasıydı. Kıtalara ilişkin yapısal verilerin okyanus tabanları içinde geçerli olduğunun varsayıldığı o dönemde, levha tektoniği, bir bakıma okyanus tabanının doğasını öğrenme çabasının en önemli ürünü olarak ortaya çıkmıştı. Savaş teknolojisinin sağlamış olduğu katkıysa, bu önemli kuramın ortaya çıkışındaki ilginç noktalar-

dan biriydi. İkinci Dünya Savaşı sırasında özellikle denizaltı savaşları için geliştirilen son derece ayrıntılı batimetrik haritalama yöntemleri savaştan sonra okyanus tabanlarının ayrıntılı haritalanması için kullanılmaya başlanmıştı. Bunların bazıları yalnızca derinlik ölçmüyor, manyetizma ve kütleçekimi verileriyle, okyanus tabanından tortul örnekleri de topluyordu. Bununla birlikte, soğuk savaşın gereklerinden biri olarak ABD, SSCB'nin olası nükleer denemelerini izlemek amacıyla dünyanın her yanına uzanan

ve iyi işleyen bir sismograf ağı (WWSSS: world wide standardized seismometer network) kurmuştu. Büyüklüğü (magitüdü) dört ve daha büyük olan depremleri ölçebilen bu ağ, kuruluş amacına ulaştı mı bilmiyoruz ama, özellikle okyanusal alanlardaki depremlerin, genellikle çok dar kuşaklar boyunca meydana geldiklerini ve bu kuşakların çevrelediği binlerce kilometrekarelik alanlardaysa, hemen hemen hiç deprem olmadığını göstermişti. Aynı dönemde, daha önce keşfedilmiş olan okyanus ortası sırtların da, sanılanın aksine binlerce kilometre boyunca uzandığı ve okyanusların tümünde var olduğu anlaşıldı. Asıl şaşırtıcı olan, WWSSN'in gösterdiği sismik kuşakların, bu okyanus ortası sırtların merkezleriyle çakışıyor olmasıydı. Bununla beraber, aynı sismik kuşaklarla



Yerkabuğunu oluşturan levhaların sınırları, depremlerin yoğunlaştığı bölgelerdir. Özellikle levhaların birbirine yaklaştığı sınırlar, daha çok büyük depremlerin sıkça gözlemlendiği, iki büyük deprem kuşağıdır. Bunlardan büyük olanı Pasifik Deprem Kuşağı, diğeri Alp-Himalaya Deprem Kuşağı adını alır.

çakışan bir başka oluşum da pasifik çevresinde yer alan derin deniz hendekleriydi. Depremler yer yer bu hendeklerden, ortalama 45 derecelik açılar yapan ve kıtaların altına doğru uzanan düzlemler boyunca 700 kilometre derine kadar inerken, okyanus ortası sırtlarda meydana gelenlerin derinlikleriyse 10 kilometreyi geçmiyordu.

## Devrim

1940'lı yıllarda gerçekleşen bu keşifler aslında, o güne kadar daha çok betimsel yöntemin hakim olduğu yer bilimlerinde büyük bir devrime öna-yak oldu. Bu devrim, o güne kadar bilinmeyen pek çok yerbilimsel olayın açıklanmasını, bunların birbiriyle olan kökensel ilişkilerinin belirlenebilmesini sağlayan ve belki de en önemlisi yerbilimine

"öngörü" başka bir deyişle "önceden kestirme" yeteneğini kazandıran Levha Tektoniği Kuramı'ydı. Levha tektoniği kuramı aslında, yüzyılımızın başından hatta daha öncesinden bu yana, yerin (Dünyanın) yapısı, yerkabuğu ve depremler, dağların oluşumu ya da volkanik patlamalar gibi yerbilimsel olayları açıklamaya çalışan pek çok kuramdan biriydi.

1912 yılında Alman meteorolog Alfred Wegener'in ortaya koyduğu bu kuram o zamanlar, Kıtaların Kayma Kuramı adıyla biliniyordu. Aynı dönemde tartışılan Konveksiyon Akımları Kuramı da bu kuramı önemli ölçüde tamamlıyordu. 1960'lı yıllarda Levha Tektoniği Kuramı adı altında bir araya gelen bu iki kuram, 70'li yılların başında, birkaç küçük pürüz dışında tamamlanmıştı. Buna göre yerin dış kısmını (yani kabuk) yaklaşık 70-100 kilometre kalınlığında ve rijit özellikteki litosfer oluşturuyordu. Genel olarak on dört büyük levhadan oluşan litosfer, üst mantonun litosfere oranla daha yumuşak ve

sayılabilecek bir bölgesi olan astenosferde, tıpkı su üstünde yüzen tahta parçaları gibi 1-10 cm/yıl hızla kayıyorlardı. Hareketin nedeniyse, tıpkı bir ısıtıcı gibi çalışan yerin çekirdeğinden başkası değildi. Böylece ısınan manto gerecinde konveksiyon akımları geliyor, bu da genellikle okyanus ortası sırtlar ve kıtalarda da rift vadileri boyunca levhaların birbirinden uzaklaşmasını sağlıyordu. Deniz tabanını yayılması adını alan bu olay sırasında, üst mantodan gelen yer gereci, iki levha sınırının her iki yanına eklenecek, konveksiyon akımlarıyla birbirinden uzaklaşan bu levhaların arasını dolduruyor, bir anlamda yeni yerkabuğu oluşuyordu.

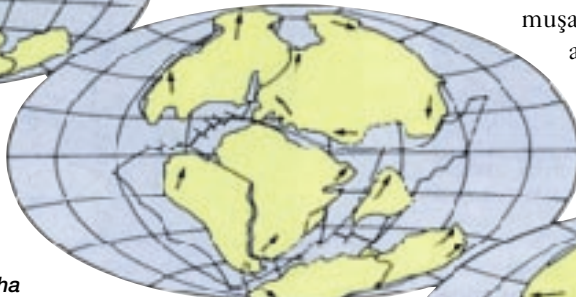
## Kıtalar ve Okyanuslar

Okyanusların tabanını oluşturan kabuktan farklı olarak kıtalar, kendilerine oranla daha büyük olan litosfer levhaları (aslında üst mantonun bir bölümü) içine gömülmüş ve bu levhalar tarafından pasif olarak sürüklenen yerkabuğu parçalarıydı. Böylece oluşan kıtasal litosferin kalınlığı yaklaşık 125 km'ye ulaşırken, kıta kabuğunun ortalama kalınlığıysa,

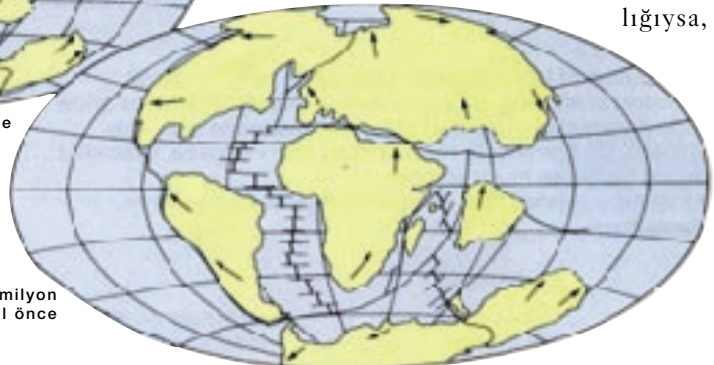


200 milyon yıl önce

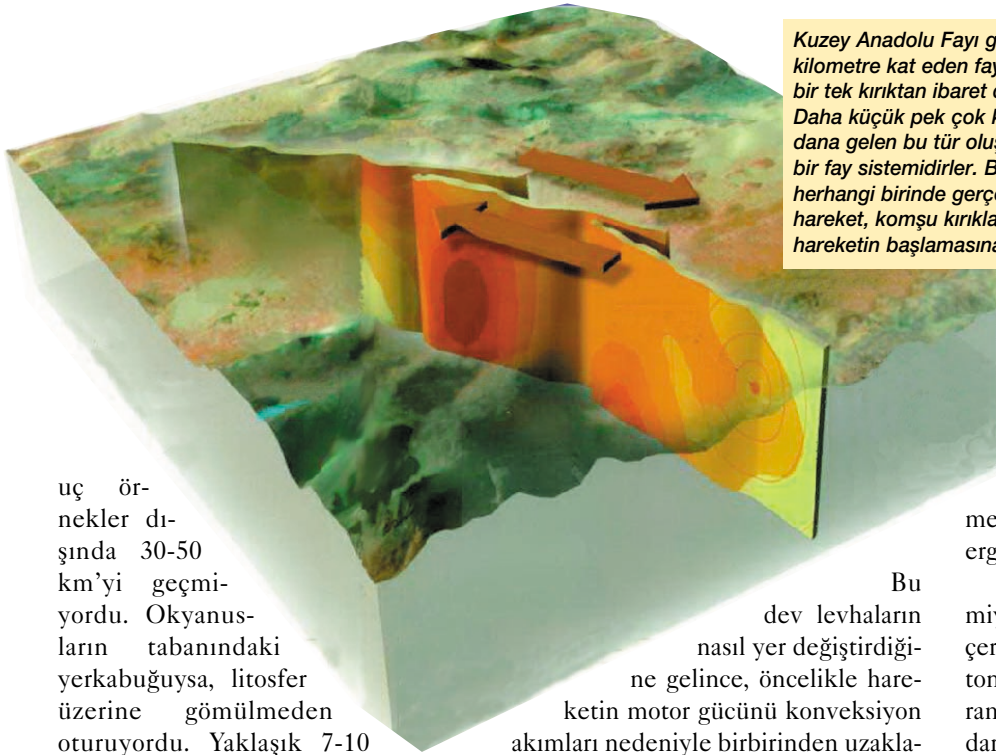
Levhalar, yerkabuğunun oluşumundan bu yana hareket halindedirler. Bu hareket milyonlarca yılda büyük kıtaların daha küçük parçalara ayrılmasına, dev okyanusların da ayrılmasına neden oldu. 200 milyon yıl önce oluşan Tetis Okyanusu da benzer oluşumlardan biriydi. Bu okyanusun kalıntısı olan bugünkü Akdeniz ise yaklaşık 64 milyonyıl önce oluşmuştu. Atlantik Okyanusu'nun genişlemesinin neden olduğu bu durum, Kızıl Deniz'in de genişlemesiyle birlikte, Arap Levhası'nın Anadoluyu sıkıştırmasına neden oluyor.



135 milyon yıl önce



65 milyon yıl önce



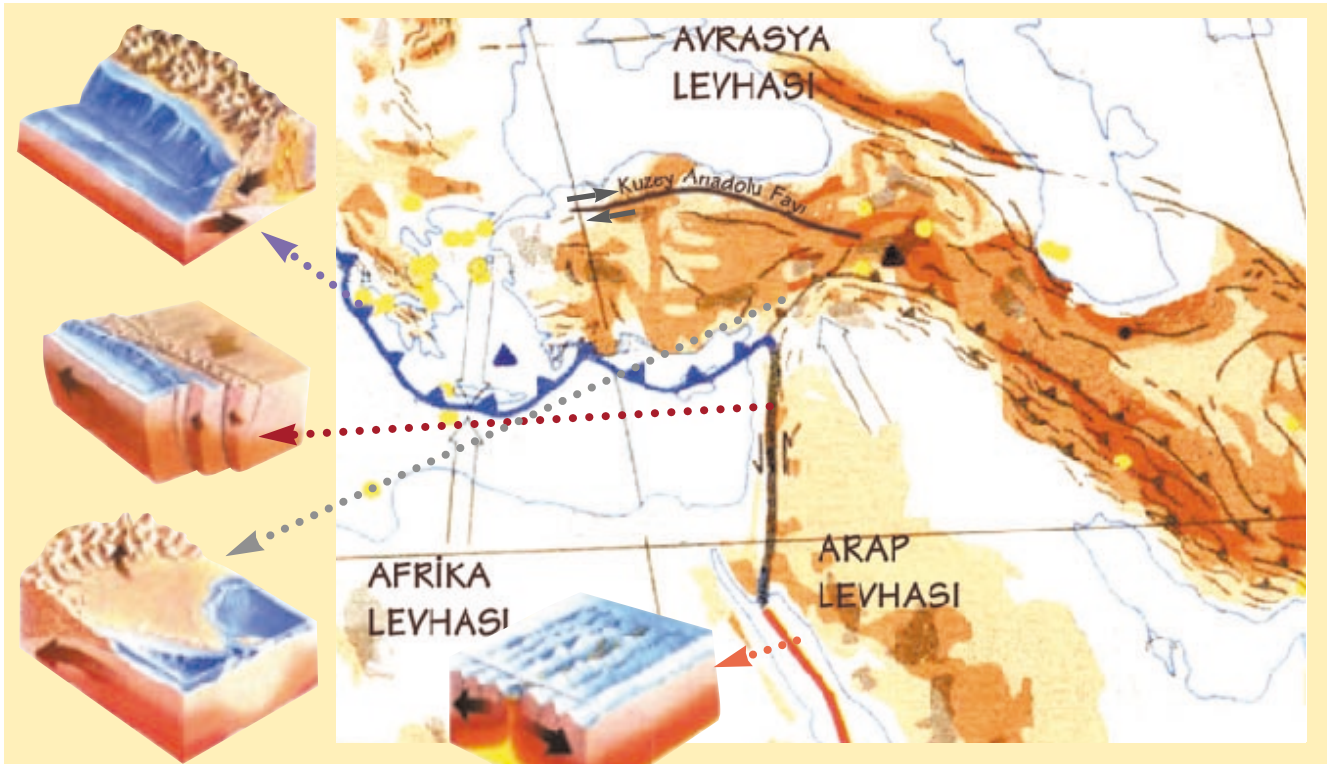
*Kuzey Anadolu Fayı gibi yüzlerce kilometre kat eden faylar, yalnızca bir tek kırktan ibaret değildir. Daha küçük pek çok kırktan meydana gelen bu tür oluşumlar, büyük bir fay sistemidirler. Bu kırklardan herhangi birinde gerçekleşen bir hareket, komşu kırklarda da hareketin başlamasına neden olabilir.*

uç örnekler dışında 30-50 km'yi geçmiyordu. Okyanusların tabanındaki yerkabuğuysa, litosfer üzerine gömülmeden oturuyordu. Yaklaşık 7-10 km kalınlığındaki okyanus kabuğu, kıta kabuğuna göre daha yoğun (kıta kabuğu yoğunluğu: yaklaşık 2,7 g/cm<sup>3</sup> Okyanus kabuğu yoğunluğu: yaklaşık 3 g/cm<sup>3</sup>). Burada oluşan okyanusal litosferin kalınlığı da 70 km'ye ulaşıyordu.

Bu dev levhaların nasıl yer değiştirdiğine gelince, öncelikle hareketin motor gücünü konveksiyon akımları nedeniyle birbirinden uzaklaşan levhalar oluşturuyordu. Levhalar arasında boşluk olmaması nedeniyle de bir levhanın hareketi diğer levhaların hemen hemen tümünü etkiliyordu. Bu etkileşim levhaların türüne ve hareket yönüne göre farklı biçimlerde gerçekleşiyordu. Bunlardan biri olan

transform levha sınırlarındaki hareket, iki levhanın birbirleriyle olan sınırları boyunca aynı doğrultuda fakat farklı yönde birbirlerine sürtünmesiyle gerçekleşiyordu. İki levhanın birbirlerine yaklaştığı, yakınsayan levha sınırlarıdaysa, durum daha çok bir çarpışma biçiminde gerçekleşiyor ve levhalardan biri diğerinin altına dalıyor, yaklaşık yüzlerce kilometre derinlikte astenosfere girerek ergiyordu.

Günümüzde genel olarak bu biçimiyle yer bilimlerinin her alanında geçerliliği kanıtlanmış olan Levha Tektoniği Kuramı, fizikteki Görelilik Kuramı, biyolojideki Evrim Kuramı kadar bilim dünyasında eşdeğer bir öneme sahip. Bu kuram sayesinde kıtaların kaymasından volkanların ve depremlerin oluşumuna değin pek çok konuya açıklık getirilebiliyor. Bunun gibi ilk bakışta ilgisiz gibi görünen pek çok yer bilimsel oluşum ve olay da biririyle ilişkilendirilebiliyor.



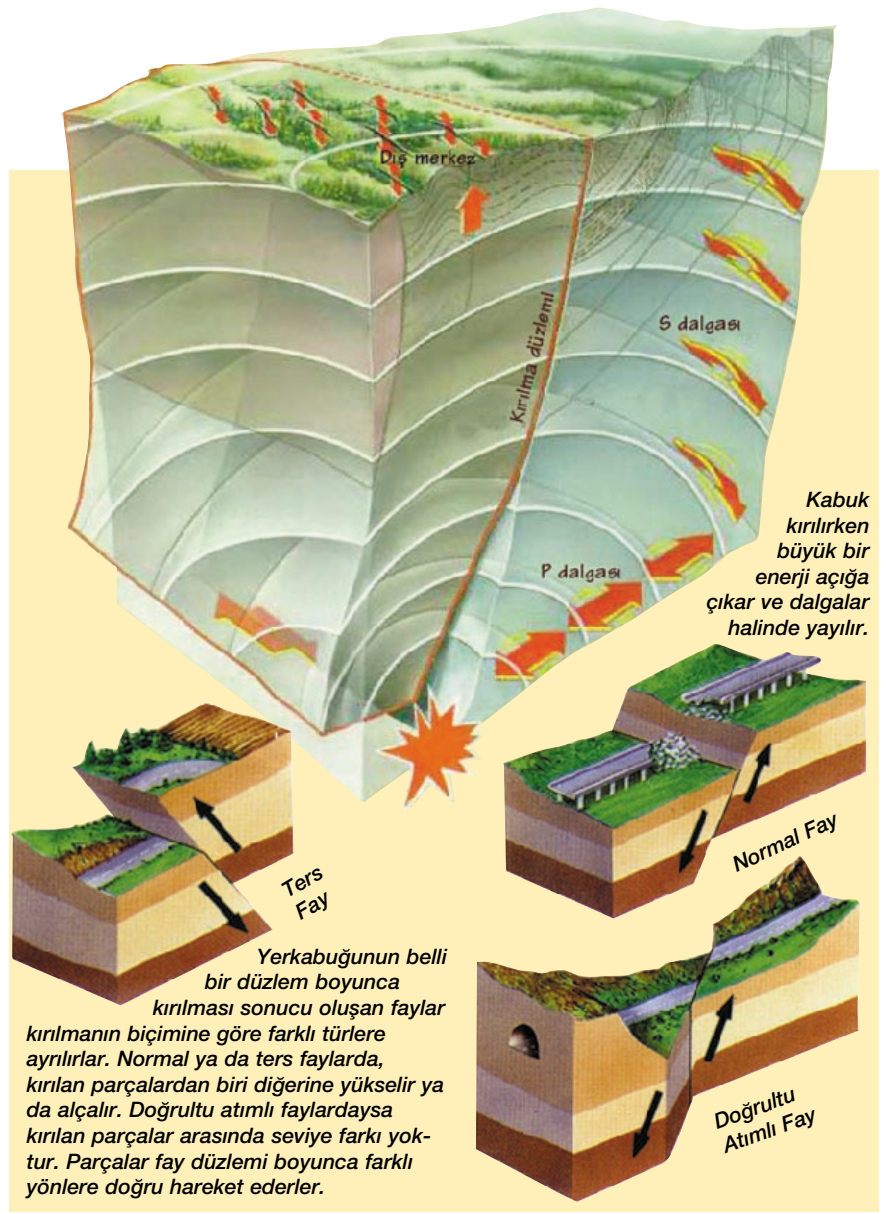
*Kızıldeniz boyunca bugün de devam eden deniz tabanı yayılması, Arap Levhası'nı, Afrika Levhası'ndan ayırmış ve kuzeye ilerlemesini sağlamıştı. Böylece Arap Levhası, Avrasya Levhası'nın altına girmeye ve güneydoğu sınırimıza yaklaşık paralel geçen bir hat boyunca Anadolu'yu sıkıştırmaya başladı. Kuzey Anadolu Fayı ya da Doğu Anadolu Fayı gibi coğrafyamızdaki belli başlı yerkabuğu kırıklarını oluşturan ya da var olan kırıkları harekete geçiren bu sıkışma, milyonlarca yıldır olduğu gibi bugün de devam ediyor. Bu durum Anadolu'nun, KAF'ın güneyinde kalan bölümünün giderek batıya kaydığını gösteriyor. Haritadaki blok diyagramlar levha sınırlarındaki durumu gösteriyor.*

Geçtiğimiz günlerde, yaşadığımız deprem felaketinin de levha tektoniği çevresinde kuşkusuz bir açıklaması var. Depremlerin yeryüzündeki dağılımına bakıldığında, bunların özellikle bugün aktif yani hareketli olan levha sınırları boyunca sıralandığı görülür. İki büyük deprem kuşağına ayrılan bu sınırlardan biri, Pasifik Okyanusu'nu çevreleyen ve özellikle Japonya üzerinde etkili olan Pasifik Deprem Kuşağı. Cebeli-Tarik'tan Endonezya adalarına kadar uzanan Akdeniz-Himalaya Deprem Kuşağı'ysa, yakın komşularımızla birlikte ülkemizi de içine alıyor.

## Sıkışıyoruz

Yaklaşık Güneydoğu Anadolu sınırlarımızı izleyerek doğuya ve batıya doğru devam eden Avrasya-Arap levha sınırı, Dünya üzerindeki günümüzde aktif olan sayılı levha sınırlarından biri. Aslında bugün Arap Levhası'nın, Avrasya Levhası'nın altına girdiği (daldığı) bu bölgede yaklaşık 200 milyon yıl önce oluşmuş Tetis Okyanusu'u bulunuyordu. Yaklaşık 65 milyon yıl önce de, Atlantik Okyanusu'ndaki genişlemenin kuzeye ittiği Afrika Levhası, Tetis Okyanusu'nun doğu yanını kapatmış ve Akdeniz'i oluşturmuştu. Kızıldeniz boyunca bugün de devam eden deniz tabanı yayılmasıysa Arap Levhası'nı, Afrika Levhası'ndan ayırmış ve kuzeye ilerlemesini sağlamıştı. Böylece Arap Levhası, Avrasya Levhası'nın altına girmeye ve yaklaşık güneydoğu sınırlarımızdan geçen bir hat boyunca Anadolu'yu sıkıştırmaya başladı. Kuzey Anadolu Fayı ya da Doğu Anadolu Fayı gibi coğrafyamızdaki belli başlı yerkabuğu kırıklarını oluşturan ya da var olan kırıkları harekete geçiren bu sıkışma, milyonlarca yıldır olduğu gibi bugün yaşadığımız depremlerin de ana nedenini oluşturuyor.

Levha hareketleri, yerkabuğunda farklı yönlerde gelişen gerilmelerin nedenidir. Özellikle birbirine yaklaşan levha sınırlarının çevresinde gelişen gerilmeler de, yerkabuğunun bir düzlem boyunca kırılmasına yani faylara neden olurlar. Zamanla aynı kabuk parçası üzerinde biriken gerilme kuvveti, bu gerilmeye direnen kayaların dayanma gücünü aştığında, yerkabuğu ani bir hareketle kırılırken hatırı sayılır bir enerji de açığa çıkar ve katı yer-



**Yerkabuğunun belli bir düzlem boyunca kırılması sonucu oluşan faylar kırılmanın biçimine göre farklı türlere ayrılırlar. Normal ya da ters faylarda, kırılan parçalardan biri diğerine yükselir ya da alçalır. Doğrultu atımlı faylardaysa kırılan parçalar arasında seviye farkı yoktur. Parçalar fay düzlemi boyunca farklı yönlerde doğru hareket ederler.**

kabuğu içinde dalgalar halinde yayılır. İşte depremler de bu dalgaların neden olduğu sarsıntılardır. Kuşkusuz her deprem yeni bir fayın oluştuğunu göstermez. Daha önce oluşmuş fay düzlemi boyunca yeni hareketler yeni depremleri doğurur. Burada gerilmeye (dolayısıyla harekete) karşı koyan kuvvetse, parçalar arasında fay düzlemi boyunca var olan sürtünme kuvvetidir. Bu arada fay düzlemi boyunca gerçekleşen yer değiştirmenin genellikle yılda en çok birkaç santimetre olduğunu, kırılmanın biçimine göre de farklı türde fayların olduğunu söylemek gerek. Normal ya da ters faylarda, parçalardan biri diğerine göre yükselirken, doğrultu atımlı faylarda durum biraz farklıdır. Her parça kırılma düzlemi (fay düzlemi) boyunca, herhangi bir yükselme olmaksızın farklı yönlerde doğru (bazen de aynı yöne ancak farklı hızda) hareket eder. Parçalardan her birinin diğerine göre hareket yönü de bu tür fayların sağ ya da sol yönlü bir fay olduğunu gösterir.

Tipik bir sağ yönlü, doğrultu atımlı fay olan Kuzey Doğu Anadolu Fayı (KAF) ise, 1948'de dünyaca ünlü yer bilimcimiz İhsan Ketin tarafından keşfedilmişti ve bu tür oluşumların o tarihlerde keşfedilebilmiş ilk örneklerinden biriydi. Yaklaşık 1400-1500 kilometre uzunluğuyla ülkemizi neredeyse bir uçtan diğerine kat eden KAF, birbirini izleyen ve kimi yerlerde birbirine paralel yüzlerce kırıktan oluşan bir fay sistemidir aslında. Coğrafyamızın yaklaşık %90'ında etkili olan deremlerin oluşumunda, KAF'ın kuşkusuz büyük payı vardır. Henüz genç bir fay olan (11-15 milyon yıl) KAF'ın, etkinliğini daha milyonlarca yıl sürdürebileceğini de söylemek gerekir. Bu durumdu topraklarımızı terk edemeyeceğimize göre, tek çıkar yol depremlerle birlikte yaşamayı öğrenmek.

Murat Dirican

**Kaynaklar**  
Plummer C. C., McGreey D., *Physical Geology*, WCB Communication Inc., ABD, 1993  
Şengör A.M.C., "Levha Tektoniğinin Dünü, Bugünü, Yarını"  
TÜBİTAK-İTÜ Maden Fak. Jeoloji-Jeofizik Yaz Okulu Levha Tektoniği Ders Notları, İstanbul, 1983