

şum zamanı konusundaki kanıtlar açık seçik değildir; ancak Mavi-sist başkalaşımının, biçim bozulması ana aşaması sırasında ya da öncesi olduğu şeklinde yoruma yatkın olduğu söylenebilir.

JEOLOJİK TUTMAZLIKLAR

Varlığı düşünülen bir yama kuşağı için belkide en yalın kanıt, kuşkuilanılan kuşağın iki yakasındaki yapılar, kaya türleri ve jeolojik tarihçe bakımından büyük tutmazlıkların bulunmasıdır. Ancak çoğu kez bu kanıt yeterince açık olarak ortaya konamamakta ve gerekli nesnellikte olamamaktadır.

KABUKSAL YAPI

Sismik kırılma ve yer çekimi yöntemleriyle ayrıntılı olarak çalışılmış genç çarpışma zonları, her iki yakadan da çok değişik özellikte kabuk yapısı göstermektedirler. Özellikle Mohorovičić süreksizliğinin derinliği hızlı olarak değişmektedir ve bir yerde (Ivrea Zonu) üst manto özelliklerini taşıyan kalın bir gereç diliminin kabuk ile ara katmanlaşmış olduğuna ait kanıt bulunmuştur. Ayrıca, sıkıştırma dalgası hızları 7,2 den 7,6 km/s⁻¹ e değişen bir zon, alt kabuk ile üst manto arasında yer almış olabilmektedir; bu olağanüstü hızların anlamı bilinmemektedir. Var oldukları yerlerde kanıtlar, üst manto düşük hız zonunun çarpışma kuşakların, bu kuşakların dışındaki yerlere göre, çok sık derinliklerde bulunduğunu önermektedir. Genç çarpışma zonlarındaki bu özelliklerin tam bir açıklaması bulunmamaktadır ve bir çarpışma zonunun etkinliğinin sona ermesinden sonra, bunların nasıl ve niçin değişebilecekleri bilinmemektedir.

TARTIŞMA

Daha çok kurgusal bir düzeyde düşünüldüğünde, levha tektoniğine ait genel görüş, çeşitli işlemlerin, doğal yamaların özgün niteliklerini karıştırabileceklerini ve olasılıkla karıştırdıklarını önermektedir. Eğer, çarpışma olursa, niteliği, büyük bir olasılıkla çarpışmayı başlatan yitimin hızı ve süresinden etkilenmelidir. Günümüzde birçok yitimin hızı senede 8 sm ve 10 sm arasındadır; ancak hızlar senede 15 sm den 1 ya da 2 sm'ye değin değişmektedir. Şimdilik, ısının yitim işlemi tarafından varlaştırıldığına inanılmakta olduğundan, varlaşma hızının yitimin hızı ile ilişkili olduğu kabul edilmektedir. Sonunda bir çarpışmaya uğradığında, cephe levhasının fiziksel özelliklerinin, levhanın alttan uzun süreli ve ya da hızlı yitimle önceden ısıtılmış ya da önceden altta oldukça az ısı almış olmasına bağlı olarak, değişik olması beklenir.

Son olarak, çarpışma zonları içindeki yersel levha ayrılmasının görünüşüne göre, özündeki çelişkiyi dikkate almak

gerekmektedir. Yine de, genç ada yayları arkasındaki kabuksal çekme gerilimi kavramı, iyi düşünülmüştür. Bu gerilimin, mantodan türetilmiş mağmaların yay gerisi kabuk içine ve üst manto içine içtilmesi ile meydana geldiği anlaşılmaktadır. Pasifik levhasının geç Senozoyik yitimi ile ilişkisi kurulan Basin and Range bölgesinde, bölgesel gerilimin meydana geldiği kuzey Amerika batısı altında benzer bir işlemin olduğuna değin kanıtlar bulunmaktadır. Bu açıklama şimdilik bir sonuç olarak kabul edilmemekte ise de, Avrupa ve Afrika arasındaki çarpışma zonu içinde oluşmuş olan çok sayıda küçük ölçekli dönmeler ve ayrılmaları açıklamak için, bu gibi işlemlere başvurmak gerekmektedir.

SONUÇLAR

Eğer çarpışma zonlarının yukarıda değinilen yüzeysel yorumundan, herhangi bir sonuç çıkarılabilirse, bu aşağıdaki gibi olabilir:

a) Yukarılarda ana çizgileri ile verilmiş kıstaslara açıklık getirici ya da yeni kıstasları bulmaya yönelmiş çok çeşitli jeolojik ve jeofizik çalışmalar, çarpışma kuşaklarını daha iyi anlamamıza katkıda bulunabilir. Ancak, şimdilik bu kuşak hakkındaki bilgilerimizi, yerbilimlerinin çeşitli alt dallarından gelecek verilerin, kanıtların birine eklenmesi, birbirini tamamlaması ile yeterli düzeye ulaşabilecek gözükütüğünden, böyle bir kuşakta yapılacak tek tek çalışmaların değerli, bu tür ayrıntılı çalışmaların, kuşakta diğer ayrıntılı çalışmaların yapıldığı yerde yapılması ile çok artacaktır.

b) Çarpışma kuşaklarındaki işlemleri anlamak için en elverişli çalışmaların iki yönde yapılmasının gereği düşünülmektedir: Çok genç çarpışma kuşaklarını inceleyerek, korunma olasılığının fazlalığı nedeniyle, en çok kanıtı elde etmek ve de iyi yüzeyleyen çok eski "Olasılı çarpışma kuşakları" nı inceleyerek ve onları gençlerle karşılaştırarak, levha tektoniğinin özgül niteliklerinde uzun zamanda önemli değişikliklerin oluşmuş olup olmadığını ortaya koymaya çalışmak.

Çok iyi korunmuş ve çok ayrıntılı olarak incelenmiş Tetis çarpışma zonunda, yaygın bir şekilde kabul edilen, kendi içinde tutarlı, yeterli bir levha tektoniği modeli oluşturulamamış olması ya bu zonun olağan dışı olduğu, ya da çarpışma kuşaklarının aslında çok karmaşık olduğu ve bizim oralarda oluşan işlemleri henüz anlamamış olduğumuz şeklinde yorumlanabilir. Yazar, bu ikinci olasılığa inanmaktadır ve genellikle korunmuş kanıtların çok fazla olmadığı yerlerde eski çarpışma kuşaklarının varlığını saptamaya çalışırken olağanüstü sakıntıyla davranmak gerektiği inancındadır.

Ofiyolitlerin kökeni ve yerleşmesi⁽¹⁾

I. G. GASS *Department of Earth Science Open University*

A. G. SMITH *Department of Geology University of Cambridge*

F. J. VINE *Department of Environmental Sciences University of East Anglia*

Yerbilimlerinde en çok tartışılan sorunların çoğunun kökeni, tanımlamaların ve sınıflamaların değişik yorumlarına dayanmaktadır; Granit nedir? Bölgesel başkalaşım nedir? Kretase-Tersiyer sınırı nedir ve nerededir? ve aynı şekilde ofiyolitler için de: Ofiyolit nedir?

(1) The British National Committee for Geodynamics tarafından 1975 yılında yayımlanmış olan Geodynamics Today adlı kitabındaki "Origin and emplacement of ophiolites" başlıklı yazıdan M. Ender TEKİRLİ (Maden Tetkik Arama Enstitüsü, Ankara) tarafından çevrilmiştir.

TANIMLAMALAR

Terim Yunanca köküne göre yılan taşı (ophis-yılan) anlamına gelir. Bu anlam, terimi, adı ile serpantin ve serpantinite, ilgili sürüngenin değinilen rengi ile de yeşil taşlara bağlar ki tüm bu adlar hem genç hem de yaşlı kıvrımlı dağ kuşakları

inde çok bulunan başkalaşmış mafik ve ultramafik kütle tanımlamak için jeolojik yayınlar içinde geniş olarak kullanılmaktadır. Bundan başka çeşitli kayalar özellikle dünitler, peridotitler, gabrolar, serpantinitle, bazik lavlar (çoğunlukla yastıklı), radyolaryalı çörtler ve filis tortulları çoğunlukla birlikte bulunurlar. Böylece bu kaya türlerinin üçü yada fazlasının birlikte görüldüğü durumlarda, ofiyolit topluluğu (Op-hiolite suite) karmaşık yada birlik (association) terimleri çoğun kullanılmaktadır. Alp kuşağı içinde yaygın olarak bulunan serpantinitle, yastık lav ve radyolaryalı çört birliğine- bu ayrık birliğe ilk ilgiyi çeken Steinmann olduğundan-Steinmann üçlüsü özel adı verilmiştir. Bu kaya türleri birbiri ile çoğunlukla düzensiz olarak karışmışlardır. Bu gibi durumlarda karışık (Melange) terimi uygulanmaktadır. Kayaların düzensiz karışımı anlamında düşünüldüğünde tüm karışıklar ofiyolit kapsamazlar. Fakat karışıklar çoğunlukla ofiyolit kapsarlar. Diğer taraftan çoğu ofiyolitler karmaşık ilişki taşımayıp kaya türlerinin düzenli çeşitlenmelerini gösterirler.

Bütün bu terimler tanımlayıcıdır. Kayaların oluşlarıyla ilgili yorum taşımamaktadırlar. Aşağıda verilen ofiyolitlerin, 1972 Penrose Ofiyolit Simpozyumuna (Geotimes, Aralık 1972) dayanan, tanımı için de durum böyledir.

İdealleştirilmiş ve eksiksiz bir ofiyolit topluluğu şöyle olacaktır.

- radyolaryalı tortullar
- bazik volkanitler (genellikle yastıklı)
- dolerit dayk kompleksi
 - (tronjemitler)
 - (gabrolar)
 - (olivinli gabrolar)
- Katmanlı kümeler
 - (peridotitler)
 - (dünitler (kromitli))
- tektonik fabrikli harzburjit (bazen lerzolit)
- yaygın olarak serpantinleşmiş

Filis genellikle bulunur; ancak ofiyolit topluluğunun bir parçası değildir. Benzer olarak topluluğun serpantinleşmiş üyelerinin dışında, çoğunlukla diyapirik yerleşmenin özelliklerini gösteren serpantinitle kütlelerine ofiyolit yüzeylemesinin içinde veya yakınında genel olarak rastlanmaktadır. Ofiyolit topluluklarına kenar olan kısımlar, daah genç tortul örtünün dışında genellikle makaslama düzlemleri ile parçalanmışlardır. Aynı şekilde bir ofiyolit dizisi içinde ilksel mağmatik stratigrafinin kurulmasını güçleştirecek makaslama parçalanması gelişmiş olabilir.

Üstte verilen tanıma göre ofiyolit olarak nitelendirilemeyecek birçok bazik/ultrabazik topluluklar vardır. Bu dışta bırakılan topluluklar arasında, Bushveld, Stillwater, Skaergaard ve Cuimmins gibi klasik stratiform karmaşıklar (kompleks) ofiyolit tanımı dışında kalanlar arasındadır. Bunlar ofiyolit tanımı dışında bırakılmışlardır, çünkü tümüyle bir kraton temel içinde bulunmaktadırlar. Benzer olarak, Alaska ve İngiliz Kolombiya'sının eşmerkezli olarak zonlaşmış mafik/ultramafik plütonik toplulukları belirgin mağmatik yerleşme sonucu gelişmiş olmaları nedeniyle tanım dışı bırakılmışlardır. Zaten ne stratiform ne de zonlaşmış karmaşıklar, bir dolerit dayk karmaşıklarıyla, yastık lavlarla ya da pelajik tortullarla yan yana değildirler. Tüm üyelerin önceden var olduğu ve yahtılan parçaların tektonik olarak birbirinden ayrılmış olduğu ya da tüm öğeleri yüzeylememiş bir dizinin bir bölümü olduğu

yönünde inandırıcı nedenlerin bulunması dışında yastık lavın, serpantinitle ya da gabronun yalın oluşukları ofiyolitler olarak kabul edilemez. Örneğin ne İskocya içindeki Üst Dalradien'in Tayvallich lavları ve ne de Hingland sınır fayı boyunca yerleşmiş serpantin kütleleri kendi başlarına ofiyolit olarak kabul edilemezler. Eğer kanıtlar ofiyolit dizisinin tüm diğer birimlerinin bir zamanlar var olduğunu önerirse, serpantin kütleleri eskiden var olan ofiyolitlerin bölümleri olarak kabul edilebilir. Benzer olarak bölgesel başkalaşımından etkilenmiş kayalar, eski durumlarının tanıma uyabileceği kanısına varılmadan ofiyolit olarak tanımlanmamalıdır. Örneğin İverness'in kuzeyindeki Moire dizisinin içindeki ultramafik mercerler yukardaki ofiyolit tanıma uymamaktadır. Tüm bu durumlarda sınırlı, birbirinden ayrılmış ya da bölgesel başkalaşmış yüzeylemeleri bir ofiyolit karmaşığının bölümü olarak tanımlamak için kanıtlara başvurmak gerekmektedir.

İyi incelenmiş ofiyolit bölgelerinde yapılan ayrıntılı araştırma, orada bulunan püskürük kayaların K, Rb, Sr, U, Th ve hafif nadir topraklar gibi büyük yarı çaplı iyonları olan, uyumsuz öğeler bakımından genellikle fakirleştiklerini göstermiştir. Ayrırtman özellikler olarak zeolit fasiyesinden, aşağı doğru, yeşilist ve amfibolit fasiyesine değişen düşük basınç/yüksek ısı başkalaşımı, topluluğun püskürük ve dayk kayalarını kuvvetle etkilemiştir ve 100°C/km⁻¹ gibi yüksek sıcaklık gradyanlarının var olduğu anlaşılmaktadır. Başkalaşmış bu bazaltlarda yapılmış olan duraylı izotop çalışmaları yüksek sıcaklıklarda bazalt ve deniz suyu arasındaki tepkimelerle uygunluk gösteren 160/180 oranlarına işaret etmektedir.

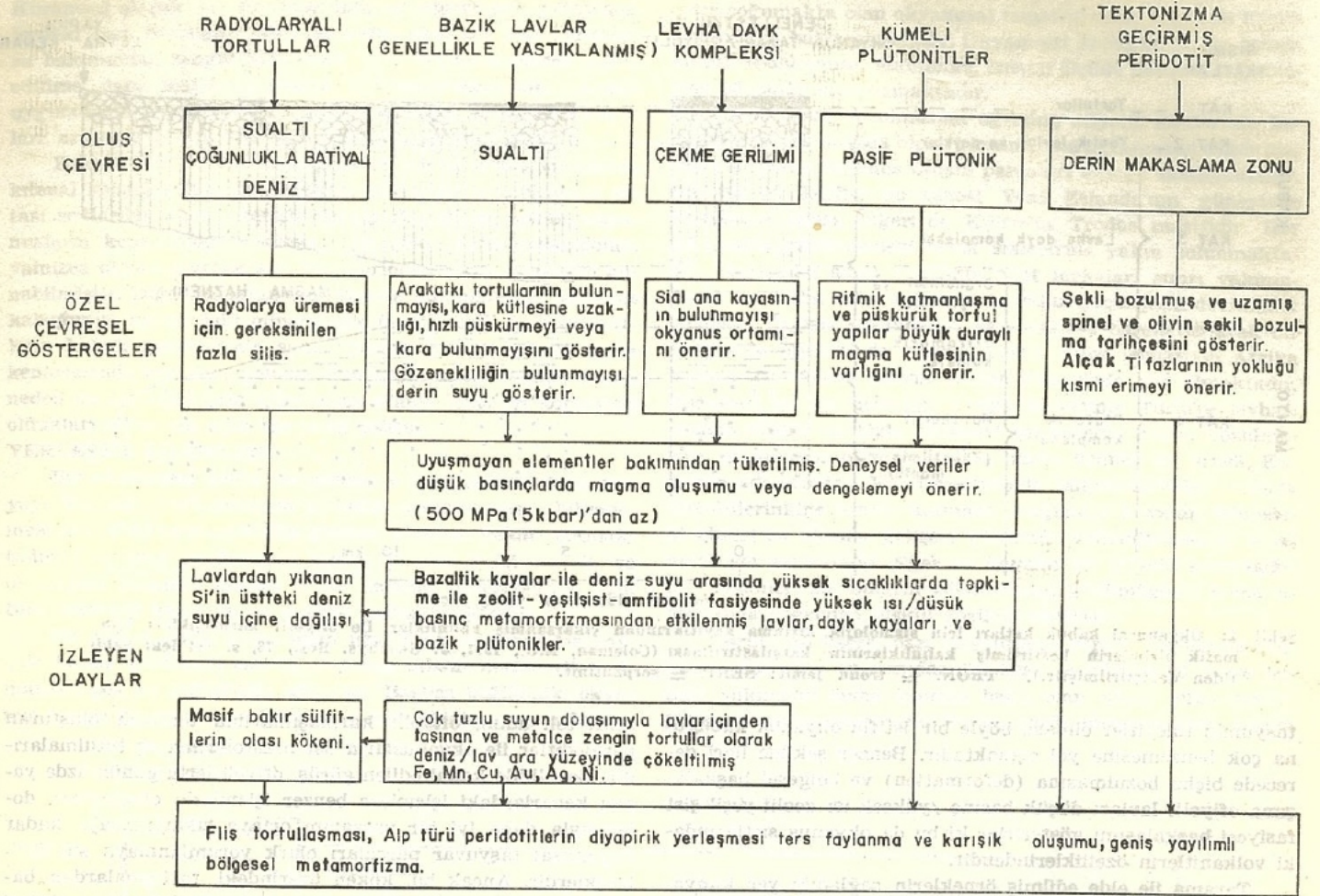
ORTAM

Ofiyolitler neye işaretler?

Ofiyolit yüzeylemelerinin yerli olmama özellikleri ofiyolitlerin kökenlerinin bir asırdan fazla süredir kurgusal yoldan değerlendirilmesine yol açmıştır. Bazı araştırmacılara göre ofiyolitler çok büyük denizaltı lav akıntılarının kendi kabukları altında kristallenmeleri ile gelişmiştir. Diğer bazı araştırmacılar ise ofiyolitleri, kıtaların kenarlarında ya da kıtaların incelendiği yerlerde serpantinlerle yağlanarak yerleşmiş plastik manto diyapirleri olarak görmektedirler. Ancak giderek güçlenen bir görüşe göre ofiyolitlere, kıta kenarları ve ada yayları üzerine tektonik olarak itki kütleleri biçiminde yerleşmiş, okyanusal taşıyıcı (lithosphere) gözü ile bakılmaktadır. Ofiyolitlerin kökeni hakkında bir sonuca varmadan önce ofiyolit topluluğunu oluşturan kaya türlerinin oluşum ortamları, bileşimleri ve başkalaşım özellikleri saptanmış olmalıdır. Bu çizelge I'de yapılmaya çalışmıştır.

ÖZELGE I

Çizelge 1 de özetlenen kanıtlar, ofiyolitlerin bir denizaltı ortamında oluştuğunu kuvvetle önermektedirler. Bundan başka bu ortam levha-dayk (sheeted dyke) karmaşıklarının varlığını açıklayabilmek için çekme gerilimlerinin egemen olduğu bir ortam olmalı ve aynı zamanda bazik mağmaların büyük kütlelerinin yüzeye yakın olarak gelişebileceği bir yer almalıdır. Ofiyolitlerin okyanusal kökenlerinden kuşkulu olanların sayısı çok azdır. Buna karşılık pek çok araştırmacı çekme geriliminin egemen olduğu bir ortamın, yüzeye yakın bazaltik mağmanın, yaygın varlığının, aynı istifin defalarca gelişebileceği bir yerin gerekliliğine işaret ederek bu gereksinmelerin ancak yapıcı levha kenarlarında (constructive plate margins) okyanusal taşıyıcı tarafından oluşma ile sağlanabileceğine inanmaktadır. Şekil 1, çeşitli yerlerdeki ofiyolit buluntularındaki istiflenmeyi özetlemekte ve onları çoğunluğu jeofizik olan



Çizelge 1: Birimlerin kendi yapıları ve eptrolojileri içinden çıkarıldığı gibi, içinde ofiyolit topluluğunun değişik birimlerinin oluştuğu ve ardından değiştiği ortamların özeti.

verilere dayanılarak kurulmuş okyanusal taşıyıcı modeli ile karşılaştırmaktadır.

Eğer ofiyolitler okyanusal taşıyıcılar ise, bu karşılaştırmayı değerlendirilmede bazı önemli zorluklarla karşılaşılır. Ofiyolit yalnızca, yapıcı kenarlarda, okyanusal taşıyıcılardan mı gelişmiştir? Eski deniz dağları, guyotlar volkanik adalar, ada yayları ve kıtasal kenar volkanitleri gibi örnekler ofiyolit olarak nitelendirilebilirler mi? Bunlardan da öte, bu karşılaştırmayı yaparken, günümüzdeki okyanus tabanları ile geçmişteki okyanusları daha çok gözlemsel olan jeoloji verilerine dayanarak yaptığımız karşılaştırmadan doğan sorunlara ek olarak, geçmişteki işlemlerin ve onların ürünlerinin günümüz levha tektonik devresinde meydana gelmiyor olma ya da tanınmamış olma olasılıklarının bulunduğunu da kabul etmek durumundayız. Bu uyarılar ofiyolitlerin, okyanus tabanı karşılığı olarak yapılan aşağıdaki değerlendirilmesinde göz önünde bulundurulmaktadır. Kabul edilmelidir ki, sorun döngüsel bir düşünceye tümüyle açıktır. Dolayısıyla, yapıcı kenarlarla ofiyolitler arasındaki ilişki kanıtlanınca bu kez ofiyolitler yapıcı kenarlardaki işlemleri canlandırmak için kullanılmaktadır.

OKYANUSAL TAŞUYICILAR OLARAK OFİYOLİTLER

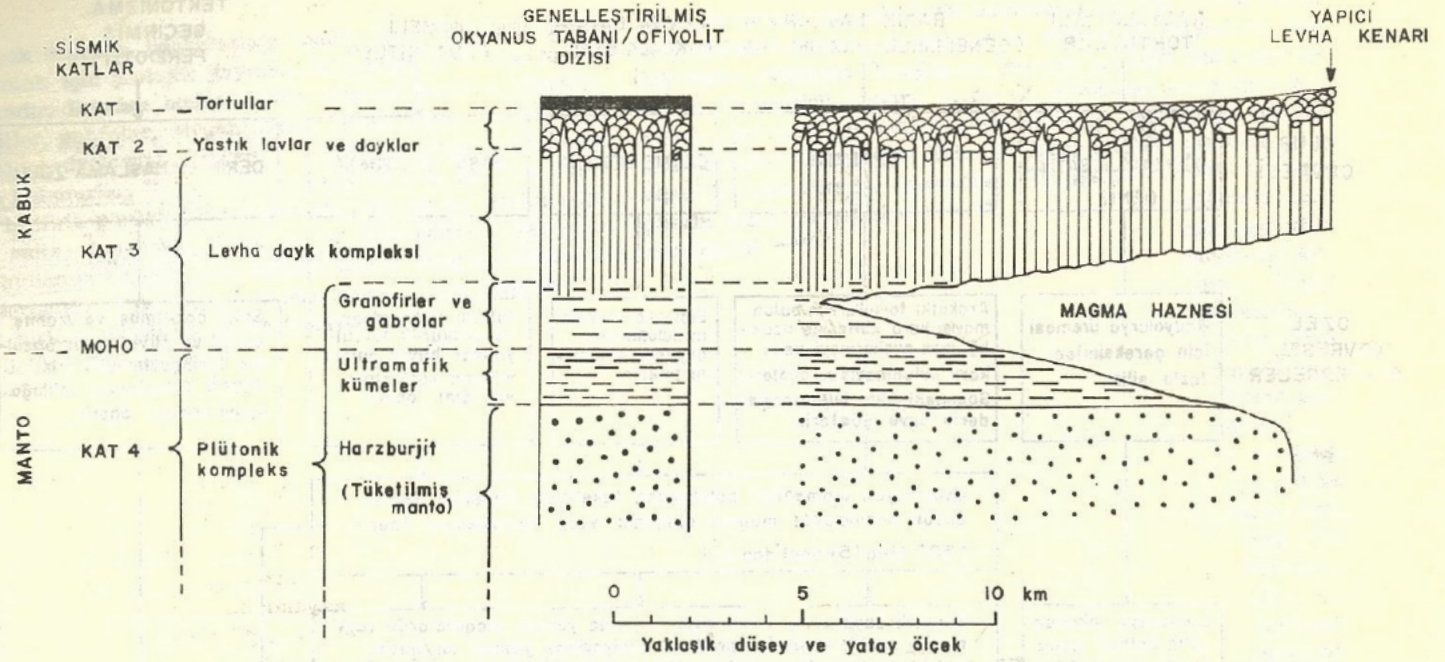
Yazının giriş bölümlerinde verilmiş olan idealleştirilmiş ofiyolit istifi çok ender olarak görülmektedir ve lavların, daykların ve katmanlı plutonitlerin kalınlıkları bir ofiyolitten

diğerine değişmektedir (Şekil 1). Ancak, yukarıdan aşağıya doğru lavlar, dayklar, kümelenmiş (cumulate) plutonitler ve aşırı tektonik geçirmiş peridotitlerden oluşan olağan bir istiflenme vardır ve özellikle açıklanması gereken de bu istiflenmenin oluşumudur.

ŞEKİL 1

Sahada gözlenen ilişkiler ve tektonik geçirmiş peridotitin mineral ve kimyasal bileşimi onun, kendisinden, sıvı bazaltik bir bölümün ayrılıp, ofiyolit istifinde daha yukarı düzeylere doğru yer değiştirdiği bir malzeme olduğunu önermektedir. 2-3 km kadar kalınlığı ve belki 25 km uzunluğu olan magma kütleleri (ya da kütleleri) deniz altında su-kaya ara düzeyinin altında sığ derinliklerde (1-2 km) toplanır. Çekme gerilmesinin bulunduğu bir ortamda magma üstten yol bulmakta ve dayklar şeklinde içtilirken, yastık lavlar biçiminde yüzeye çıkmaktadır. Haznede kalan magma bu süre içinde, soğudukça bölümlere ayrılmakta, kromitli dünitden yukarı doğru peridotit ve olivin gabro, gabro ve az miktarda da Na bakımından zengin peridotitlere doğru katmanlı bir istif oluşturmaktadır.

Bu olaylar ofiyolit istifini oluşturmaktadır. Bu olaylar bir ofiyolit istifini okyanus tabanı ile eşitleyecek her türlü yorumdan oldukça bağımsızdır. Ancak ofiyolit lavlarının bileşiminin günümüzdeki okyanus sırtlarından taranmış lavlarına çok benzer olması, her ikisinin de genellikle düşük po-



Şekil 1: Okyanusal kabuk katları için sismolojik kırınma kayıtlarından çıkarılmış kalınlıklar ile ofiyolit karmaşıkları için mafik birimlerin kestirilmiş kalınlıklarının karşılaştırılması (Coleman, R.G., 1971, J. Geophys. Res., 76, s. 124'deki Şekil 1'den değiştirilmiştir.). TRON. = trond jemit; SERP = serpantin.

tasyumlu toleyitler olması, böyle bir istifin okyanus kabuğuna çok benzemesine yol açmaktadır. Benzer şekilde ileri derecede biçim bozulmasına (deformation) ve bölgesel başkalaşma ofiyolit lavları düşük basınç /yüksek ısı zeolit-yeşil şist fasiyesi başkalaşımı gösterirler ki bu da okyanus sirtlarındaki volkanitlerin özelliklerindedir.

Tarama ile elde edilmiş örneklerin sağladığı yer kimyasal ve petrolojik yerlerin dışında okyanusal taşıyıcı hakkındaki bilgilerin büyük bir bölümü jeofizikten, özellikle sismik kırınma incelemelerinden gelmektedir. Bu bilgiler okyanusal taşıyıcının katmanlı olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Birinci kat tortullardan oluşmaktadır ($V_p = 1,5 - 3,4 \text{ km}^{-1}$; ortalama kalınlık 0,3 kilometre) ikinci kat temeli oluşturmaktadır. (V_p : 4,2-6,0 kilometre $^{-1}$ ortalama kalınlık 1,7 kilometre.) Üçüncü kat okyanusal kattır (V_p : 6,7 km^{-1} ortalama kalınlık 4,8 km) Dördüncü kat (V_p : 8,1 km^{-1}) ise üst mantodur. Ve üçüncü kattan Mohorovičić sınırsızlığı ile ayrılmıştır. Yüksek ısı akısı okyanus sirtlarının sismik bakımından etkin olan eksen zonlarında, dar bir kuşakta kaydedilmiştir. Sirtları kesen gravite kesitleri, derinde düşük yoğunlukta mantonun varlığını göstermektedir. Jeofizik verilerden çıkarılan, yapıcı kenarlardaki olayları canlandıran modele göre okyanus kabartılarının eksen zonunun altında dar, düşey bir kütle biçiminde kısmen ergimmiş manto malzemesi yer almaktadır. Magma bu sıcak mantodan ayrılmakta ve kabuk içinde okyanus tabanının altında belki sadece bir iki kilometre derinlikte birikmekte ve okyanus tabanı yayılmasının geliştiği yerlerde dayklar biçiminde içtilmekte ve lavlar biçiminde yüzeye erişmektedir.

Ofiyolitlerin oluşumunu açıklamak için meydana getirilen modeller yapıcı kenarlardaki işlemlerin jeofizik yöntemlerle incelenmeleri sonunda oluşturulan modellerle o derece benzeşmektedir ki, gözlemsel ofiyolit verileri gündümüzdeki yapıcı kenar işlemlerini gösteren taslak halindeki jeofiziksel modelleri tamamlamakta kullanılmıştır. Yorumu dayanan ge-

rekl tek adım, ofiyolit karmaşıklarının temelini oluşturan peridotitler ile okyanusların üst mantolarının eş tutulmalarıdır. Genellikle kabul edilen görüş, ofiyolitlerin günümüzde yapıcı kenarlardaki işlemlere benzer işlemlerle oluştukları, dolayısıyla daha iyi bir varsayım ortaya çıkartılıncaya kadar okyanusal taşıyıcı parçaları olarak yorumlanmaya sürdüreleceklerdir. Ancak bu, köken üzerindeki tartışmalardan bağımsız olarak bu ofiyolit, yalnızca bulunduğu kaya türleri ve özel istifi ile tanımlanmaktadır. Bu koşul gözönünde tutularak, ofiyolitlerin yapıları ve kaya türleri ile okyanus tabanının kaya türlerine ve yapıcı kenarlardaki işlemlere bir yaklaşım Şekil 2'de verilmektedir.

Çekme gerilimlerinin egemen olduğu levha sınırlarındaki işlemlerle lavlardan, dayklardan, kümelenmiş plütonitlerden ve ileri derecede tektonik geçirmiş peridotitlerden oluşan dört katlı bir istif meydana geldiği süre, okyanus havzası içinde bu kenarın yeri, ofiyolitlerle yapıcı kenarlarda gelişmiş okyanusal taşıyıcının karşılaştırılmaları bakımından, etkili bir öge değildir. Aynı şekilde, bir okyanus havzasının boyutları karşılaştırmada etkili değildir. Ofiyolitler Orta Atlantik Sirtı, Doğu Pasifik Kabartısı gibi büyük yapıcı kenarlarda gelişebildikleri gibi, Kızıldeniz ya da Aden Körfezi gibi ufak okyanuslarda ya da Scotia denizindeki gibi yay gerisi yayılma eksenlerinde ya da batı Pasifik'tekilere benzer kenar denizlerde oluşabilirler. Aynı sav yoluyla ofiyolitlerin kıtalara ve ada bölgelerine yakın ya da uzak gelişebilecekleri söylenebilir. Gerçekten de Alp-Himalaya sıra dağlarındaki ofiyolitlerin pek çoğu ufak okyanus havzalarında meydana gelmiş gözükmektedirler. Bu okyanuslar Kızıldeniz ve Aden körfezine benzer olabilirler; Yakınlarındaki alta dalan kütleyle bağlanmamış olabilirler ya da bir taraftan sürmekte olan okyanusal levhanın yitim bölgesinin yanında, yay arkası okyanus havzalarında gelişmiş olabilirler. Bazı okyanus sirtlarından taranmış örneklerle, bazı ofiyolitler arasındaki petrokimyasal ve mineralojik karşılaştırmalar tümüyle inandırıcı olmamıştır.

Kuramsal olarak, yer kimyasındaki ve mineralojik parajenezlerdeki bazı benzemez yönlerin çoğu, eğer bir yay gerisinde su bakımından zengin mantonun tikel ergimesi modeli kabul edilirse, daha inandırıcı olarak açıklanabilmektedir. Ancak uygulamada yay gerisi ile açık okyanustaki kabukların kayaları arasında bir farkın bulunmadığı görülmektedir.

Kıtasal kütle yakınında gelişmiş bir okyanus tabanının, kıtasal kenarlar üzerine yerleşmiş ofiyolitler için, okyanus ortası sırtlardan daha elverişli olacağı düşünülür; ancak, okyanusların kenar bölgelerindeki kalın çökel örtüsünden dolayı yalnızca okyanus ortası sırt bölgelerinden tarak örnekleri alınabilmektedir. Diğer taraftan ofiyolitlerle günümüzdeki okyanus kabuğunun ayrıntıdaki mineralojik farklılıkları, bazı ofiyolitlerin kabuk gelişmesinin sona ermekte olduğu yapıcı levha kenarlarında meydana gelmiş olmalarıyla açıklanabilir; ancak neden bu tür bölgelerin diğerlerine oranla daha iyi korunmuş oldukları sorununa açık bir yanıt yoktur.

YERLEŞME İŞLEMLERİ

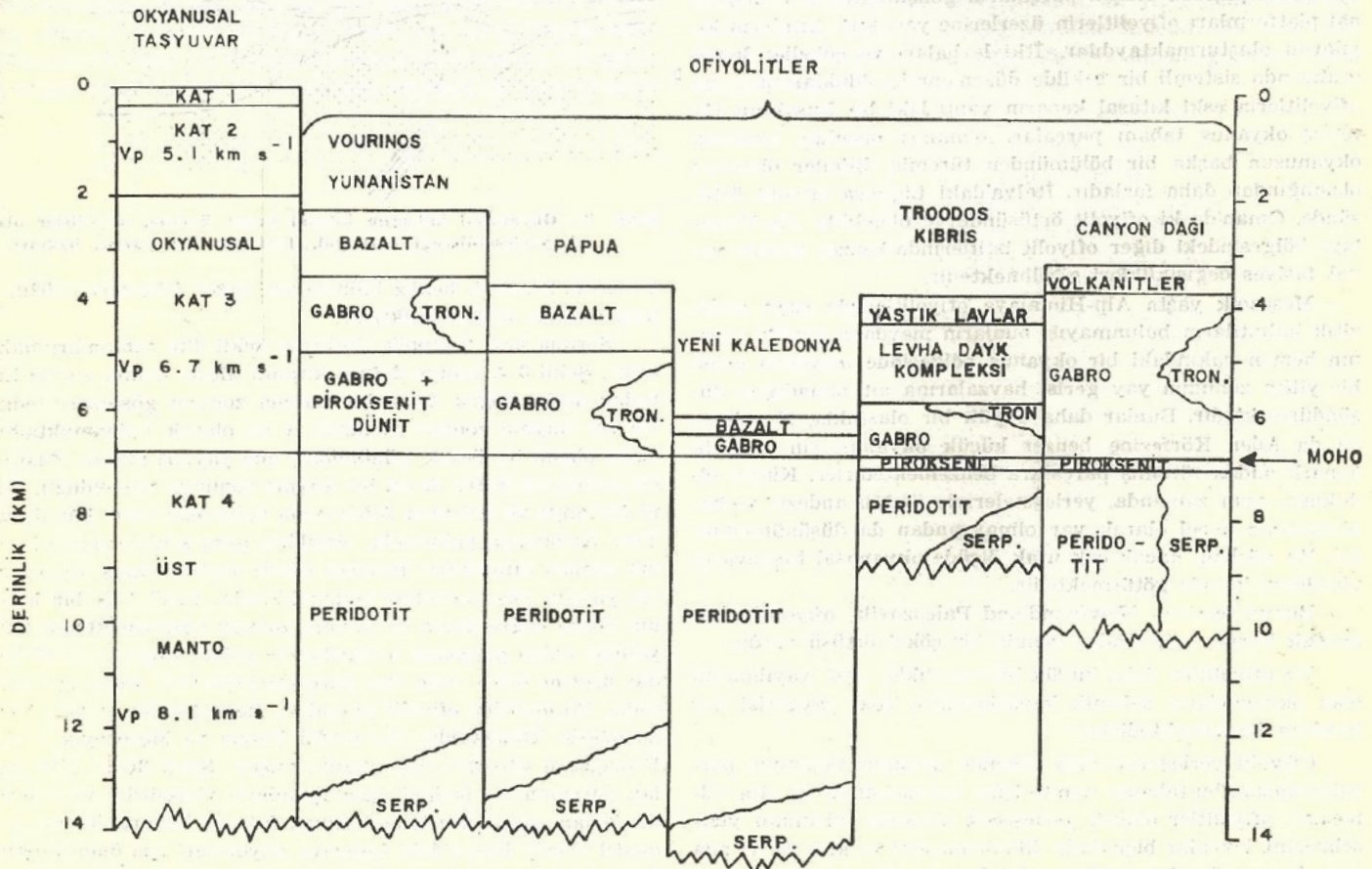
Bir okyanusal levha parçasının kıtasal kenar veya ada yayı üzerine yerleşmesinin ayrıntılı mekanizması bilinmemektedir. Olağan olarak alta gitmesi gereken yukarı çıkmaktadır. Üzerleme (obduction) terimi, yitimin tersi olarak, ve okyanusal levhanın kıtasal kenar üzerine yerleşmesiyle ilgili tüm işlemleri kapsayacak şekilde kullanılmaktadır.

Bir yapıcı levha kenarından uzaklaşan levhanın bir parçası haline geldikleri sırada, okyanus tabanı mağmatik katmanları çok az değişikliğe uğrarlar. Başlıca değişiklik, okyanus tabanı üzerindeki su kütesinin derinliğinin artmasıdır. Bu

artış soğumakta olan okyanusal taşıyıcının ısı kaybı ile hacim ufalmasına bağlanmaktadır. Okyanusal kabuğun ya da hemen altındaki okyanusal mantonun, önemli ölçüde kalınlık değişmesine uğradığı sanılmamaktadır.

En az şekil bozulmasına uğramış ofiyolit istiflerinin henüz yatay yönde fazla biçim bozulmasına uğramadan düşey olarak yükselmiş okyanus tabanı parçaları olduğu sanılmaktadır. Bu tür iki istiften bir tanesi Yeni Zelanda'nın güneyinde Macquaire adası, diğeri de Kıbrıs'ta Trodos masifidir. Her iki alanda günümüzdeki levha sınırlarına yakın bulunmaktadır. Macquaire adası Pasifikte Hint levhaları sınırı yakınıdadır. Bu levha sınırı boyunca en yakın geçmişteki devinimler dönüşüm fayları şeklindedir, ve olasılıkla hareketin ufak bir sıkıştırma bileşeni de vardır. Kıbrıs, Türk levhasıyla Afrika levhası arasındaki sınırın hemen kuzeyinde yer almaktadır. Buradaki en son devinim, Afrika levhasının Türkiye levhası altında düşük bir hızla yitilmesi şeklindedir. Biçim bozulmasına uğramamış ofiyolit istifine olası üçüncü bir örnek, Kanarya adalarında Fuerteventura'da bulunmaktadır. Orada ofiyolitlerinkine benzer katmanlı mağmatik kayalar, bölgedeki ekseri su altında gelişen, günümüz volkanizmasının tabanında yer almaktadır. Eğer bu kayalar bir ofiyolit karmaşığının bölümleri ise, onların yükselmeleri günümüzdeki levha sınırlarıyla doğrudan ilişkili gözükmemektedir.

Görüldüğü üzere, bazı ofiyolitlerin yerleşmelerindeki başlangıç aşaması, en azından iki örnekte görüldüğü üzere hemen yakındaki levha sınırına bağlı olan düşey yükselmedir. Kıbrıs'ta yükselmenin bir kısmı, aşağı inmekte olan Afrika



Şekil 2: Ofiyolit yapıları ve kaya türleriyle okyanus tabanının ve yapıcı levha kenarlarındaki işlemlerin oluşturduğu yapılar ve kaya türlerinin düşünsel yaklaşımla denestirilmesi. (Greenbaum, D., 1972, Nature (Phys. Sci) Lond., 238, S. 18-21'den alınmıştır.

levhası üzerindeki mantonun su bakımından zenginleşmesi sonunda meydana gelmiş olabilir. Su, çökel örtüsünün sulu minerallerinin su kaybetmelerinden ve aşağı dalmakta olan parçanın magmatik kayalarının su kaybetmelerinden meydana gelmiş olabilir. Bu şekilde su bakımından zenginleşen mantoda serpantin diyapirleri meydana gelmiş ve bunlar üzerindeki kabuğu kendileri yükseldikçe yukarı itmiş olabilirler. Diyapirler üzerindeki yükselmiş domların aşınmasıyla okyanusal kabuğun daha derin kısımları ve hatta mantonun en üst kısmı açığa çıkmış olabilir (Şekil: 3 D).

Diğer ofiyolitlerin çoğunluğu Troodos masifinden ya da Macquaire adasından çok daha ileri biçim bozulmasına uğramışlardır. Bunların yapıları kabaca, biçim bozulmasına uğramış tektonik levhanın karmaşık bir şekilde üst üste yığılması şeklindedir. En üstteki levhalar genellikle ultramafik kayalardır ve bunların mafik ve çökel örtülerinin aşınmış olduğu düşünülür. Bu levhaların altında, çökellerle örtülmüş mafik levhalar yer alır. Yerli kütleler daha çok kıtasal malzemelerdir. Birçok durumlarda olistostromlarının ve diğer kütle akışı olaylarının varlığı, tektonik levhaların belli bir bölgeye gelmesinden hemen önce büyük çapta yerçekimi kaymalarının oluştuğunu göstermektedir.

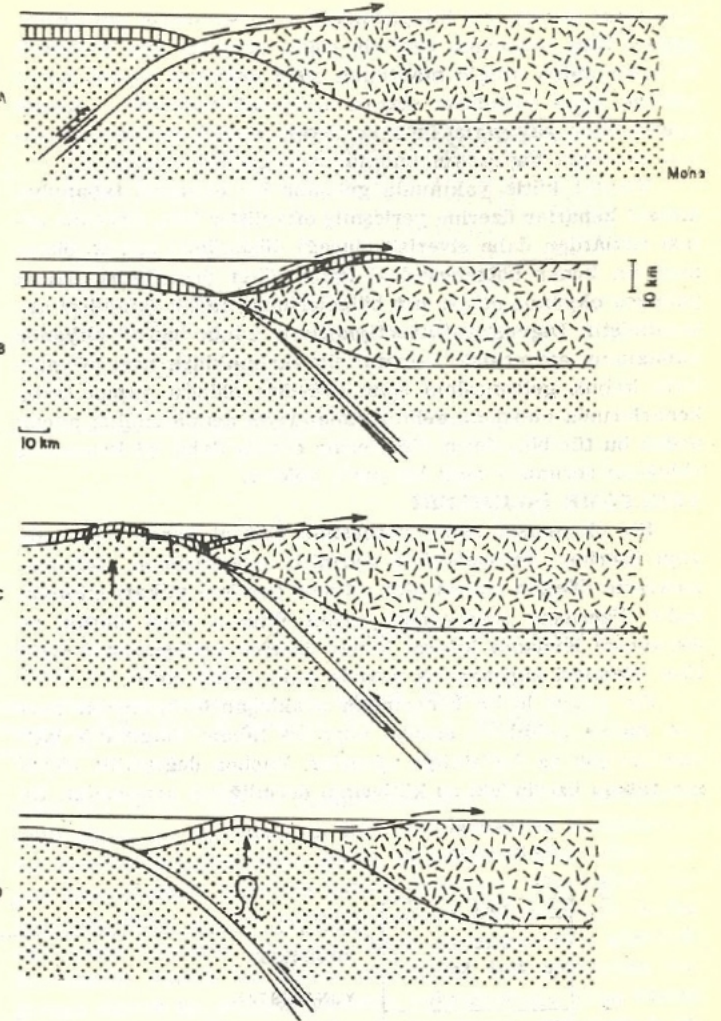
Ofiyolitlerin üstünde yer alan çökel istiflerinin bazıları sistemli fasiyes değişiklikleri göstermektedir. Örneğin Yunanistan'da üst itki levhalarındaki yastık lavların örtüsünü oluşturan pelajik çökeller, daha alttaki levhalardaki yastık lavların örtüsünün bir bölümünü oluşturan kırıntılı çökellerle yaşıttır. Bu kırıntılı çökeller, yaşıt karbonat platformlarının ayınmasından oluşan parçalarla gelişmiştir ki bu karbonat platformları ofiyolitlerin üzerlerine yerleştiği kıtaların kıyıları oluşturmaktaydılar. İtli levhaları ve çökeller kendi aralarında sistemli bir şekilde düzenlenmiş olduklarından, bu ofiyolitlerin eski kıtasal kenarın yanındaki bir kuşaktan türemiş okyanus tabanı parçaları olmaları olasılığı, bunların okyanusun başka bir bölümünden türemiş dilimlenmiş olmaları olasılığından daha fazladır. İtalya'daki Ligurya ofiyolit örtüsünde, Oman'da ki ofiyolit örtüsünde ve olasılıkla Alp-Himalaya bölgesindeki diğer ofiyolit istiflerinde benzer şekilde yanal fasiyes değişiklikleri görülmektedir.

Mesozoik yaşta Alp-Himalaya ofiyolitleriyle yaşıt andezit kalıntılarının bulunmaması bunların meydana geldiği tabanın hemen yakındaki bir okyanus bölgesinde meydana gelen bir yitim zonunun yay gerisi havzalarına ait olmadığını düşündürmektedir. Bunlar daha büyük bir olasılıkla, Kızıldeniz ya da Aden Körfezine benzer küçük okyanusların asismik kenarlarından türemiş parçalara benzemektedirler. Küçük oldukları, aynı zamanda, yerleşmeleriyle ilişkili andezit volkanizmasının genel olarak var olmayışından da düşünülmektedir. Bu gözlem, ancak çok ufak ölçüde okyanusal taşıyuvanın yitildiğini kabule götürmektedir.

Bunun tersine, Newfoundland Paleozoyik ofiyolitlerinin andezit kırıntı bakımından zengin bir çökel örtüsü vardır.

Bu ofiyolitler daha büyük bir olasılıkla, eski, yayılmakta olan okyanusların asismik kenarlarından çok, yaygerisi kalıntılara benzemektedirler.

Ofiyolit yerleşmesindeki işlemler, okyanus tabanının parçalanmasını, bu tabanın manto içine batmasını ya da alta itilmesini; ofiyolitler olarak yerleşecek okyanus tabanının yükselmesini, levhalar biçiminde dilimlenmesini ve kıta ya da ada yayı kenarı üzerine yerleşmesini kapsar. Bu işlemlerin pek çoğu ancak kabaca anlaşılabilir; fakat bu işlemlerin mantoda hidratlaşma tepkimeleri, yerçekimi kaymaları ve/ya da



Şekil 3: Okyanusal kabuğun kıtasal kenar üstüne, ofiyolitler olarak yerleşebileceği dört yol. Tartışma için yazıya bakınız.

tektonik itmeleri, henüz bilinmeyen, diğer işlemlerle birlikte kapsadıkları düşünülmektedir.

Soruna bazı tektonik çözümler Şekil 3'te canlandırılmaktadır. Şekil 3 A kıtaya doğru, kıtanın altına dalma yerine kıtadan açığa doğru dalan bir kayma zonunu göstermektedir. Bu tür kayma zonları günümüzde az olarak bulunmaktadır. Buna olası bir örnek, günümüzde ada yayları altında Pasifik Okyanusu'na doğru dalan bir kayma zonunun var olduğu, Yeni Britanya ve Solomon Adalarında bulunmaktadır. Papua ve Yeni Kaledonya yakınında, olasılıkla aynı şekilde dalan kayma zonları tarafından Tersiyer içinde yerleştirilmiş ofiyolitlerin yaygın yüzeylemeleri bulunmaktadır. Şekil 3 B bir kıtanın altına doğru dalan bir kayma zonunu göstermektedir. Ofiyolitler dalan parçadan kaldırılan ve yukarı doğru kıtasal kenar üzerine itilen uzun ince parçalar biçiminde yorumlanmaktadır. Bu modelde ofiyolit parçaları, hendeğin öte yanına bazı işlemlerle itilmektedir. Bu model Papua ve Mesozoyik yaşta Franciscan ofiyolitlerine uygulanmıştır. Şekil 3C'de, alta dalan parçanın bir bölümü bazı işlemlerle yükseltilir ve malzeme dalan parça üzerinden komşu kıtasal kenara kayar. Bu model Kuzey İtalya'daki Ligurya ofiyolitleri için önerilmiştir. Şekil 3 D kıtasal kenardan biraz uzaktaki bir kayma zonu içinde dalan parçayı göstermektedir. Dalan parça üstündeki mantodaki su alma tepkimeleri serpantin diyapirlerinin yük-

selmesine yol açar. Kayma ve bunu izleyen yatay sıkıştırma, ofiyolitlerin bitişik kıtasal kenar üzerine yerleşmesine yol açar.

Bu model ofiyolitlerin hendeğin öte yanına taşındıkları (Şekil 3 B) modelin mekanik sonuçlarını taşımamaktadır. Modelin ilk aşamaları Trodos masifine uygulanmıştır; sonraki aşamalar Alp-Himalaya ofiyolitlerinin çoğuna uygulanabilir. Her iki durumda yukarıda da belirtildiği gibi, yerleşme ile aynı zamanda gelişmiş andezit volkanizmasının bulunmayışından dolayı çok sınırlı yitim düşünülmektedir.

OFİYOLİTLERİN LEVHA TEKTONİĞİ BAKIMINDAN ÖNEMİ

Eğer ofiyolitler okyanus tabanının artıkları iseler, geçmişin levha tektoniği bakımından yorumunda çok önemli olacaklardır. Ofiyolitler, okyanus tabanı olarak çekme geriliminin egemen olduğu eski levha kenarlarında oluşturulmuşlardır. Sıkıştırmanın egemen olduğu levha kenarları yakınında yerleşmiş oldukları düşünüldüğünden, ofiyolitler o tür kenarların yakınında bulunduğunu belirlerler.

Hangi tür okyanusun, hangi belli ofiyolit tarafından gösterilmekte olduğu sorunu şimdilik, bölgesel jeolojik düzen incelenmeden çözümlenemez. Bu sorun, ofiyolitlerin kapsadıkları otoktonlar ile yapısal ilişkileri ortaya koyan yeterli ölçekteki harita çalışmalarını, ofiyolitlerin ve bunların tortullarının yaşlarının olabildiğince duyarlı olarak belirlenmesini ve bölgenin jeolojik gelişiminin yorumunu gereksindirir.

Bazı durumlarda ofiyolitler kök zonlarının bilinemediği, yatayına serilmiş ince, bölgeye yabancı yaygılar oluştururlar. Newfoundland da başkalaşmış tortullar içinde dik yapraklanma eğimleri bulunduran bölge, olası kök zonu olarak düşünülmektedir. Yapılar, değinilen kökten uzaklaştıkça, dik eğimli kuşak etrafında az çok bakışımı, bölgesel bir yapı oluştur-

maktadır. Mafik ve Ultramafik kayaların (sonradan başkalaşmış) bazı blokları ve fuchsit gibi kromlu bazı mineraller dışında, dik kuşak içinde ilksel ofiyolit hiç bir izi kalmamıştır. Bu gibi zonlara "gizemsel yama yerleri" (cryptic sutures) denebilir. Bazı ofiyolitler kök zonları gerçekten bu gibi bir yapıya sahip olsalar bile, bunların tanınması, büyük tektonik önemine karşın, zor olacaktır. İskoçya dağlıkları gibi, çok fazla biçim bozulması geçirmiş yerlerde, bu gibi zonları tanımak olanaksız olabilir. Bu zonların açık olarak tanınması, en başta dikkatli ve ayrıntılı harita çalışmalarına bağlıdır.

SONUÇLAR VE DİĞER ÇALIŞMALAR

Ofiyolit terimi, ardışıklı yer alan bazik / ultrabazik topluluğu tanımlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu topluluğun yapıcı levha kenarlarında tektono/mağmatik işlemlerle meydana getirilen topluluğu andırmasına rağmen ofiyolit teriminin yalnız tanımlayıcı niteliğine bağlı kalmalıdır.

Bugüne değin üzerinde ayrıntılı olarak çalışılmış ofiyolitlerin çoğu ufak okyanusların ya da kenar denizlerin kabuklarının günümüzde yerinde olmayan bölümleri olarak gözükmektedirler. Büyük bir okyanusa ait ofiyolitlerin inandırıcı bir örneğine rastlanmamıştır. Başlıca okyanusal kabartılardan toplanmış ofiyolit topluluklarının petrografik ve yerkimyasal özellikleri ile ofiyolitli kayalarınkiler arasındaki uyumsuzluklar henüz açıklanamamaktadır. Küçük okyanuslardaki ufak yapıcı kenarlar için de daha çok veri gerekmektedir.

Birçok varsayımlara rağmen, ofiyolitlerin kıtasal kenarlar üzerine yerleşmeleri açık olarak anlaşılammıştır. Ofiyolitler dağ oluşunun ilk aşamalarında, bir yitim zonu daha tam olarak gelişmeden yerleşmiş görünümündedir. Bu say, çoğu ofiyolitlerin okyanus kenarlarında oluştuğunu gösteren çalışmalarla desteklenmektedir.

