

YERKABUĞU YERİNDE DURAMIYOR

LEVHA TEKTONİĞİ VE SU

Depremlerin, yanardağların, yeni okyanusların, sıradağların, volkanik adaların ve okyanus çukurlarının oluşması... bunların hiçbiri faili meçhul olaylar değil, hepsinin sorumlusu temelde aynı; bir türlü yerinde duramayan haylaz litosfer (taşküre). Litosferin bu hareketli yapısı nedeniyle Dünya sürekli yenileniyor, "imaj tazeliyor". Eğer, Dünya'nın günümüzden 200 milyon yıl kadar önce bir vesikalığı çekilmiş olsaydı, bu fotoğraftan Dünya'yı tanımamız mümkün olmazdı. Benzer biçimde, uzak bir gelecekte Dünya bugünkünden de farklı bir görünümde olacak. Belki de bugün birbirinden ayrı olan kimi kıtalar birleşecek, yeni okyanuslar, sıradağlar oluşacak. Ya da bazılarının söylediği gibi litosfer durulacak, Dünya "Venüsleşecek".

Her şey bundan yaklaşık 4 milyar yıl önce başladı. Çünkü, Dünya o zamanlar soğumaya ve farklı katmanlara ayrılmaya başladı. Yerküre çekirdek, manto ve kabuk olmak üzere başlıca üç ana katmandan oluşmakla birlikte, bu katmanlar da kendi içlerinde çeşitli bölümlere ayrılıyor ya da kimi yerlerde birleşebiliyorlar. Örneğin, en dıştaki katman yerkabuğu ve onun hemen altında yer alan mantonun üst kısmı birlikte litosferi oluşturuyorlar. Litosfer, tüm Dünya'yı kaplayan tek parça bir yapıda değil; kimi yerlerde kırılması nedeniyle biçimleri düzgün olmayan katı halde 12 büyük ve çok sayıda küçük levhadan oluşuyor. Bu levhalar, üstünde buldukları magmanın etkisiyle sürekli hareket ediyorlar. Biz bu hareketi hissedemeyiz elbette; ama, bu hareketlerin neden olduğu deprem gibi kimi doğa olaylarını hissedebiliriz. Levhalar birbirleriyle temas halinde olduklarından, birindeki bir hareket zincirleme olarak diğerlerini de etkiliyor. Milyarlarca yıldır süren bu sürece levha tektoniği de deniyor. Okyanusal ya da kıtasal olan bu levhaların büyüklüğü birkaç yüz km'den binlerce km'ye kadar değişebiliyor. Pasifik ve Antarktika levhaları en geniş olanlar. Genişlikleri gibi levhaların kalınlıkları da farklı; genç okyanusal litosferde kalınlık 15 km'den az olabilirken, yaşlı kıtasal litosferde, Kuzey ve Güney Amerika'nın iç kısımlarında olduğu gibi, 200 km'ye kadar çıkabiliyor. Elbette, bu devasa büyüklükte ve katı haldeki levhaların ağırlıklarına karşın nasıl hareket ettikleri de merak konusu. Sorunun yanıtı, kıtasal kabuğun kuvars ve feldispat gibi görece hafif mineraller içeren granit kaya yapısına sahip olmasında yatıyor. Okyanusal kabuksa, çok daha ağır ve yoğun olan bazaltik kayalardan oluşuyor. Kıtasal ve okyanusal levhaların ha-



reketleri üç farklı biçimde gerçekleşiyor. Levhalar birbirlerinden uzaklaşabiliyor, birbirlerine yaklaşabiliyor ya da birbirlerine yatay olarak sürtünebiliyorlar.

Levhaların birbirinden uzaklaşması, litosferde meydana gelen kırılmayla gerçekleşiyor. Bu kırılmayla ikiye ayrılan levhanın parçalarının birbirlerinden uzaklaşmaya başladıkları noktada bir yarık oluşuyor ve astenosferdeki magma yukarı çıkarak burada soğuyor ve yeni bir kabuk oluşturuyor. Magma soğuyup katılaştıkça, levhaları iyice iterek birbirinden uzaklaştırıyor. Bu süreçte deniz tabanı yayılma süreci, bu olayın görüldüğü yerlere de yayılma sırtı deniyor. Levhaların birbirlerinden uzaklaşmaları, volkanik sıradağların ya da yeni okyanusların oluşmasına neden olabiliyor. Örneğin Atlas Okyanusu, günümüzden 250 milyon yıl kadar önce Kuzey Amerika'nın, Avrupa ve Kuzey Afrika levhalarından ayrılmasıyla oluşmuş ve günümüzde de yılda 5 cm kadar genişleyen bir okyanus.

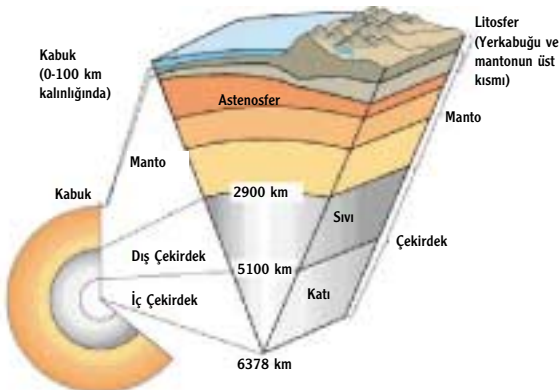
Yakınlaşan levhaların da hareketleri farklı oluşumlara yol açıyor. Eğer birbirine yaklaşan levhalardan biri diğerinden daha ağırsa, bu levha diğerinin altına doğru giriyor. Aslında litosferin, astenosferin (ateşküre) içine doğru girdiği bu noktaya "dalma-batma noktası" deniyor. Bu olay daha çok iki okyanusal levha ya da biri okyanusal diğeri kıtasal olan iki levha karşılaştığında gerçekleşiyor. Dalma-batma hareketi sonucunda, bu noktaya yakın yerlerde büyük hendekler, yanardağlar ve volkanik adalar

oluşuyor. 10.916 m derinliğindeki Dünya'nın en derin çukuru olan Mariana Çukuru da Pasifik Levhası ile Filipinler Levhası'nın yaklaşması sonucu oluşan hendeklerden. İki kıtasal levhanın yaklaşmasındaysa, her iki levha da okyanusal levhalar gibi ağır ve yoğun olmadıklarından dalma-batma hareketi gerçekleşmiyor. Bunların birbirlerine uyguladıkları basınç nedeniyle sıkışan levha sınırındaki kabuk kırılıyor ve üst üste binerek yükseliyor ve zamanla sıradağlar oluşuyor. Örneğin, Himalayalar ve Tibet Platosu 45 milyon yıl kadar önce iki kıtasal levhanın yaklaşmasıyla oluşmuş.

Birbirlerine yatay olarak sürtünen levhalar aynı anda, zıt yönlü ve değişik hızlarda hareket edebiliyorlar. Bu sürtünme sınırları, litosferde kırılmalara ve büyük fayların oluşmasına yol açabiliyor. Bu faylar da depremlere neden olabiliyor. Yakından tanıdığımız Kuzey Anadolu Fayı ve California'daki San Andreas Fayı bu hareketler sonucu oluşan faylardan.

Ya Hareket Etmezse?

Bu kırılmalar ya da dalma-batma hareketi gibi levhaların birbirlerine uyguladıkları basıncın boşalmasını sağlayan olaylar olmasaydı, levhalar çok uzun bir zaman önce birbirlerine kenetlenecek ve küresel bir yapı oluşturup, yerlerinden kımıldamayacaklardı. Bunu bir makinenin dişli parçalarının hareketine benzetebiliriz; eğer yerkabuğu kırılmaya uğramasaydı, levhalar da makinenin dişli parçaları gibi çarpışır, sıkışır ve kenetlenirlerdi. Böylece makine ya da levha tektoniği de dururdu. Ancak, levhaların hareketi milyarlarca yıldır devam ediyor ve duracağı da pek benzemiyor.



Bu hareketlilik, Güneş Sistemimiz'deki başka hiçbir gezegende yok; hatta Dünya'nın ikizi de denilen ve kütlesi gezegenimize en yakın olan Venüs'te bile levha tektoniği gerçekleşmiyor. Bu durum akıllara "Dünya'yı böyle hareketli kılan ne acaba?" sorusunu getiriyor. Ayrıca, kabuğu ya da bu devasa kayaları kırmaya yeterli gücü üreten ne?

Bu konuda ortaya atılan ve son yıllarda iyice büyüyen kuşkulardan biri, Dünya'nın mantosunda bulunan su. Ne de olsa oldukça sulak bir gezegenimiz var. Yine de birkaç damla suyun katı gezegenimizi bu şekilde etkilemesini anlayabilmek güç. Her şeyden önce, bir kayayı üzerine su serpiştirerek ya da tükürerek kırmak pek olası değil!

Araştırmacılar, yerkürenin içinde bulunan bu kadar az miktardaki nemin, nasıl bu kadar büyük etkiler doğurabildiğini adım adım çözmeye başladılar. Avustralya'nın önde gelen araştırma merkezlerinden CSIRO'dan (Commonwealth Scientific & Industrial Organisation) Klaus Regenauer-Lieb ve meslektaşlarının kuramı, yalnızca Dün-

Türkiye'nin Levha Tektoniği

Okyanuslarda oldukça dar alanlarda oluşan depremler, okyanus içi dağlar (Orta-Atlantik, Pasifik Sırtı gibi) ve derinliğin çok daha fazla olduğu okyanus çukurlukları (Japon, Marianna, Peru-Şili, Alaska-Kamçatka, Ege-Girit hendekleri gibi) ile aynı bölgelere rastlıyor. Depremler, kıtasal bölgelerde -okyanusal bölgelerin aksine- geniş zonlar içinde oluşuyorlar. Okyanus ortalarında sığ, okyanus çukurları civarında çok derin, kıtalaradaysa, değişik derinliklerde oluşan depremlerin bu özellikleri rastlantısal değil; küresel ölçekte Levha Tektoniği Kuramı kapsamında gelişen jeolojik-jeofizik ve jeodinamik olayların bir sonucu olarak ortaya çıkıyorlar. Levha Tektoniği Kuramı'na göre litosfer (taşküre) olarak adlandırılan yerin üst kısmı (kabuk+üst manto), kıtasal ölçekte irili-ufaklı bir dizi levha parçasına bölünmüş durumda (Avrasya, Afrika, Arabistan, Anadolu, Pasifik, Kuzey-Güney Amerika Levhaları vb.). Levhaların birbirlerine göre bağlı hareketlerinin temel nedeni, yer içindeki ısı kaynağı olan radyoaktif elementler nedeniyle manto içinde oluşan ısıl devinim (konveksiyon) hareketleri. Yerküre içinde ısınan manto malzemesi yükseldikçe soğur, yoğunluğu artar, kırılgaşır ve jeodinamik olayların gelişimine paralel olarak tekrar yerin içine doğru batır (dalma-batma zonları).

Ülkemizin de içinde yer aldığı ve Adriatik'ten Hazar'a kadar uzanan geniş bir alanı kaplayan Doğu Akdeniz bölgesi yerbilimleri açısından dünyadaki en önemli inceleme alanlarından biridir. Levha Tektoniği Kuramı olarak adlandırılan ve üzerinde yaşadığımız parçalanmış (faylar, okyanus ortası açılma merkezleri vb. yapılarla) katı yerkürenin davranışını tanımlayan tüm olaylar bu bölge içinde görülebilir. Bu olayların temel nedeni Avrasya, Afrika ve Arabistan levhalarının birbirlerine göre olan bağlı hareketleridir. Her ne kadar yer içindeki magma üzerinde hareket etse de, çevresindeki levhalara göre çok büyük ve oldukça yavaş hareket eden Avrasya Levhası yerbilimciler tarafından hareketsetir varsayılır. Bu varsayım diğer levhaların hareketlerini açıklarken kolaylık sağlar. Meydana gelen depremlerin incelenmesi ve günlük hayatımıza dahi giren GPS (Küresel Konumlama Sistemi) gözlemleri Afrika ve Arabistan levhalarının sırasıyla ~10 mm/yıl ve ~20 mm/yıl hızla kuzeye hareket ettiklerini göstermektedir. Bu hız farkı, Kızıldeniz'den başlayıp Hatay'a kadar uzanan Ölü Deniz Fayı'nı oluşturdu. Arabistan ile Avrasya arasında sıkışan Anadolu Bloğu ise hem yükselmiş hem de batıya doğru

kaçmaya başladı. Anadolu'nun batıya hareketi nedeniyle Kuzey Anadolu (KAF) ve Doğu Anadolu (DAF) faylarını meydana geldi. Bölgedeki en büyük yanal atımlı fay olan Kuzey Anadolu Fayı, Bingöl-Karlıova'dan başlar Karadeniz Dağları'nı güneyden sınırlayarak Marmara Denizi içine girer. Gelibolu Yarımadası'nı keserek Ege Denizi içinden Atina yakınlarına ulaşır. Yaklaşık uzunluğu 1500 km olan bu fay zonu, dünyadaki diğer benzer fayların yapılarının anlaşılması için çok önemli bir gözlem alanıdır. Anadolu'nun hareket hızı doğuda ~20 mm/yıl iken batıda ~30 mm/yıl ölçülmekte. Diğer yandan, Afrika'nın önünde bulunan ve Akdenizi oluşturan okyanusal malzeme de kuzeye doğru hareket etmekte. Ancak hemen önündeki Ege bölgesi kıtasal bir ortamdır ve yoğunluğu okyanusal malzemeye göre çok daha azdır. Bu nedenle daha yoğun olan Akdeniz'in bu kesimdeki parçası Ege Denizi altına dalmakta. Yaklaşık ~100 km kalınlığındaki litosfer (taşküre) parçası 200 km derinliğe kadar uzanır ve bu kesim Helen (Ege) Yayı olarak adlandırılır. Anadolu'da batıya olan hareket Ege'de güneybatıya

doğrudur. Avrasya'nın sabit olması ve Ege Bölgesi'nin güneydoğuya hareketi bölgede hem yanal atımlı fayları (Ege Denizi içinde) hem de açılma sistemini temsil eden normal fayları (örneğin Gediz, Büyük Menderes grabenleri) oluşturmuştur. Doğu'ya baktığımızda ise çok daha farklı yapılar görülmekte. Arabistan Levhası ile Anadolu arasında sınırı oluşturan ve Bitlis Bindirmesi olarak adlandırılan ters faylanma zonu İran'ın güneyine kadar uzanır. Arabistan Levhası üzerinde yeryüzü şekillerinin çok düz, Doğu Anadolu Bölgesi'nde ise çok dağlık olmasının nedeni bölgedeki bu çarpışmadır. Çarpışma nedeniyle Türkiye batıya hareket ederken İran da güney doğuya doğru kaçmakta. Diğer yandan sıkışma nedeniyle daha kuzeydeki Kafkasya dağ sırası oluşmuştur. Kuzey-güney sıkışma, batıya ve doğuya kaçma hareketleri büyük depremler üreten Kuzey Doğu Anadolu (KDAF), Kağızman (KF), Çaldıran (ÇF) gibi yanal atımlı bir çok fayı oluşturmuştur.

Prof. Dr. Tuncay Taymaz,
Arş. Gr. Onur Tan
Arş. Gr. Seda Yoşal

İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ)
Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü



ya'nın bu kendine özgü hareketini açıklamaya çalışmakla kalmıyor, birtakım çarpıcı öngörülerde bulunmalarını da sağlıyor. Eğer öngörülerinde haklı çıkarlarsa, 1 milyon yıldan kısa bir süre içinde Kuzey Amerika'nın doğu kıyıları çok büyük bir depremle sarsılacak. Daha sonra, Newfoundland'dan Florida'ya uzanan sıradağlar yükselecek ve püsküren yanardağlar yüzünden Kuzey Amerika göklerine lavlar, yakıcı gazlar ve piroklastlar fıskırarak.

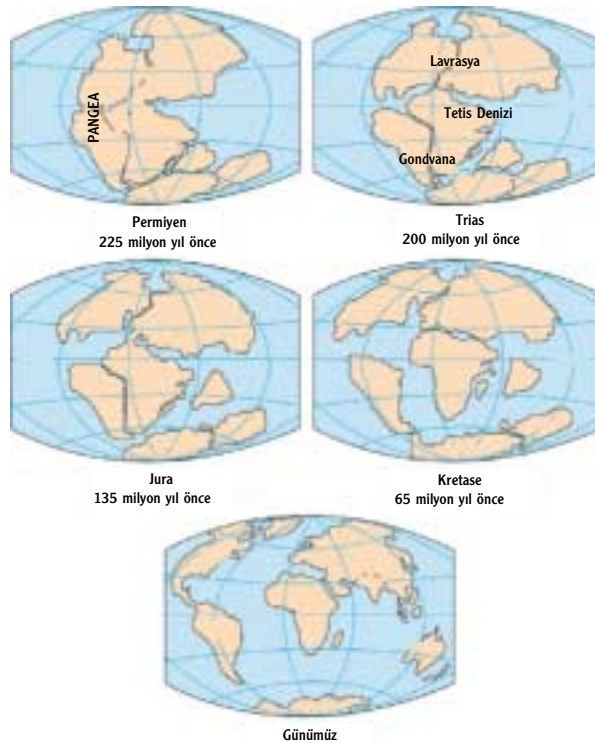
Bu tür dramatik olaylar dizisinin çok şaşırtıcı bir olay olan levha tektoniğinin durmasının ardından geleceğini söylüyorlar. Levha tektoniğinin sürmesi için, yeni kabukların doğduğu ve eskilerinin yok olduğu kimi yerler olmalı elbette. Yayılma sırtları ya da dalma-batma bölgeleri de işte böyle yerler. Ancak, bilimadamları dalma-batma bölgelerinde yok olanın her zaman okyanusal kabuklar olmasının ve kıtasal kabukların hafif oldukları için dalma-batma hareketi yapamamalarının bizi kimi sorunlarla karşı karşıya bırakacağını söylüyorlar. Dalma-batma bölgeleri, önlerine dalma hareketi yapmayacak bir başka kıta ya da adalar zinciri çıkana kadar, okyanusal kabuk boyunca yollarına kolayca devam ederler. Sonra, aniden dalma-batma hareketi sona erer. California Teknoloji Enstitüsü'nden jeolog Chad Hall, dalma-batma bölgelerinin dalmayan bir şey tarafından engellendiğinde öldüğünü söylüyor. Örneğin, 40 milyon yıl önce, Hindistan Levhası Kuzey Asya'ya doğru hareket ediyordu ve sonunda iki levha karşılaştı. Bu yaklaşma sonucunda Himalayalar oluştu. İki kıtasal levha arasındaki okyanussa, bugün orada bulunmayan eski bir dalma-batma bölgesi tarafından yutuldu.

Eğer öykü bu şekilde bitseydi, birkaç yüz milyon yıl içinde Dünya'da hiç dalma-batma bölgesi kalmazdı diyebilirdik. Ancak, bu bizim için kötü haber olurdu; çünkü, yanardağların püskürteceği kükürt ve karbondioksit gibi kimyasalları mantoya geri taşıyarak çökeltilerin altına hapsetmek için dalma-batma bölgelerine gereksinimimiz



var. Bilimadamları bu atık-düzenleme mekanizması olmazsa, gezegenimizin sonunun da Venüs'ünki gibi sıcak, ince ve boşucu bir atmosferin elinden olacağını söylüyorlar.

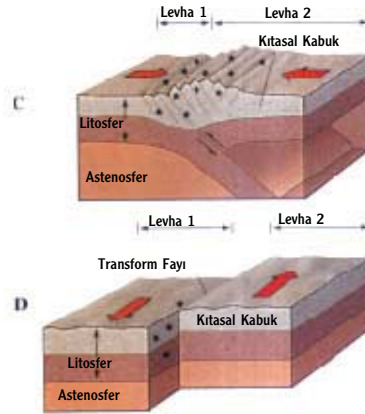
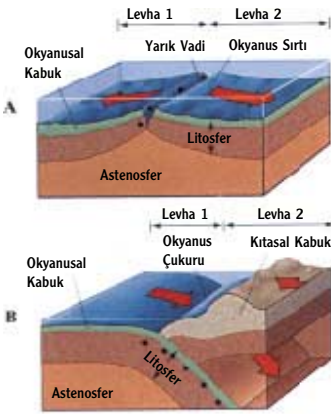
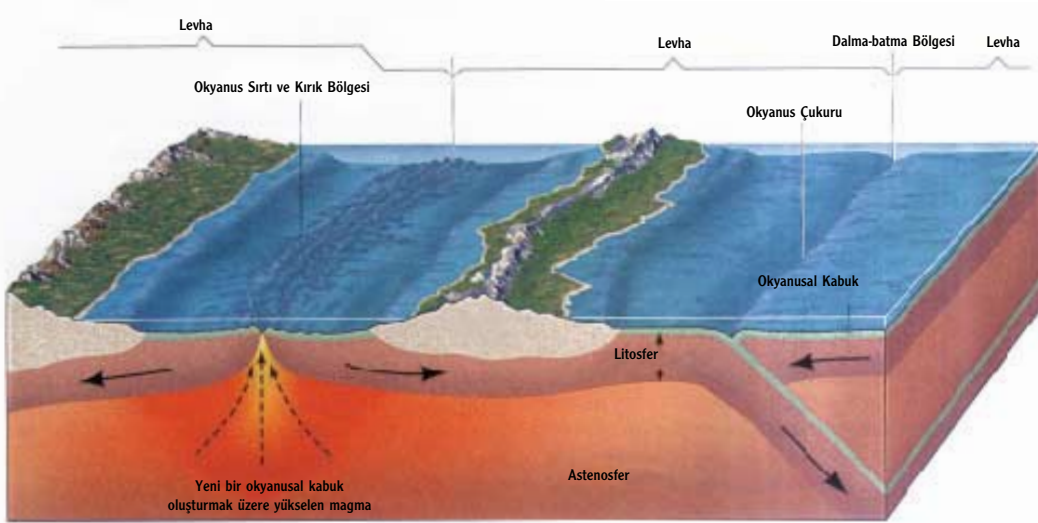
Neyse ki, geçtiğimiz 4 milyar yıl içinde yeni dalma-batma bölgeleri oluştu. Ancak, merak edilen şey, hangi kuvvetin tektonik bir levhayı en az 70 km kalınlığında ve 1000 km boyunca kırarak mantonun altına dalmasına neden olacak biçimde kıvrılma hareketi yaptırabiliyor olduğu. Basit hesaplamalara göre, levhaların birbirlerini itmesinden kaynaklanan kuvvetler ya da kıtaların kenarlarında yığılmış olan çökeltilerin ağırlığı, levhayı kırmak için çok hafif kalıyor.



Bu giz, 1990'da uzay aracı Magellan'ın Venüs'ten aldığı radar görüntüleri geri döndüğünde daha da derinleşti. Venüs'ün atmosferi bizimkinden farklı; çapı bizimkinin çapından % 5 daha küçük ve hemen hemen hep aynı maddeden oluşuyor. Birçok gezegenbilimci Venüs'te de levha tektoniği olduğunu düşünüyordu. Ancak, Magellan bunun tersini gösterdi. Venüs'ün tek, sabit bir yüzeyi var ve krater biçimleri tüm yüzeyin 500 milyon yaşında olduğunu gösteriyor. Bilimadamları şimdi, Venüs'ün tüm gezegen yüzeyinin yeniden yapılanmasına neden olan ani yanardağ felaketleriyle son bulan, uzunca bir sakin dönem geçirdiğini düşünüyorlar.

Gezegenbilimciler bu ikizler (Dünya ve Venüs) arasındaki farkın suda yattığından kuşkulandırmaya başladılar. Acaba su, litosferin katı ve soğuk kayalarını yumuşatmış olabilir miydi? Bunun yanıtını bulabilmek için, jeofizikçilerin yerin kilometrelerce altındaki basınçlı ortamda suyun kayalara nasıl bir etkide bulunduğunu bilmeleri gerekiyor.

2000 yılında Minnesota Üniversitesi'nden Shenghua Mei ve David Kohlstedt birtakım deneyler yaptılar. Üst mantodaki kayaların % 50'sinden fazlasını oluşturan ve büyük oranda kayaların dayanıklılığını sağlayan olivin adlı bir mineralle deneylerini yürüttüler. Deneylerinde, küçük parmak büyüklüğünde bir olivin parçasını yüksek basınçlı gazla sıkıştırıp ısıttılar. Mei ve Kohlstedt, su ilave et



tiklerinde örneklerinin çok daha yumuşak hale geldiğini görmüşler. Yerin 40 km altındaki eşdeğer sıcaklık ve basınç altında yaş olivin, kuru olivine göre 10 kat daha fazla şekil bozukluğuna uğruyormuş. En önemlisi, olivinin çok da yaş olmasının gerekmemesi. Yalnızca 20 ppm su ilavesi, mineralin kolayca sızabilir hale gelmesine yetiyor. Sudan gelen birkaç hidrojen iyonunun varlığı, olivinin kristal yapısına etki ediyor ve mineral zayıflıyor.

Diğer araştırmacılarla birlikte, Regenauer-Lieb bunu bulmacanın olası yanıtlarından biri olarak gördü. Suyun dalma-batmayı nasıl olası kılabilirdiğini bilgisayar simülasyonlarıyla gösterebilmek için Minnesota Üniversitesi'nden David Yuen ile birlikte çalışmaya başladı.

Regenauer-Lieb ve Yuen, kıtasal ve okyanusal kabukların arasındaki birleşmelere bakmışlar. Burada çökeltiler katman katman yığılıyor ve levhayı basınç altında bırakıyor. Önceki simülasyonlarda, 10-15 km kalınlığındaki çökeltiler bile, levhaya yeterli kuvveti uygulayamıyordu. Ancak, Mei ve

Kohlstedt'in verileri kullanılarak geliştirilen yeni modelde, levhaya çok az su ilavesi bile sonucu değiştiriyor. Simülasyon, yaş levhanın kırılabilirdiğini gösteriyor. Basınç binince, fay litosfer boyunca kayıyor; aynı anda kabuk ve katı üst manto kırılıyor. Bir kere ayrılınca da, levhanın okyanusal kısmı çökeltinin ağırlığıyla kıvrılıyor ve mantonun içine doğru dalmaya başlıyor.

Eğer bu model doğruysa, bir sonraki adım Kuzey Amerika'nın doğu kıyılarında gerçekleşeceği söylenen felakete yönelik deneyler olacak. Burada, üzerinde litosferi eğmiş olan 15 km kalınlığında çökelti yığını barındıran dünyanın en yaşlı okyanusal kabuğu bulunuyor. Bu kabuk "bel vermeye" başlarsa, 1 milyon yıldan daha kısa bir sürede Atlantik okyanus kabuğu Amerika'nın altına kaymaya başlayacak. Sahra'nın Atlantik kıyısı en ağır ikinci çökelti yüküne sahip olduğu için Afrika'yı da doğrudan bir sonraki sıraya taşıyor. Atlantik kapanmaya başladığı için de, Avrupa ve Amerika sonunda bir araya gelecekler.

Bu Regenauer-Lieb'in yorumu ama,

diğer jeologlar da başka modeller geliştiriyorlar. Caltech'ten jeolog Michael Gurnis, levhaların yaşlı fay doğrultularında kırılmaya daha elverişli olduklarını düşünüyor. Levhaların birbirlerinden ayrılmasıyla, okyanus sirtlarında yeni kabuk oluştuğunu biliyoruz. Bu sirtlar sürekli bir hat boyunca ilerlemiyorlar.

Daha çok birkaç yüz km'de bir aniden yana kayan basamak biçiminde bir hat izliyorlar. Buna da transform fayı deniyor. Sirtın basamaklarından birine uzanan levhanın parçası, komşu basamaktan gelen parçayla birleşemediği için böyle bir kırık kaynaktan doğan genç levha, kırık bölgelerine ayrılıyor. Bu zayıflamış kırık bölgeleri de, kabuğu farklı yaşlarda iki parçaya bölüyor. Parçalardan soğuk ve yoğun olan yaşlı kısım, acaba genç olanın altına kıvrılarak ve kayarak dalma-batma hareketi başlatabilir mi?

Temmuz ayında Gurnis, bir grup meslektaşıyla birlikte bunun nasıl gerçekleştiğini gösterdi. Yaşlı kırık bölgesi her iki taraftan hareket eden levhalarca sıkıştırıldığında, levhanın yaşlı kısmı genç olanın altına doğru itiliyor ve yine bir dalma gerçekleşiyor. Bu modelde de tektonik makine yine suya bağlı. Çünkü, simülasyonlarda kırık bölgelerinde sürtünmenin sıfır olduğu var sayılıyor. Yüksek basınçlı su, yağ etkisi olan bir madde gibi davranıyor. Gurnis'in ekibinden Hall, bu güçsüz yapının tek nedeninin gözeneklerden yükselen su basıncı olabileceğini söylüyor. Gurnis de suyun, kırık bölgelerinde olivini daha zayıf bir mineral olan serpentine dönüştürdüğünü ekliyor.

Regenauer-Lieb bu modelin gerçeklere uymadığını düşünüyor. Eğer, dalma-batma transform fayda başlarsa, dalma-batma bölgelerinin, kabuktaki sabit yaş hatları olan eşyaş eğrililerine (izokron) dik doğrultuda ilerleyeceklerini belirtiyor. Ancak, dalma-batma bölgeleri daha çok eşyaş eğrililerine paralel; bu da, kabuğun daha çok aynı yaş

taki bölgede yitirilmesi anlamına geliyor. Renegauer-Lieb'in modelinde önce yaşlı okyanusal kabuk alçalıyor. Çünkü, çökelti toplayan kıtanın hemen yanında bulunuyor. Gurnis, eşyaş eğrilerine paralel olmaktan uzak dalma-batma bölgelerinin varlığına işaret ederek buna karşı çıkıyor ve "Her durumda, levhalar hareket eder ve yön değiştirir, böylece şu andaki dalma-batma ve eşyaş eğrilerinin doğrultuları, dalma-batma başladığındaki doğrultuları yansıt-maz" diyor.

Kimin haklı olduğuna karar vermek güç; çünkü, dalma-batma bütün kanıtları yok ediyor. Bir zamanlar günümüz dalma-batma bölgeleri etrafında olan kayalar çok uzun zaman önce mantonun içinde erimeye başladılar bile. California Üniversitesi'nde Dünya ve Venüs arasındaki tektonik farklılıklar konusunda çalışan Gerald Schubert, dalma-batma olayının başlangıcının çözülmemiş bir problem olduğunu söylüyor ve ekliyor "Modeller model olarak çalışıyor ama, Dünya'nın modellerdeki gibi davranıp davranmadığı hâlâ açık değil!"

Tektonik Yağ

Aslında her iki kuramın da karşı karşıya olduğu büyük bir sorun var. Okyanusal levhalar oluştuğlarında çok kuruydular, çünkü neredeyse bütün su, magma katılaşp litosferi oluştururken atılmış. Bilimadamları, eğer su pistonların silindir içinde rahatça kaymasını sağlayan motor yağıyla aynı işlevi görüyorsa, onu kırık bölgelerini nemlendirdiği ya da mantoyu yeterince yumuşattığı levhanın içine geri göndermenin de bir yolu olmalı diye düşünüyorlar.

Gurnis, suyun okyanuslardan sızdığını ve derin hidrotermal sistemlerdeki kayaların çatlaklarında dolaştığını söylüyor. Ancak, kabuğun birkaç km altında basınç, suyun geçebileceği boşlukların oluşmasına izin vermeyecek kadar artıyor. Regenauer-Lieb aşağıdan taze suyun gelmesi gerekliliği yerine, bunun mantonun kendisinden kaynaklandığını düşünüyor. Manto çok yavaşça kendi içinde yer değiştirme hareketi

yapacak kadar plastik kıvamlı (eğilip bükülebilir) bir yapıda. Regenauer-Lieb ve arkadaşları, mantodan kopan parçanın, etrafındaki kayalardan daha sıcak ve ıslak olduğunu, böylece de yükselecek yavaşça, 10 milyon yıldan daha uzun bir sürede, kendisinin okyanusal levhanın içine girdiği düşüncesini ileri sürüyorlar. Bunun Dünya'nın oluşumundan beri var olan ilksel su olduğu ya da bir önceki dalma-batmayla aşağı geldiği düşünülüyor.

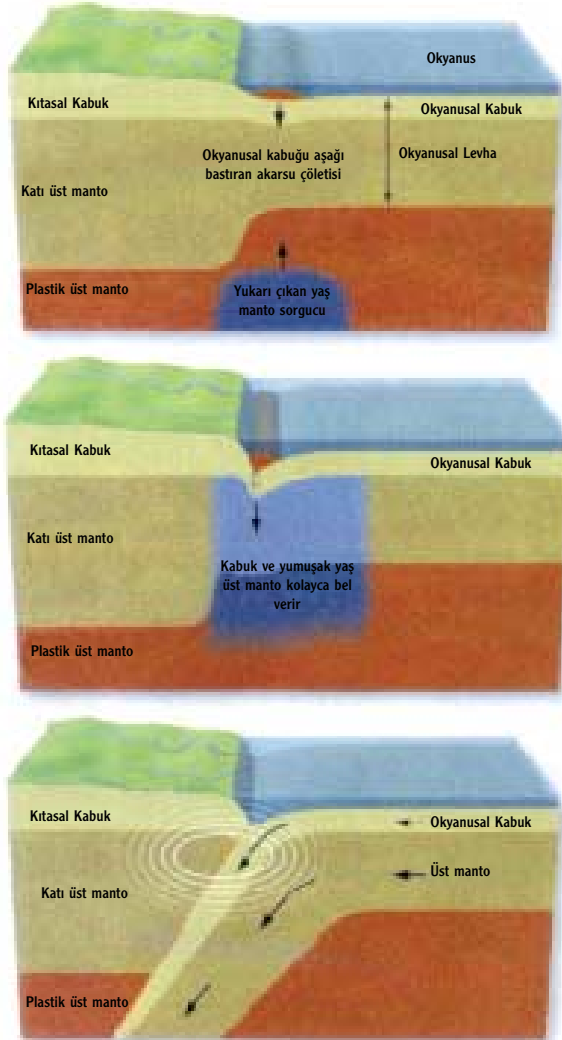
Islak manto sorgucunun, doğrudan dev çökelti yükünün altına gelmesi sanki rastlantısal gibi geliyor; ama bunun olabileceğine ilişkin ipuçları var. Northwestern Üniversitesi'nden Susan van der Lee, Kuzey Amerika levhası okyanusu altında yaş kayaların varlığının kanıtını arayan sismometre verilerini analiz etmiş. Levha etrafındaki depremlerden kaynaklanan deprem dalgaları, daha yaş ve daha yumuşak kaya bölgelerince engelleniyor ve bu da, ABD'nin doğu kıyılarının 150 km altın-

da yaş kayalar olabileceğinin ipuçlarını veriyor. Bununla birlikte, veriler bunların sorgu olup olmadığını anlamak için yetersiz. Van der Lee, bunların Atlantik'in atası olan Iapetus Okyanusu adı verilen ve 400 milyon yıl önce dalmış olan eski bir denizin kalıntıları olabileceğini düşünüyor.

Daha iyi veriler elde etmek, sismometreleri Atlantik Okyanusu'nun tabanına bırakmak anlamına geliyor ve şimdilik bundan net bir sonuç alma olasılığı zayıf. Var olan sismik ağın, levha uzaklaşmaya başladığında oluşacak olan depremlerin sinyallerini de toplaması gerekli. En sonunda da kanıtların itiraz kabul etmez hale geleceği düşünülüyor. Regenauer-Lieb, en açık ipucunun ABD'nin Atlantik kıyısında yükselecek yanardağlar olacağını söylüyor.

Hangi kuramın tarafını tutarsanız tutun, tüm farklılığı yaratan birazcık su. Uzak bir gelecekte gezegenimizin suyunu yitireceği ve bütünüyle kenetlenmiş bir yapıda olacağı olasılığı da buradan çıkıyor. Venüs'te de belki bir zamanlar Dünya'daki gibi levha tektoniği gerçekleşiyordu. Belki, dizginden boşanmış sera etkisi, bulutların Güneş'ten gelen radyasyonun su moleküllerini bozduğu atmosferin üst katmanlarına yükselmesine neden olmuştur. Hidrojen çok hafifleyip, uzaya sızmış olabilir. Yavaş yavaş okyanuslar kurumuş ve manto tüm suyunu kaybetmiştir. Ve belki de, kurumuş litosfer kırılmayacak kadar katı hale gelmiş ve bu yüzden de bir daha dalma-batma hareketi, hatta levha tektoniği olmamıştır. Aynı şey yaşadığımız gezegende de olabilir mi? Regenauer-Lieb'in yanıtı: "Evet, Venüsleşiyoruz!" Bir başka deyişle, volkanik gaz döngüsünü sağlayan levha tektoniği olmadan, Dünya kükürtten karla kaplı, demir piritten (sülfürlü demir) dağları olan bir gezegen olarak son nefesini verecek!

Elif Yılmaz



Kaynaklar
Skinner B.J., Porter S.C., "The Dynamic Earth", John Wiley & Sons, ABD, 2000
Battersby S., "Eat Your Crust", New Scientist, 30 Ağustos 2003
<http://pubs.usgs.gov/publications/text/tectonic.html>
www.biltek.tubitak.gov.tr/yerkure/01.swf