YAPI

- DETAYLI HARİTALANABİLEN BÜTÜN OFİYOLİTİK YASTIK LAVLARIN KÜTLESİNİN TABULAR ŞEKİLLİ OLDUĞU GÖZLENMİŞTİR. (WİLSON,1959; BEAR,1960; GLENNİE ET AL,1974)

- PELAJİK SEDİMANLARIN, VOLKANİZMADA KESİKLİLİK OLDUĞUNU GÖSTERDİĞİ YERLER HARİÇ, AKINTILARI TEK TEK TESBİT ETMEK MÜMKÜN DEĞİLDİR.(ROBERTSON,1975)

- YASTIK LAVLARIN KALINLIĞI 0.3-0.6 KM ARASINDA DEĞİŞKENLİK GÖSTERİR, FAKAT PAPUA'DA 4-6 KM KALINLIKTA BULUNMUŞLARDIR VE ORTALAMA KALINLIKLARI 1 KM KADARDIR. (MOORES AND JACKSON,1974)

- Toroslar’da iki farklı kimyasal karaktere sahip yastık lavlar belirlenmiş ve bunların iki farklı volkanizmaya ait olduğu düşünülmüştür. **(Gass and Snowing,1973; Pearce,1975)**
- Yastık lavlar arasında dayklar, siller ve bazen düzensiz kütleler halinde plütonik kayaçlar bulunmaktadır.
- Aglomeralar, breşler ve tüfleşmiş birimler pek yaygın değildir.
- Yastık lavlar arasında camsı klastikler oluşabilir ve düzensiz karbonat ve çört kütleleri genellikle yastık lavları arasındaki boşlukları doldururlar.
- Normal şartlarda bu yastık lavlar çok sık bir şekilde paketlenmişlerdir ve yastıklar arası matriks materyali oldukça azdır.**(Moore,1975)**

- Yastık lavların tam olarak oluştuğu yerlerin tabanında tabakalı dayk kompleksi bulunmaktadır. İki birimin geçişi tedrici olup, derinlere gittikçe diyabaz daykı artmakta ve yastık lavlar gözükmemektedir.
- Üst kesime doğru ise pelajik sedimanlarla ardalanmalı olarak bulunmaktadır.Kimyasal çökellerin **(Amber-Umbers)** varlığı ise magmatik ekstrüzyonlardan sedimanter rejime geçişi işaret etmektedir.
- Üst ve alt kesimde bulunan bu belirgin şekillerin bilinmesi ofiyolitik kütleden ayrılmış izole blokların yorumlanmasına yardımcı olmaktadır.
- Dağılmış olivin fenokristalleri, nadiren de olsa, hipersten mineral olarak yastık lavlarda bulunabilir.
- Magma differensiyasyonunun keratofirlere kadar ulaştığı durumlarda, plajioklazlar, bazen kayacı oluşturan minerallerin **%80**'i kadar olabilirler ve bu durumda ferromagnezyum mineraller çok az oranda bulunurlar.
- Genel bir deyişle yastık lavların minerolojisi, toleitik bazaltların tipik minerolojisini gösterir ve aşağı yukarı altlarında bulunan ve bu lavlar için besleyici gibi davranan diyabaz daykları ile aynıdır.

JEOKİMYA

- Yastık lavlar, ofiyolitik seri içinde, diğer kaya türlerine oranla en çok ve en kolay taze ve altere numune alınacak kayaç türüdür.

- Karşılaştırma yapabilmek için bölgelere ait birçok kayaç örneği bulunabilir. Ancak jeolojik konum ve jeokimyasal değerler bir arada değerlendirilmezse, yorumlarda çeşitli problemler çıkabilir.

Örneğin;**Miyosiro (1973a**) yayınında, Toros ofiyolitlerinin, **SiO_2,TiO_2,FeO** değerlerini **FeO/MgO** oranı karşısında kullanarak elde ettiği diyagramlar yardımıyla, ada yayı birleşimi olduğunu iddia etmiştir.

Miyosiro'nun makalesinde kimyasal değerlerle jeolojik ilgi kurması karşıt birçok önemli fikrin doğuşuna, oluşumuna sebep olmuştur.

Bu kitabında yazarı olan **Colemann**'a göre de, kimyasal verileri kullanarak petrojenetik bir değerlendirme yapmak mümkündür, ancak bu değerler jeolojik gelişimle beraber değerlendirilmelidir.

- Bu bölümde verilen birçok grafik tartışılacaktır, ancak bütün bu tartışmalarda akılda bulundurulması gereken konu, bu kayaçların hepsinin taze olup olmadığı ve kayacı temsil edip edemeyeceğidir.

- Ofiyolitlere ait yastık lavların kütle analizi, bunların toleitik olduğunu ve normatif olarak hipersten ve kuvarsı bir arada içerdiğini göstermiştir. **(Tablo 7)**

- Bazı durumlarda, ileri derecede differensiyasyon, esas olarak kuvars ve plajioklaz içeren kuvarsca zengin keratofirler üretebilir. Aynı şekildeki bir differensiyasyon trendi diyabaz daykları ve gabronun üst seviyelerinde de gerçekleşebilir.

- Burada özellikle vurgulanması gereken husus, ofiyolitik ortamlardaki volkanik kayaçların çok çeşitlilik göstermesi ve her kompleksin kendine has bir trend göstermesidir.

- Örneğin, Toroslar'da tabanda bulunan yastık lavlar silikaca zengindir. **Miyasiro**'ya göre **(1973a,1975a)** kalk-alkalik veya muhtemelen yerleşim sonrası gelişen metamorfizm sebebiyle modifikasyona uğramıştır. Bunun aksine olarak, üst kısımda bulunan lavlar pikritlerle beraber bulunan olivin içeren bazaltlardır.
- **SiO_2** değerine karşı**, Na_2O+K_2O** değerleri konularak çizilen diyagramlarda, birçok yastık lavın, daha az oranda bulunan ve doygun olmayan bazaltların aksine, toleitik olduğu görülmektedir. **(Şekil 25)**
- Aynı diyagramda, toleitik bazaltın spilitik degrasyonu **(değer kaybı- değişmesi)** orjinal kompozisyonu bir hayli değiştirmekte, böyle altere olmuş bir kayacın kimyası alkali bazalt ile benzerlik göstermektedir. **(Vallance,1974)**

- Bütün bazaltların **Miyosiro** diyagramları üzerine işaretlenmesi magmanın tabiatı ve eğilimi üzerine başka bir tür değerlendirmenin oluşmasını sağlamaktadır.

- Toleitik trend, demir zenginleşmesi ile karakterize edilmektedir, bu muhtemelen olivin ve piroksenlerin ayrılması ve düşük **FeO/MgO** oranı sebebiyledir.

- **FeO/MgO** değeri ile **FeO** değeri kullanılarak çizilen diyagramda, yastık lavların toleitik olduğunu görülmektedir.

- **SiO_2** ve **FeO/MgO** değerleri kullanılarak çizilen diyagramda ise analizler **Miyasiro** diyagramında hem toleitik hem de kalkalkali alanı işgal etmektedir.

- Ancak bu aşırı differensiyasyona uğrayan kayaçlar keratofir olup, esas olarak sodik plajioklaz ve kuvars içermektedir ve ada yayı andezit ve dasitlerine çok benzemektedir**. (Colemann and Peterman,1975)**

Özellikle bu **SiO_2-FeO/MgO** diyagramı, toleitik bazaltlar, ada yayları ve abisal toleitler arasında kesin ve berrak bir ayrıma müsade etmemektedir.Öncelikle, bu kaya tiplerinin toplam kaya kimyaları arasında önemli bir fark yoktur. **(Jaker and Gill,1970; Ewart and Bryan,1972)**

- İkinci olarak yarı denizel bazaltlarda yerleşim sonrası gelişen alterasyon çok geniş ölçüde etkilemiştir. **SiO_2** kazanç ve kaybı, diyagramda önemli değişikliğe yol açmaktadır.

- **TiO_2**'in diğer elementler kadar etkilenmesi sebebiyle **TiO-FeO/MgO** diyagramı karşılaştırma için daha iyi bir bilgi sağlayabilir.

- Az oranda differensiyasyona uğrayan yastık lavlar, fraksiyonelleşme esnasında titanca zenginleşmekte ve toleitik serilere uygunluk göstermektedir. Çok differensiyasyona uğrayan lavlarda ise **TiO_2** düşüşü meydana gelir ve hem toleitik hemde kalk-alkali karakter gösterebilir.

- Birçok differensiyasyona uğramış toleitlerin granofirik kısımları **TiO_2**'ca fakirleşmiştir, zira differensiyasyonun orta safhalarında ilmenomanyetitler kristalleşmişlerdir.

- Yastık lavlardaki **TiO_2** frekans değeri **%0.5-2** arasında değişmektedir ki, bu değer toleitik serilere oranla yastık lavlardaki demir ve titan zenginleşmesinin çok sınırlı olduğunu göstermektedir. **(Şekil 27)**

- Aynı analizlerden elde edilen AFM diyagramları tamamen toleitik trend göstermektedir. **(Şekil 28)** Ayrıca bazı analizler **FeO** ve **Na_2O+K_2O** değerleri göz önüne alınarak kalk alkalik olarak da yorumlanabilir.

- **Na_2O** değerinin eklendiği ve **FeO** değerinin ayrıldığı bazı hidrotermal alterasyonlar da kalk alkalik olarak yorumlanabilir**. (Bischoff and Dickson,1975**)

- Yastık lavlardaki **K_2O** ve **Na_2O** frekans değerleri **TiO_2** frekans tabloları ile karşılaştırıldığında geniş bir çeşitlilik gösterdiği gözlenmektedir. **(Şekil 29)**

- Yarı denizel yastık lavlardaki alterasyonu takip eden hidrotermal metasomatizmin, bu kayaçların alkali değerlerinin değişiminde en önemli faktörlerden biri olduğu görülmüştür.

- **Valence (1974**)'de yaptığı çalışmada toleitik bazaltların dereceli olarak artan oranda alterasyona uğradığında, alkalilerin azaldığını, buna karşılık diğerlerinin zenginleştiği bulunmuştur.

- **Miyasiro (1974a)**'da yaptığı çalışmada ofiyolitleri sınıflandırmaya çalışmış ve **SiO_2,FeO,TiO_2** değerlerine karşılık **FeO/MgO** değerlerini kullanmıştır.

Birinci sınıf, kalkalkalin ve toleitik volkanikler içeren ofiyolitik komplekslerdir. İkinci tip ise, sadece toleitik volkaniklerin mevcudiyeti ile karakterize olmaktadır. Üçüncü tip ise, hem toleitik hemde alkali serileri ihtiva etmektedir. Bu sınıflandırmanın avantajı bir modele dayanmamasıdır.

- En önemli dezavantajı ise ofiyolitik seri içinde en az bulunan ve en çok alterasyona uğramış olan bir birimin kullanılmış olmasıdır.

- Özetle ifade etmek gerekirse, ofiyolitlerde kimyasal parametrelere dayalı herhangi bir sınıflama yapılacaksa, temel yapısal ve stratigrafik ilişkileri göz önüne alınmalıdır. Aksi, daha çok kavram kargaşasına yol açacaktır.

PLAKA TEKTONİĞİ VE OFİYOLİTLER

- Ofiyolitler, okyanus ortası sırtlarında okyanusal kabuk olarak oluşan ve okyanus tabanı yayılımı ile kıta kenarlarına doğru yavaşça yayılan ve manto üzerine bindiren parçalardır.

- Gerçekte ofiyolitlerin kıta kenarlarına yerleşimi önemli bir tartışma konusudur; Fakat birçok Jeolojist, ofiyolitik parçaların allokton olduğunu ve bu gün bulundukları konumdan tamamen farklı bir yerde oluştuklarını kabul etmektedirler**.(Davies,1971; Zimmerman,1972; Dewey, 1974; Coleman and Irwin,1974**)

Bu görüş, ofiyolitlerin ultramafik kısımlarının magmatik bir intrüzyon olduğunu savunan görüş ile tamamen terstir. Bu görüşe göre, ofiyolitler ensialik jeosenklinal oluşumunun erken magmatik fazını temsil etmektedir ve bu sebeple otokton olup, jeosenklinalin sedimanlarıyla **(interlayer)** ardalanmalı olarak tabakalanmış bir haldedir. (**Hess,1938; Kay,1951; Brunn,1961; Aubouin,1965**)

- **1950'li ve 1960'lı** yıllarda ofiyolitlerin detaylı olarak haritalanması, ofiyolitlerin allokton olduğu ve melanjlarla yakın ilişkisini ortaya çıkarmıştır.; **(De,Roever,1957 Gassner,1959; Morton,1959; Coleman,1963,1966; Grancianky,1967; Decundia and Elter,1969)**

- Bugünkü sismik kuşakların, katı plakalar arası tektonik hareket sınırları olduğunun ortaya konulması, bu yerleri temsil etmesi, okyanusal kabuğun kıta kenarına doğru veya kıta üzerine hareketini ortaya koymuştur. (**Coleman,1971; Dewey and Bird,1970)**

- Bu hipotez, yüksek dereceli ultramafik ve mafik kayaçların sedimanlarla birlikte bulunmasını ve her iki birim arasında herhangi bir kontakt metamorfik olay olmamasınıda rahatlıkla açıklanmaktadır.
- Bu hipoteze göre,ofiyolitler okyanusal litosferi temsil etmektedir ve esas olarak birçok magmatik aktivitenin oluştuğu genişleyen büyüyen plaka sınırlarında oluşmaktadır.
- Yayılan sırtlardaki büyümeye müteakip, soğuyan okyanus litosferi, düşük dereceli ayrılmış bir parça olarak kıta kenarındaki sedimentlerin üzerine yerleşir.

- **Christensen ve Salisbury (1975**), denizde çeşitli sismik araştırmalar yapmışlar ve okyanusal kabuğun basit tabakalara ayrıldığını, dolaylı veriler kullanarak göstermişlerdir.

- 200'den fazla sismik derin deniz sondajı kullanılarak elde edilen bu verilere göre okyanusal kabuk 3 belirgin tabakaya ayrılmaktadır.

- **Şekil 2'ye** bakınız**- Şekil 3'e** bakınız.

- En üst tabaka sedimanter tabaka veya **Layer 1 (Tabaka1)** olarak adlandırılmakta olup, değişik ölçülerde sıkışmış sedimanterler içermekte olup yayılım merkezinden uzaklaştıkça magmatik kabuk üzerinde transgresif olarak bulunur.

- Kalınlık kıtasal kabuğun yaşına ve okyanusal ortamdaki sedimanların kalınlığına bağlı olarak. değişir. Ortalama kalınlık **0.3 km** olup sismik hız **(Velocity) Vp,1.5** ile **3.4 km/sn** arasında değişmektedir. (**Shar and Raitt,1969**)

- **Layer 2**, yarı denizel yastık bazaltlardan oluşur ve manyetik özellikleri büyük ölçüde yayılma sırtına paralel oluşan ve lineer bir anomali gösteren bir değerdedir.
- **Layer 2'nin** ortalama kalınlığı **1.39+0.5 km** civarındadır ve ortalama sismik hız **Vp=5.04+0.69 km/s'dır**. (**Christensen and Salisbury,1975**)
- **Layer 2'nin** üst kısmı sondajlarla delinmiş olup, bazaltik karakteri en azından üst kısmı için belirlenmiş durumdadır.
- **Layer 3** ise, bazen okyanusal tabaka olarak adlandırılır ve **4.97+1.25 km** kalınlığındadır ve ortalama sismik hız **6.73+0.19** km/sn kadardır.
- **Layer 3'ten** herhangi bir örnek alımı mümkün olmamıştır. Ancak deniz dibi taraması esnasında bazı parçaların alınmış olması muhtemeldir.
- **Sutton ve arkadaşları (1971**) pasifik okyanusunun çeşitli yerlerinde **Layer 3'ün** tabanında yaklaşık **3 km** kalınlığında ve oldukça yüksek denilebilecek hıza sahip (**7.1-7.7 km/sn)** bir taban tabakasının varlığını belirlemişlerdir.

- **Layer 3'ün** altında, bir başka deyişle Moho kesikliğinin altında sismolojik olarak, genellikle anizotropik kabul edilen manto bulunur ve tüketilmiş peridotitten oluşmaktadır. Yarı katı bir deformasyona uğramıştır.
- **Layer 3'ün** altındaki dalga hızı okyanusal kabuğun kalınlığına ve yaşına bağlı olarak **7.2 ve 8.3 km/sn** arasında değişmektedir.
- Ofiyolitik kayaçların kalınlığı değişken olabilmektedir.
- Karaların üzerinde bulunan ofiyolitlerin sahip olduğu bütün kayaçların okyanus baseninde de bulunuyor olması, bu kayaçların kaynağının okyanusal olduğu konusunda bir başka veridir.

Derin okyanusal pelajik sedimanların uyumsuz bir şekilde ofiyolitlerin üzerindeki yastık lavların üzerinde olması veya onlarla beraber ardalanmalı olarak tabakalanması, ofiyolitlerin allokton olduğuna dair bir başka delildir. Ofiyolitlerin sığ denizel sedimanlarla tektonik bir kontakla ilişkili olmasıda bir başka veridir.

- Günümüzde metal içeren sedimanların okyanusal kabuk üzerinde olması ve benzer şekilde amber **(demir-manganez sedimanlarının)** yastık lavlar içinde küçük ölçeklerde depolanmış olması, bu ofiyolitlerin okyanus ortamı ile bağlantısını gösteren bir başka veridir. **(Corliss,1971; Sponer and Fyte,1973; Bonatti,1975**; **Robertson,1975)**

- Okyanusal kabuk, yayılma merkezi yakınlarında sirkülasyona uğrayan sıcak deniz suyu sebebiyle alterasyona uğrar ve metal içeren sedimanlar bu şekilde oluşabilir. Yastık lavlarla bağlantılı olarak oluşan masif tabakalı sülfit yataklarıda böyle bir hidratermal alterasyonla oluşabilir. Halen Kızıldeniz'de böyle bir oluşum gözlenmektedir**. (Sillitoe,1972,1973; Duke and Hutchison,1974**)

- Okyanusal mafik kayaçların yayılma merkezi etrafında **2-3 km** derinliğe kadar zeolit ve yeşilşist fasiyesinde alterasyona uğradığı, benzer şekilde yastık lavların ve SDD **(tabakalı diyabaz daykları)**'nın benzer bir metamorfizmaya uğradığı birçok ofiyolitte belirlenmiştir. (**Gass and Smewing,1573; Bonatti,1975; Magaritz and Taylor,1976; Bailey and Colemann,1975)**

- Hidrotermal alterasyona uğrayan ofiyolitlerdeki mafik kayaçlarda yapılan duraylı izotop farklılaşması çalışmalarında, okyanus suyunun bu alterasyonda kesinlikle rol oynadığını ve sudaki sülfatı indirgeyerek masif sülfit yataklarının oluşumuna sebep olan sülfürü sağladığı belirlenmiştir. (**Johnson,1972; Heaton and Sheppard,1974; Bachinki,1976)**
- Miyasiro okyanus ortası sırtlarındaki magmatik kayaçlarla ofiyolitlerin kimyasal ve petrolojik olarak farklı olduklarını belirtmektedir. Ancak bu görüş birçok araştırıcı tarafından desteklenmemektedir.
- Tetis ofiyolitlerinde **(bir çoğunda)** sheeted daykların bulunması, buna karşılık pasifik çevresi ofiyolitlerde görünmemesi, **Moures ve Vine (1971**) tarafından teklif edilen ve yayılma mekanizmasının bir dayk sistemine bağlı olduğu fikrinin universal olmadığını göstermektedir.
- Bazı yazarlar, ofiyolitlerin oluşumu ile yerleşimi arasında geçen sürenin kısa olduğunu ifade etmektedirler. (**Abbate et al.,1973; Dewey,1974; Christensen and Salisbury,1975)**

Ofiyolitlerin bindirmesi ile ilgili dar zaman aralığı (**Abbate et al. (1973**) ‘de liste olarak sunulmaktadır. Buna göre Alpler ve Himayalar kuşağındaki ofiyolitler Jura’da oluşup, Üst Kretase’de yerleşmişlerdir.

JEOKİMYA VE PETROJENEZ

- Ofiyolitler magmatik gelişmelerle anlatılabilir, ancak kayaçlarla çok yakın ilişkide olmalarına rağmen çok jenezlidirler. **(Polygenetic)**

- **Ba,K,Rb,Sr,Zn,U,Th** ve nadir toprak elementleri gibi uyumsuz elementler **(incompatible**) ve izotopların sağladığı bilgiler ofiyolitik birimler hakkında bilgi verirler.

- Ofiyolitlerde bulunan elementler fazlalıklar ve izotopik oranlar ve deneysel petroloji ile getirilen sınırlamalar magmatik prosesleri belirlemede veya diğer parametrelere dayalı modelleri elimine etmekte kullanılabilir.

- İz elementlere, izotoplara ve ofiyolitlerin petrojenezine dayalı bilgiler çok fazla değildir.,

- Bu sebeple, bu bölümde takdim edilen materyaller, dikkatle kullanılmalıdır. Zira yeni bulunan bilgiler bu az miktardaki bilgi ile elde edilen sonuçlardan çok farklı olabilir.
- Daha öncede belirtildiği gibi, ofiyolitik birlikler belli gruplara, metamorfik peridotit, mafik ve ultramafik kümülatlar, plajiogranitler ve yastık lavlar gibi gruplara ayrılabilirler.
- Her grubun ayrı bir magmatik proses sonucu oluştuğu düşünüldüğünden iz element miktarları ve izotop değerleri **(oranları)** değişik olmalı ve bu magmatik prosesler tarafından kontrol edilmiş olmalıdır.

İZ ELEMENTLER

- Ofiyolitlere ait ortalama iz element değerlerini ortaya koymak oldukça zordur. Zira şu ana kadar tek bir ofiyolite ait bütün birimleri temsil eden tamam bir iz element ve izotop değerleri yoktur. **Tablo 8**'de sunulan değerler, çeşitli bölgelerdeki, çeşitli kayaçlara ait değerlerin birleştirilmesiyle oluşmuştur.

- Ancak bütün bu eksikliğe rağmen tartışmalara taban oluşturacak bilgileri sunduğuda bir gerçektir.

- Uyumsuz elementler dikkate alındığında, Metamorfik peridotitlerin çok belirgin bir şekilde üzerlerine gelen kümülatlar ve ekstrüziflere oranla boşaltılmış **(eksiltilmiş)** değerler vermektedir.

- Başta **Goles** olmak üzere çeşitli araştırıcıların değişik yerlerde yapılan araştırmaları sonucunda oluşturulan **Tablo 8** incelendiğinde özellikle**, K,Rb,Sr,U ve Zr'un** metamorfik

- Özellikle **K,Th ve U'un** metamorfik peridotitlerdeki çok düşük değerleri sebebiyle, Metamorfik peridotitlerin okyanusal ve kıtasal mantonun önemli bir bileşeni olmadığı sonucu çıkarılabilir. (**Birch,1965; Stueber and Murthy,1966)**

- Ofiyolitlerdeki ekstrüziflere veya kümülatlara ait herhangi bir **U,Th** değeri bulunmamaktadır.Fakat **K,** metamorfik peridotitlerdeki **23ppm**'den, plajiogranit ve ekstrüziflerdeki **3350-4200 ppm** değerlerine kadar artmaktadır.

- Bu düşük **K** değerleri, orta-Atlantik sırtı Abisal bazaltlarındaki ortalama **2158 ppm** değerine çok benzemektedir. Fakat bu değerler, toleitik bazaltlar için verilen ortalama **5810 ppm** değerinden düşüktür.

- **Ni,Co ve Cr** metamorfik peridotitlerde çok zengindir. Kümülatlar ve ekstrüziflerde nisbeten çok azalan değerlerdedir, plajiogranitlerde ise yok mertebesindedir

- Kümülatlar içindeki **Cr** değeri bazen metamorfik peridotitler içindeki **Cr** değerine ulaşabilir.

- **Ni ve Co** değeri ise, doğrudan doğruya kayaçtaki olivin ve piroksen miktarına bağlıdır.

- Kümülatlar ve ekstrüzifler ile karşılaştırıldığında, **V ve Ti** değerleri ise Metamorfik peridotitlerde çok az orandadır.
- Plajiogranitlerdeki **V** değeri ise Metamorfik peridotitlerdeki ile aynı seviyededir.

- Bunun anlamı **V ve Ti'ın** bazaltlarda ve diyabazlardaki titanomanyetit kristalizasyonu esnasında konsantre olmasıdır.

- **Zr** değerleri ise metamorfik peridotitlerdeki **5 ppm** değerinden, plajiogranitlerdeki **70 ppm** değerine doğru artmaktadır.

- **Cu** değerleri ise, metamorfik peridotitlerde ve plajiogranitlerde yok mertebesindedir.

- Ofiyolitik kayaçların hiç bir tipindeki bakır değeri, toleitik bazaltlardaki bakır değerine ulaşamamaktadır. Bu bize birincil magmanın bakırca çok fakir olduğunu veya sonradan gelişen hidrotermel bir alterasyonun bakırı ayırdığını anlatmaktadır.

- Daha önceden belirtildiği gibi ekstrüzif kayaçları geniş bir alanda etkileyen düşük dereceli hidrotermal metamorfizma bu bakır azalmasına sebep olmuş olabilir.

- Bunu deneysel olarak gösteren **Bischoff ve Dickson (1975**)'de yaptıkları çalışmada, deniz suyunun bazaltlarla **200' Cde** reaksiyonu sonucu oluşan akışkanda **Fe,Mn,Cu ve Ni** zenginleşmesi tesbit etmişlerdir.

- Benzer şekilde şiddetli hidrotermal alterasyonun iz elementlerde de çok azalmaya sebebiyet verdiği söylenebilir.

- Ofiyolitlerde, nötron aktivasyon veya kütle spektrometresiyle rutin olarak analiz edilen nadir toprak elementleri de bu konuda ekstra bilgiler sağlamaktadır.

- **Şekil 30 ve Tablo 9**

- Birçok araştırıcıya göre nadir toprak elementleri alterasyona karşı daha dayanıklıdır, dolayısıyla analiz esnasındaki miktarları magmatik orijinleri hakkında aydınlatıcı bilgi verebilir. (**Subisaki et al.,1972; Montigny, et al.,1973;Kay and Senechal,1976)**

- Nadir toprak elementlerinde karşılaştırma yapabilmek için kondritik meteoritlerde bulunan değerlerle normalleştirme yapılmalı, sonra karşılaştırılmalıdır. Bunu yapabilmek için ilgili elementin bulunan değeri kondritdeki değerle normalleştirilir, bu değerde atom numarası sırasına göre dizilen elementler x eksenine konularak diyagram çizilir. Diyagramlara bakılarak yorum yapılır. **(Şekil 31)**

- Volkanik kayaçların Abisal toleitlerle aynı patterni gösterdiği ve bir miktar fazla değere sahip olduğu görülmektedir. Sadece **Ce** da bir azalma, **Ba ve La'da** ise bir artma söz konusudur.

- Üst seviyelere ait gabrolar aynı patterni takip etmekle beraber, bütün elementler bakımından daha az değerdedir, hatta hafif nadir toprak elementleri bakımından daha az fakirleşmiş bir haldedir.

- Küçük ölçüdeki **Eu** anomalisi kümülat plajioklaslardaki **Eu'un Ca** içindeki yerdeğiştirme ile oluşan zenginleşmesine bağlanabilir.

- Benzer şekilde daha çok kalsik plajioklasların oluştuğu ve magmayı **Eu** bakımından fakirleştirdiği mafik kümülat gabrolar için de söylenebilir.

- Mafik kümüla gabrolardaki hafif nadir toprak element miktarının kondritlerdeki miktarlara oranla çok düşük olduğu görülmektedir. Ağır nadir toprak elementleri açısından ise kondritlerdeki değerlere yakın bir seviye göstermektedirler.

- Bunların aksine plajiogranitler ise, bütün nadir toprak elementleri açısından, ofiyolitdeki değer magmatik birimlere oranla zenginleşmiş durumdadır. Bunun tek istisnası **Eu** miktarıdır. Magmatik fraksiyonel kristalleşme esnasında kalsik plajioklasların **Eu**'u tüketmesi ve artık **(relikt)** magmanın **Eu**'ca fakirleşmesi sebebiyle, **Eu** 'u tüketmesi ve artık magmanın **Eu**'ca fakirleşmesi sebebiyle **Eu** değeri negatif bir anomali vermektedir.

- **Şekil 32'de** plajiogranitlere, Prekambriyen tonalitlere ve granofirlere ait nadir toprak elementleri patternleri görülmektedir.

- Ağır nadir toprak elementlerinin Prekambriyen tonalitlerinde çok fazla miktarda azalması, Eklojit ve Amfibolitlerden oluşan mantonun derinlerde erimesini temsil etmektedir.

- Tersine olarak Toros kompleksine ait ağır nadir toprak elementleri zenginleşmiştir ve belirgin bir negatif Eu değerine sahiptir ve bu pattern sığ derinliklerde toleitik bir magmanın differensiyasyon ile gelişen granofirlerin patternine uygunluk göstermekte-benzemektedir.

- Ofiyolitlere ait kümülat ve ekstrüsif kısımların REE patterni bu kayaçların aynı magmaya ait oldukları konusunda inandırıcı bilgi sağlamaktadır ve bunlar orijinal magmanın **%10,50,80'i** kadardırlar.
- Metamorfik peridotitler REE bakımından çok tüketilmiş bir durumdadır, böyle bir magmadan bazaltik kısmi bir ergime ile benzer REE konsantrasyonuna sahip kümülatların ve ekstrüziflerin oluşması mümkün değildir.
- REE bilgileri, bize bu metamorfik peridotitlerin tüketilmemiş birincil mantonun kısmi ergimesi sonucu olan bir parça olması gerektiğini göstermektedir. Manto ayrıca bazaltik okyanusal kabuğu da oluşturmuştur.
- Ofiyolitlerdeki iz elementler ile okyanusal bazaltlardaki iz elementlerin karşılaştırılması, ofiyolitler içindeki magmatik kayaçların okyanus ortası yayılım ekseni üzerinde oluşmuş fikrini güçlendirmektedir.
- Okyanus ortası sırtlardaki bazaltların REE patternlerinin ofiyolitik ekstrüsiflerle çok benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. (**Montigny et al.,1973; Kay and Senechal,1976) (Bak Şekil 31)**

- Fakat yinede, ofiyolitlere ait REE patternlerini, küçük okyanus tabanında oluşmuş bazaltların veya adayayı toleitlerinin REE patternlerinden ayırmak da çok kolay değildir. (**Jakes and Gill,1970**)

- Bazı çalışmacılar, **Ti,Zr ve Y** miktarının bazaltın oluştuğu tektonik yerleşimleri karakterize ettiklerini belirtmektedirler. **(Pearce and Cann,1971,1973; Pezrel,1975**)

- Basit mantık ve kabul, REE gibi elementlerin günlenme veya düşük alterasyon esnasında hareketler olmadıklarına dayanmaktadır. Bu sebeple REE bazaltik magma için iz olarak kullanılabilir.

- **Pearce, Ti-Zr-Y ve Ti-Zr'den** faydalanarak, okyanus tabanı bazaltları, adayayı bazaltları ve kalkalkali bazaltlar için belli bölgelerin oluştuğunu belirlemiştir. **(Şekil 35A ve B)**

- Bu şekillerin incelenmesinden, bazı karışıklıkların olduğu ve bazı kayaçlara ait bölgelerin birbirleri üzerine çakıştığı, özellikle ada-yayı toleitleri ile okyanus tabanı bazaltlarının kolaylıkla ayrılamadığı görülecektir.

- **Ti ve Zr** değerinin ofiyolitin değişik bölgelerinde, differensiyasyon derecesine bağlı olarak değiştiği görülmektedir.Bu sebeple diğer bazaltlarla karşılaştırma yapabilmek ve bu diyagramları kullanabilmek, uygulayabilmek için, ofiyolitin volkanik kısımlarının en az differasyasyona uğramış kısımlarını seçmek esastır.

SERPANTİNLEŞME

- Peridotitlerin serpantinleşmesi su ile magmatik minerallerin reaksiyonu sonucudur.
- Serpantin minerolojik olarak Lizardit, klinokrizotil, antigorit ve çok az oranda brusit,talk,magnetit ve karbonat ihtiva eder.
- Krizotil genellikle lifsi şekillidir, Lizardit ve antigorit ise genelde plaka-lathlike şekilli oluşur.
- D.T.A. analizleri antigoritlerin Lizardit ve Krizotillere oranla çok daha yüksek sıcaklıklarda duraylı olduğunu göstermiştir.

Lizardit ve krizotil yaklaşık **350C** civarında oluşmaktadır, buna karşılık antigorit ise **350C** üzerinde bile duraylı haldedir.Bu sebeple serpantin mineralinin tanımlanması serpantinleşme şartlarını **(P,T)** göstermesi açısından çok önemlidir.

- Dunit, harzburjit ve lerzolitin serpantinleşmesi için sadece su yeterlidir.

- Küçük ultramafik kütlelerin serpantinleşmesi veya yüksek dereceli metamorfizmaya uğraması esnasında **CO_2 veya SiO_2'ye** sahip olması ve **SiO_2**'nin ultramafik kütleyi sınırlarından itibaren işgal etmesiyle talk, klorit ile karbonatları oluşturması olağan dışı değildir.

- Olivin ve ortopiroksenin birbirlerine oranı **1:1** olduğunda, sadece su eklenmesiyle serpantin oluşabilir.

$$Mg_2SiO_4 + MgSiO_3 + 2H_2O _____ Mg_3Si_2O_5(OH)_4$$

Olivin OP Serpantinit

- Düşük **MgO/SiO_2** oranı Lerzolitler içinde karakteristiktir.Ancak Lerzolitlerin serpantinitleşmesiyle Brusitler oluşmaz, eğer oluşmuş ise **O/OP** oranı **1**'den büyük demektir.

- Denizel serpantinitlerin sebebi hidrotermal ısıtma-getirim ile şekillendirilen denizel suları olduğu belirlenmiştir. Ancak büyük ölçüdeki serpantinitleşmenin meteorik sularla kıta kenarlarında gerçekleştiği de bilinmektedir.

- Peridotitlerin.yoğunluğu **3.3** iken serpantinitlerin **2.55** olduğu, ayrıca bu kayaçlardaki basınçla oluşturulan hızın **8 km/sn'den 5km/sn'yeye** düştüğü belirlenmiştir.

- Ofiyolitik ortamda serpantinleşmenin üç ortamda özellikle bulunmaktadır.

  1- Okyanusal ortamlarda özellikle transform fayları boyunca

  2- Ofiyolitlerin kıta kenarlarına taşınması esnasında

  3- Bölgesel metamorfizma esnasında

- Yapılan izotop çalışmalarında kullanılan suyun devam eden bir process şeklinde, meteorik, okyanusal veya metamorfik su olduğu bilinmektedir.

- Serpantinleşme esnasında ortaya çıkan manyetit serpantinlerdeki magnetic susseptibility özelliğinin artışına sebep olur. Artışın **500 gama** olduğu belirlenmiştir.

- Serpantinleşme olivin ve piroksen grubu minerallerin serpantin grubu minerallere altere olmasıdır.

- Her üçününde formülü **$Mg_6Si_4O_{10}(OH)_8$** olup, farklılıkları atomik yapılarındadır.

- Serpantinleşme düşük derecede gelişen bir olaydır. **1000 bar'a** kadar bir basınç altında **ve 500C** altında olivinin su ile reaksiyonu ile oluşur.

- Serpantinleşme şartlarını belirlemek için yapılan en iyi çalışma oksijen ve hidrojen izotopları ile yapılan çalışmalardır.

- Serpantin ve Manyetit arasındaki oksijen izotop farklılaşması Atlantik ortasındaki sırtlarda antigoritler için denge derecesinin **235C** olduğunu göstermektedir.

- Aynı durum,Kıtasal serpantinitler için **220C-400C** (**Antigorit**)

Okyanusal serpantinitler için (**Lizardit-Krizotil**) **130-185C**

Kıtasal Lizardit ve Krizotiller için **85-115C**

- Yapılan çalışmalarda antigoritlerin yeşilşist fasiyesi şartlarında oluştuğunu, buna karşılık krizotil ve lizarditlerin düşük sıcaklıktaki hidrotermal aktivitelerle oluştuğunu göstermiştir.

- Okyanusal serpantinitlerin kıtasal serpantinıtlere oranla yüksek **D** ve düşük **O^{18}** değerine sahip olduğu belirlenmiştir.

- Bu durumun yarıdenizel serpantinitleşmenin ısıtılmış deniz suları ile oluşmasından buna karşılık kontinental serpantinitleşmenin ısıtılmış meteorik yeraltı sularının etkisinden kaynaklanmasından oluştuğu savunulmaktadır.

Karibiyen ve Batı Amerika peridotitlerinin **δD** farklılığı (**Wenner and Taylor 1974**)

STRONSİYUM İZOTOPLARI

- Stronsiyum izotoplarının ofiyolitler üzerine uygulanması ile iki tür çalışma yapılabilir.

- İlk bilgiler Metamorfik peridotitlerden toplanmıştır ve üst mantonun daha iyi anlaşılmasına yönelik bir çalışmadır. (**Roe,1964; Stueber and Murthy,1969; Stueber,1969)**

- Bu örneklerden birçoğuna ait dökümanlar oldukça yetersizdir. Bu sebeple bunların değerlendirilmesiyle bir sonuç çıkarılması oldukça zordur. **(Faure and Powell,1972,p72)**

- Diğer bir yaklaşım ise ofiyolitlere ait ekstrüsiflerin stronsiyum bakımından gelişmelerinin incelenmesi ve bunların modern okyanus bazaltları ile karşılaştırılması esasına dayanmaktadır. (**Bonatti et al.,1970; Montigny et al.,1970; Peterman et al.,1971; Coleman and Peterman,1976**)

- Bu iki yaklaşım sebebiyle her iki gruba ait Stronsiyum **değerlerini ifade eden bir ofiyolitik komplekse ait bir çalışma henüz yayınlanmamıştır.(!)**

- **Tablo 11'de** gösterilen çalışma ise bir çok araştırmaya ait değişik parçaların bir araya getirilmesi ile oluşturulmuştur. (**Tablo 11**)

- Metamorfik peridotitler son derece az **Rb (0.18ppm) ve Sr (3ppm**) değerine sahiptir, bu sebeple **S^{87}/S^{86}** oranını tesbit etmek oldukça güçtür.

- Serpantinizasyon sırasında veya dışardan gelen akışkanlar tarafından oluşturulan metamorfizma sebebiyle de kayaçtaki bu düşük **Sr** değerlik çok kolay etkilenir. (**Faure and Powel,1972)**

- Metamorfik peridotitlerdeki **S^{87}/S^{86}** değeri sırasında değişmektedir ki, mantodaki değer düşünüldüğünde bu oldukça yüksek bir değerdir.

- Kümülat gabroları ortalama olarak **1.9 ppm Rb ve 80 ppm Sr** içerirler, bu değerler diyabaz dayklarında **(SDD) 5 ppm Rb ile 121 ppm Sr** değerine ulaşırki, bu çok belirgin bir şekilde altlarda bulunan metamorfik peridotitlerden fazladır.

- **Sr^{87}/Sr^{86}** oranı kümülatlarda ve ektrüsiflerde **0.7040 ile 0.7065** arasında değişmektedir. Bu değer okyanusal bazaltlar ile benzer bir değerdir, fakat her durumda okyanus sırtı bazaltlardan fazladır.

- Ofiyolitler içindeki plajiogranitlere ait **Sr^{87}/Sr^{86}** değerleri, kümülatlara ve ekstrüziflere oldukça benzemektedir.

- Metamorfik peridotitlerdeki **Sr^{87}/Sr^{86}** değeri kümülatlardan, ekstrüziflerden veya derin okyanuslardaki herhangi bir kayaca ait değerden daha fazladır. (**Şekil 36**) Hatta bu değer kıtasal bazaltlara ait başlangıç değerinden ve birçok silisce zengin magmatik kayaca ait değerden fazladır.

- Eldeki bu değerlerin doğru başlangıç değerlerini gösterdiğini kabul edersek metamorfik peridotitlerle üstlerine gelen kümülatların ve ekstrüziflerin herhangi bir jenetik bağının olmaması gerekir.

- Dolayısıyla tek başına bu Stronsiyum değerleri dahi, ofiyolitik birliğe ait kayaçların değişik jenezlere ait olduğuna dair bağımsız bir veri sunmaktadır.

- Metamorfik peridotitlerin hatasız tarihçesi kendilerini kümülatlardan ve ekstrüziflerden ayırmaktadır.

Eğer metamorfik peridotitlr kısmi ergimenin bir artık parçasını temsil ediyorsa, ki onların tüketilmiş malzemeden oluşmaları bunu göstermektedir, o zaman bu Stronsiyun oranlarının mantonun eski zamanlarında en azından bir milyon yıl önce olmuş olmasını gerektirmektedir. (**Faure and Powell,1972) (Şekil 37)**

- Bu sınırlamalar iz elementlere ve izotoplara dayalı olarak yapılmıştır. Dolayısıyla ofiyolitlerdeki kümülatları ve ekstrüzifleri oluşturan magmanın kaynağı, tabanlarında bulunan metamorfik peridotitler olamaz.

- Ultramafik ksenolitlerle ve bunları çevreleyen volkanik kayaçlardaki iz elementler ve izotopik duraysızlıklar **(uyumsuzluklar**), mantoda büyük bir alanda ofiyolitlerdeki metamorfik peridotitlerle benzer geçmişe işaret etmektedir.

- Bu sebeple eski ofiyolitlerin tabanını oluşturan metamorfik peridotitler, mantoda çok önceleri oluşan erimeyi ve manto artığını temsil etmektedir.