

LEVHA TEKTONİĞİ VE ADA YAYLARI*

Çeviren : Ali DİNÇEL

MTA Genel Müdürlüğü, Araştırma Planlama ve Koordinasyon. Dairesi, ANKARA

ÖZ ; 1960 ların sonunda hızla gelişen levha, tektoniği kavramı ada yaylarının anlaşılmasını olanaklı kılmıştır. Bu tarihten önce, konuyla ilgili kavramlar yavaş yerleşmiş, özellikle Amerika Birleşik. Devletlerinde karşıt görüşlü yer bilim anlayışı tarafından engellenmiştir..

Ada yaylarının volkanik kuşakları,, y itilen levhaların yaklaşık 100 km üstünde oluşurlar,. Yakınsayan levha sınırları zamana bağlı olarak karmaşık bir şekilde gelişirler ve büyük ölçüde uzunlukları, boyunca, değişirler. Depremsellik, daldıklarından daha dik bir- şekilde batan ve ilerleyen üst levhalar tarafından ezilen dilimlerin yörgünelerini değil ama durumlarını belirler. Yitim, içi duraylı bir levhanın belli bir zamanda yalnızca bir kenarının altında meydana gelir. Yüzeysel bir eklenir kamanın arkasındaki, ezilen, levhadaki egemen rejim,, • çarpışmanın olduğu, yer hariç yayımlıdır. Yay ardı havzası litosferi, uzayan ve kendi kavislerini arttıran, göçen ada yaylarının arkasında -veya onlar' tarafından oluşturulur. Bir çarpışma iki aktif yayı karşılaştırır.. Bu durumda, araya gelen litosfer,» ya her ikisinin,, ya da bir aktif kenarın yahut bir pasif kenarın altında batar. Gene! olarak her tip çarpışmayı, kümenin dışındaki yeni bir hendek (trench) den gelen hafif kabuğun bileşik kütesinin altındaki yeni yitimin kırılması izler,, Buna karşılık, yeni. bir yitim sistemi yaygın, olarak çarpışma, ürünüdür,. Yay ardı havzası kabuğunun bir şeridi bir çok durumlarda, yeni hendeğin önünde kümeye, bağlanmak üzere ayrılır ve ön kenarı kendi altında doldurulan melanj olarak, yükseltelen,, bir yay Önü havzası için. temele dönüşür.

Hendeklerdeki çökeltme hakim, bir şekilde uzunlamasına ve uzak kaynaklardan, olabilir« Eklenir kamalar dinamikdir, bu kamalar tektonik eklenmelerle her- iki uçta 've dipte oluşan kalınlaşmalarla ve ileriye doğru, gravite .almalarıyla oluşan incelmelerle meydana gelirler; melanj ise büyük ölçüde, tektonik üst üste gelmeler ve akıntı sürüklenmeleri şeklindeki zıt işlemlerin ürünüdür, denizaltı kaymalarıyla ilgili değildir. Yüksek basınç metamorfik kayaları, üst üste levhaların önündeki kamalar içinde değil, bu levhaların altında oluşurlar.

Yay mağmaları, litosferin, gelişen bileşimi ile uyumlu olarak, değişen ve litosfer içinde yükselen malzemeleri çokça birleştirir,. Yay kabuğu,, intrüzif kayalar ve termal genişlemelerle jeantiklinal şeklinde kabarr,. Denizaltı ada yayı volkanik, kayaları deniz suyu ile olan hidrotennal reaksiyon sonucunda sodyum zenginleşmesi ve kalsiyum tükenmesi nedeniyle geniş ölçüde, spilitleşirler. Olgunlaşmış ada. yaylarının, alt kabuğu,, mafik, ortaç ve felsik-orta bileşimindeki granülit fasiyesi kayalarından ibarettir,. Mohorovicic süreksizliği başlıca ultramafik bileşiminde çok miktardaki kayaların kristalleşmelerinin yüzeysel limitini temsil eden bir yapıcı sınırdır.

GİRİŞ

Yay sistemleri, kıtasal,, geçiş veya okyanusa! nitelikte olabilen üst üste- gelen levhaların altında,, batan okyanusal levhalarda gelişirler, Pekçok tekçe yay, değişik kabuk tipleri ile karşılaşsalar bile. devamlıdırlar. Kıtasal ve okyanusal yaylar ise bir devamlılık, içindedir ve beraberce gözden geçirilmelidir,. Yaylar sabit durumdaki sistemler değildirler,. Hızlı ve karmaşık şekilde gelişir ve değişirler,. Tek bir devamlı yayın farklı kısımları bile büyük oranda farklı tarihçe ve özelliklere sahip olabilirler. Yaylar genel olarak diğer yaylar ve hafif kabuksal kütleler arasındaki, çarpışmalarda, sonucu, tersine çeviren yitimler tarafından açılırlar ve çarpışma tarihçeleri gidişleri boyunca oldukça değişir. Yayların okyanusal kesimleri zaman içinde göç ederler ve uzarlar, Devamlı bir yayın bir kesimi, önmiyonlarca yıl sonra başka bir kesimden açılabilir.

Böyle özellikler pekçok modern yay sistemleriyle açıklanabilmektedir. Daha sonraki tartışmada başlıca örnekler olarak Endonezya-Gtiney Filipin-Batı Malezya bölgesi yaylan kullanılacaktır,. Bu tercih hem en iyi bildiğimiz yer olması, hem. de modern, değişiklikler ve karmaşıklıklar açısından en büyük özellikler taşıması medeniye yapılmıştır.

Bu makalenin birinci bölümünde, 1970'de ada yayları fikrinin doğmasını mümkün kılan hareketlilik kavramının gelişmesi, yeniden gözden geçirilecektir. Deneyimden elde edilenler, hem okyanusal özellikler hem de kıtalara eklenen topluluklar olarak ada yaylanılın karakterlerinin, ve davranışlarının bir özetidir.

KAVRAMLARIN GELİŞMESİ

Bugün kabul edilmiş olan basit ada yaylan fikrinin gelişmesi,. 1960'lardan Önce yer bilimleri toplumlarının çoğunda,, özellikle Amerika Birleşik. Devletleri'nde büyük ölçekli, yanal hareketlilik konusunda oldukça yavaş ve kararsız şekilde oluyordu. Burada vurgulanan yavaş gelişme,, Amerika Jeoloji Kurumunun (GSA) yayınlarında yer alan ve kıtaların kayması lehinde düşünen bir jeolog olarak kendi görüşlerimi ve deneylerimi de kapsamaktadır. Menard (1968.) mükemmel, bir katılımcı görüş olarak.'4960'lardaki deniz jeofiziği verilerinden hareketle deniz tabanı yayılması ve dolayısıyla levha tektoniği hakkındaki kavramların gelişimini sunmuştur,. Glen (1982),, bu evrimdeki anahtar bileşeni sağlayan paleomanyetik zaman skalasının gelişimini açıklamıştır.

* Geological Society of America Bulletin adlı derginin 1988 yılında yayımlanan 100. sayısında, W.B; Hamilton tarafından yazılan ve 1503-1527 sayfalar arasında basılan "Plaic tectonics and island arcs" adlı makaleden, tercüme edilmiştir.

Hareketçiler ve Sabittiler

Kıtaların sürüklenmesi teorisi, ile ilgili ilk önemli, öneri Frank; Taylor'un (1910) GSA bülteninde yayınlanan makalesidir, Taylor Atlantik Ortası Sırtından ve Arktik, Okyanusu'ndan uzağa kayarak sürüklenen Atlantik ve kuzey kıtalarının önünde lavnlanmakta olan "Tethyan" ve "Pasifiği Dolaşan" orojenik 'kuşakları önermiştir;. Hendekler bunların üzerine, ters fayla, gelen yayların ağırlığı ile sıkıştırılırlar.. Güney Âlaska'daki tektonik gidişlerinin 90° lik sapması (Carey'in daha sonraki terminolojisine göre) bir "oroklin"di. Nares Daralması" bir doğrultu almımlı, faydır. Kanada yayı bölgesinin geometrisi ise, Groenland, Baffin» Arktik Adaları ve. Kanada anakarasının ayrı levhalar olarak hareket etmesini gerektirir. Taylor C(1860-1938), Büyük Göller bölgesinin Pleyistosen jeolojisi hakkında, pekçok makale yayınlamıştır ve yayılan bu.z kütleleriyle benzerlik kurarak, kıta sürüklenmesi kavramına, yönelen., görüşlerin güçlenmesini .sağlamıştır.

Levha tektoniği yolundaki bazı ana çalışmalar 1960 öncesinde, Amerika Birleşik Devletleri dışında görülmektedir. Meteorolog Alfred Wegener (1915 ve sonraki revizyon çalışmalarında), Gondwana kıtalarının paleoklimatik ve paleontolojik özelliklerinin gerektirdiği, y .any ana gelme durumlarını tanımlamış ve okyanusların yoğunluğu fazla, olan malzeme tarafından örtüldüğü sonucuna varmıştır. Emile Argand (1924) kıtaların içindeki orojenik kuşakların kıta çarpışmalarının ürünü olduğunu görmüştür. Deniz tabanı yayılmasını ve yitimini sınırlı olarak kavramış olan Argand, ada yaylarını göç eden kıvrımlanmış kütleler olarak düşünmüştür. Aynı zamanda Argand, Kuzey Atlantik Okyanusu'nun çarpışma ile Appalachian ve Caledonid'leri oluşturarak Paleozoyik esnasında kapandığını., sonraları tekrar açıldığını -varsaymış vé erken okyanus için "Proto-Atlantik Okyanusu" terimini kullanmıştır (Wilson, 1966, hatalı olarak bu kavramı kırk yıl sonra başvurmuştur..) Arthur Holmes (1,931 ve diğer makaleleri) sürüklenme- için diğer jeolojik, kanıtları, da eklemiştir.. Bu. modelin açıkça belirle.nmesin.den 30 yıl önce sürüklenmenin nedeni olarak, yayılan, okyanus havzalarının altındaki yükselen ve iraksayan, mantonun konveksiyon akımlarını ve göç eden hendeklerdeki iraksama, ve batmayı göstermiştir. A.L.Du Toit (1937) Gondwana. kıtaları arasındaki jeolojik bağlantıların çözümünü sistematize etmiş ve büyük, ölçüde açıklamıştır. S.W. Carey (1959) hernekadar genişleyen bir dünya kavramı içinde bocalamışsa da pekçok görüşü doğru olarak, kanıtlayan hareketli kıtalar- tektoniğinin global bir analizini yayımlamıştır,-..

Clegg, Almond ve Stubbs (Clegg ve diğerleri 1954) Triyas tabakalarında ölçtükleri manyetikleşme yönlerini,, Britanya'nın Jüyas sonrası dönmesi ve enlemsel değişiminin kanıtları olarak önermişlerdir-., Hemen sonra diğer İngilizler (Créer ve diğerleri-1957, Runcorn, 1959 .gibi) ve başka gruplar sürüklenmenin güçlü kanıtları olarak, vurguladıkları kıtasal paleomanyetik verileri sunmuşlardır. Cox ve Doell (1960), GSA. bülteni için global paleomanyetik verileri yeniden gözden geçirmişler» sabitçilik yönünde, açıklamalar getirme amacıyla, olmalarına rağmen,, elde ettikleri pekçok kanıtlarla, birkaç yıl içinde,, sürüklenmenin sorumlusu durumuna gelmişlerdir. Paleomanyetik verileri sürüklenme lehine kullanan çağdaş ve kapsamlı bir sentez (Deutsch, 1963; yazılışı 1960'), Arthur Mullan tarafından. düzenlenen ve sürüklenme lehinde düşünenlerin

de çağrıldığı ender sempozyumlardan birinde, yayınlanmıştır. O sıralar bu yönde yazan ve bildiri verenlerin, az, sayıda olmalarına rağmen,, paleomanyetik enlemler, paleoklimatik ve paleocoğrafik verilerden elde edilenlerle bağdaştırılmış ve tamamlayıcı veriler sadece kıtasal sürüklenmeye- değil, çarpışan daha az sayıdaki kıtaların arasındaki orojenik, kuşaklarla, kıtaların kümelenmesine de yaygınlaştırılmıştır (Böyle bir ilişkinin sınırlı ve modern bir şekilde yeniden gözden geçirilmesi Vander Voo tarafından yapılmıştır., 1988). Opdyke ve Runcorn (1960).Amerika Birleşik Devletlerinin batısında, Geç Paleozoyik' teki Paleo-rüzgar yönlerinin, Paleomanyetik enlemlerden tahmin edilen alize rüzgarlarının yönlenmelerine uyduğunu tartışmışlardır.

1969'dan önce, sabitçilik dönemlerinde,, Kuzey Amerika'nın çeşitli bölümlerinin jeolojisini açıklayan makalelerle dolu GSA yayınlarına hareketçilik (mobilizm) maalesef yavaş yavaş gelmiştir. Gutenberg (1,936) Pasifik Havzasının üstüne bin.en Atlantik, Okyanusunun, gravitasyonel düzleşme ve yanyana olan kıtaların yayılması ile açıldığını, ileri, sürmüş ve Atlantik, Okyanusunun ince bir kıtasal kabuğa sahip olduğunu göstermek için tele.sismik verileri yanlış yorumlamıştır. Halbuki Wegener bunun böyle olmadığı sonucuna varmıştır., Gutenberg (1954) bizim şimdi derin mantodan, gelen litosfer levhalarının yeniden birleştikleri kuşak olarak tanımladığımız düşük hızlı, bir astenosfer için kanıtlarını izlemiştir. Benioff (1949, 1,954) hendeklerden yaya. doğru dalan eğik sismik zonları (daha önce Japonya'da K. Wadadi ve Güney .Amerika'da H.H. Tuner tarafından tanımlanmıştır) ve zorlardaki sığ kosismik kaymanın ters fay özelliğini açıklamıştır.

GSA makalelerinde orojenez hakkında nadiren, yapılan geniş sentezler genellikle çöken, jeosenklinaller, büzülmeler» termal yükselmeler ve siibsidans ve gravite kaymaları konularının çeşitli şekilleri halindeydi., Jeolog Billings (1960') ve jeofizikçi Birch (1965) megatektonik hakkında yaptıkları GSA. başkanlık, söylevlerinde, her ikisi de,, hareketçiliği reddetmek yönünde aşırı derecede etkili olmuşlar ve petrolog Knopf (1948) tarafından, verilen daha önceki söylevi gö zardı etmişlerdir. Giluly'de (1,949) söylevinde sürüklenmeye yer vermiştir. Kendisi 1950lerde geçici olarak bunun, savunucusu olmuş» 1960larda ise apaçık savunulardan biri durumuna gelmiştir.,

Benim dünyadaki hareketçiliğe ait görüşü kabullenmem,, mezun olduğum okulda, Du Toit'nın (1,937) ""Dolaşan Kıtalarımız"" başlıklı makalesiyle ilgili verdiğim 1949 tarihli konferansla olmuştur. Du Toit, Holmes ve diğerlerinin kıtaların, sürüklenmesi gerçeğini kanıtlarıyla ortaya koymalarına rağmen Amerikan jeologlarının ve jeofizikçilerinin çoğu konuya ilgi göstermemişlerdir. Du Toit'mn oluşturduğu jeoloji konusundaki görüşlerinin gerçekten temsil edildiğini anladığım. Antarktika' daki 1958- arazi, mev s imindeki çalışmalarımın sonra ben de (Hamilton., 1963 c, 1964d; yazılışları 1960 ve 1961; gibi) sürüklenme lehindeki konularda yazmaya ve bildiri vermeye başladım., Bu yıllarda nadiren yapılan hareketçilik sempozyumlarının dışında,, yayınlanmış sürüklenme lehinde materyel bulmak, genel, olarak güçtü.. Halbuki sürüklenme karşıtı makale yayımlamak, kolaydı ve övgüyle karşılanıyordu., Okyanus kabuğunun manyetik lineasyonlarının, normal ve ters jeoman-yetik alanların ardışıklı dönemleri sırasında, deniz tabanı yayılmasına bağlı olduğunu doğru olarak yorumlayan bir 1962 tarihli L.W. Morley

tasarımı, hem Nature'da hem. ele Journal of Geophysical Research'de (JGR; Glen. 1982) reddedilmişti.. Diğer taraftan,, kıtaların sürüklenmesini imkansız kılan Yerin katılığı ve ısı kaybım gözönüne alarak geçersiz varsayımlara dayanan G.J.J.F. Mac Donald, genç bir bilim adamı olarak defalarca yayımlanan hesaplamalarıyla (örneğin. Mac Donald 1964) geniş bir çevrede alkışlanıyordu (kötü. varsayımları, birleştirerek çok sayıda jeofiziksel model kurma girişimleri hala devam ediyor, fakat bugünlerdeki varsayımlar daha çok hareketçilik doğrultusundadır). F.G., Stehli'nin su sıcaklıklarını gösteren Permiyen fosillerinin dağılımını yanlış anladığı, pekçok sürüklenme karşıtı makalesi (Stehli 1957, 70 ve pekçok diğeri) belli başlı dergilerde yayınlanmıştır. JRG, Axelrod'un paleofloraların akla uygun açıklamalarını içeren bir- sürüklenme karşıtı makalesini yayınlamıştır (1963'; o tarihten beri. de sürüklenme için önemli biyocoğrafik kanıtları yayınlamaktadır).. Ben 'ayrıntılı bir sürüklenme lehinde makale yazarak bunu çürütmek istedim, fakat editör, belgeye dayanmayan yalnızca, kısa bir notu kabul edebildi. (Hamilton., 1964).. Kıtaların sürüklenmesi ve kümelenmesi konusunda Geç Paleozoyik ve daha genç dönemlere ait paleontolojik, paleoklimatik ve paleomanyetik kanıtların global ölçekte sunulduğu uzun bir incelememi, 1960'ların başlarında U.S. Geological Survey'in monografik yayınlan için yazmıştım... Eu. tez içeriğine göre. esas itibarıyla • • 'doğruydı. Fakat yazı karşıt görüşlü 'inceleme korulu üyelerinin birinden diğerine devredilmesiyle 2 yıl boyunca geciktirildi ve ben vazgeçmek zorunda kaldım. Bu monografinin bazı bölümleri kısa makaleler halinde yayınlanmıştır (örneğin Hamilton, 1964 ve 1968; sonuncusunun yazılma tarihi 1965'tir.)

San Andeas Fayı üzerindeki pek geniş doğrultu, alımlı ötelenme, Mill ve Dibblee (1953) tarafından, bir GSA makalesinde belirtilmişti., Benim ilk GSA makalem. (Hamilton, 1961) bunun üzerine inşa edilerek San Andreas. Fayı ile California Körfezi'nin oblik açılması arasında bağlantı kuruyordu (Yazımın müsveddesi Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists tarafından gülünç bir spekülasyon diye nitelendirilerek reddedilmişti ve gerçeklen de önerdiğim, mekanizma gülünçtü).. Gondwana kıtalarındaki Ost Paleozoyik tillitlerinin dağılımı, Amerikan jeologlarının bu çökellerin buzullara ait olmadıkları, şeklindeki eğilimlerine karşın, buldukları kıtalardaki jeologlar tarafından uzun zamandan beri kıtasal sürüklenmenin kuvvetli kanıdan olarak belirlenmişlerdir. Hamilton, ve Krinsley (1967) bunların buzul kökenine sahip olduklarını, mazi kanıtlarına ek olarak petrografik ve elektron - mikrografik kanıtlara dayanarak tekrarlamışlar ve sürüklenme için tartışmışlardır. J.C.Crowell ve arkadaşları, Frakes ve Crowell (1967) ile başlayarak Gondwana'nin buzul çökeltisi tabakalarına sedimentolojik yöntemler uygulamışlar (Frakes ve Crowell, 1969 bir GSA makalesi; 1963'de başka yerde yayınlanan, makaleleri) ve buzul malzemelerinin dağılımının kıtasal sürüklenme ile açıklanması gerektiğini tartışmışlardır..

Yazılımcılar ve Yitimciler

Kıtaların sürüklenmesi için. ilk kanıtlar kıtalardan sağlanmıştır ve okyanus tabanının buna nasıl uyduğu ise pek açık değildir. Bazı kıtasal sürüklenme savunucuları» Wegener'den başlayarak, kıta kümelerinin, yoğun, okyanus al malzemeye karşı yüzdüğünü varsayımlardır. Oysaki diğerleri, Taylor'dan başlayarak,, deniz, tabanı yayılmasını düşünmüşlerdir.

Yayıma için. doğrudan, kanıt 1950lerde toplanmış olan oseanografik verilerle sağlanmıştır (Glen» 1982).. Brace Heezen ve Marie Tharp (Heezen. ve diğerleri, 1959 olarak) Heezen'in Yer*'in genişlemesi nedeniyle yayılan sırtların, dünyayı çevreleme özelliklerini tartıştıkları diğer makalelerinden yararlanarak GSA adına okyanusların batimetrik haritalarını sundular., Halbuki Maurice Ewing (Ewing ve diğerleri., 1964) bir süre sırtların yayımladığını savunmuştu. Raff ve Mason (1.961) ise, Vaequer, Raff ve Warren'm (Vacquer ve diğerleri 1961) doğrultu atım olarak yeni yaydım olmadığı anlamında tanımladıkları .kuzeybatı ABD'nin batısındaki deniz tabanının manyetik lineasyonlarının bir haritasını sundular.

Holmes (1931) deniz tabanı yayılması, yitim ve göç eden levha sınırları gibi. günümüzde kullanılan terimleri tasavvur etmiş, ancak bunlar yerbilimleri toplumunun büyük çoğunluğu tarafından dikkate, alınmamıştır.. Griggs'in (1.939) önerdiği deniz tabanının hendeklerden kıtalara ters faylandığı görüşü de genel bir' ilgisizlikle karşılanmıştır., ABD Donanması, sırtların, yersel bükülmelerle oluştuğu, görüşünde olan. Hess (1948) tarafından sunulan., batı-orta Pasif için. sutlarının, ada. yaylarının ve kenar havzalarının batimetresini yaptı... Dietz (1.954) aynı bölge hakkında Japon Danonma haritasını yayımlayarak Japonya, ve Okhotsk Denizlerinin, ada yayları, olarak açıldığını ve kıta parçalarının Asya'dan uzağa göç ettiklerini ileri sürdü. Coats (1962) yitilmeyi belSdde açıkça ilk defa tasavvur etti ve çökel kayaların ergimesiyle oluşan mağmatik yayların, Benioff sismik zonu boyunca yayların altına ters faylandığını kabul etti.

Yayımla üretilen, deniz tabanının, yitilmeye yayların ve kıtaların altında kaybolabileceği' şeklindeki son tanımlama ilk defa Hess tarafından yapılmıştır (1962, Glen, 1982). Fakat Dietz, (1961) bunu daha uygun hale sokmuştur. Onların ilk görüşleri aslında iki boyutlu, ve Hohnes'inkilere göre daha ilkel. Halbuki Wilson (1961), yayılan sırtların kendiliklerinden göç ettiklerini, boylarını ve şekillerini değiştirdiklerini düşündü.., Wilson,, 1950'lerde sabitçiliği aşırı bir biçimde savunduğu halde, 1960ların başlarında hareketçi kavramın önemli bir savunucusu oldu.

Levha Tektonikçleri

1963'ten 1968'e kadarid kısa dönemde jeofizik verilerden yararlanılarak yer- litosferinin levhalara parçalandığı, tüm diğerlerine göre hareket halinde olanların sırtlarda çekilip ayrıldığı, hendeklerde, ise bir diğerinin altına daldığı, 'transform faylarda birinden diğerine kayarak geçtiği şeklinde görüşler ortaya atılmıştır. Bu oyun dergilerde, özellikle JGR, Nature ve Science' de. sahneye konmuştur. Bu dergilerin, hepsi önceleri sabitçi görüşün kaleleriydi., Bu gelişmenin tarihçesi. Glen (1982).. Menard. (1936) ve diğerlerinde ayrıntılı olarak tartışılmıştır.

Vine ve Matthews (1963), Morley'in aksine» okyanus sırtlarına, paralel manyetik anomalilerin, normal ve zit manyetik kutuplaşmaların ardışık dönemlerdeki yayılmaları esnasında taşıyıcı kuşak kristalleşmesini kaydettikleri şeklindeki önerilerini yayımlayabilmişlerdir. Bu, önerilerine' üç yıl boyunca tarafsız ve karşıt görüşlerin bir' karışımı yanıt olarak ileri sürülmüştür. Fakat sonunda değişik gruplarca doğruluğu kabul edilmiştir- Bunların arasında, sırtların manyetik simetrisini gösteren ve bir genelleştirilmiş jeomanyetik zaman

ölçeğine sahip derin deniz sondaj ıyla okyanus kabuğunun yaş belirlemesini tamamlayan, iyi organize edilmiş Lament Grubu da (Örneğin Heirtzler ve diğerleri, 1968) vardı. Coode (1965) ve Wilson (1965) da aynı sıralarda,, sırtların işaret ötelemeleri olarak bilinen kırık zonlarının, sırtların, daha sonraki durumlarını belirtmediklerini, fakat daha çok yayılma, yönüne dik durumda bulunan sırt parçaları arasındaki yayılmanın, ilerlemesiyle meydana gelen "transform fay lan" (Wilson'un terimidir) olduğunu ileri sürmüşlerdir. Sykes (1967) bu kavramla uyum içinde olan, kırık, zonu depremlerinin, 'kaymasını işaret etmiştir. Diğer jeofizikçiler hareketçi kavramı geliştirmek için daha doğrulayıcı verileri eklemiştir.

Euler-levha geometrisi, bir küre etrafında, hareket eden, şeffaf bir yarıkürede yeniden yapılanmalar oluşturan ve küresel geometriyi birleştirerek yeniden yapılanmaları çizen, Carey (1958) tarafından dolaylı olarak kullanılmıştır.. Bullard ve diğerleri (1965) Atlantik kıtalarının birbirlerine uymaları için, bir bilgisayar kullanmış ve gereken Euler kutbunu açıkça belirtmiştir. Yayılan sırtlar¹ ve transform faylarının küresel geometrisinin gerektirdiği global Euler-levhası davranışına son şeklini ilk olarak veren Morgan. (1968) olmuştur.. Sadece birkaç ay sonra da Mc Kenzie ve Parker (1967; makaleleri Morgan'inkinden sonra yazılmıştır)! ve onların arasından Le Pichon (1968) in makaleleri gelmiştir. Bunlar birkaç yıl önce sabitçi makaleler yayınlamışlardı. Mc Kenzie ve Morgan (1961) levhalar arasındaki üçlü kavşağın, gelişmesinin geometrik davranışını çözümlenmişlerdir. Levha tektoniği (bu tarihte "yeni global tektonik")* açıkça görülen bir gerçektir. Dikkatli davranan, pekçok jeofizikçi kolayca ikna olmuşlardır. Halbuki pekçok jeolog onların, gerisinde kalmıştı, (Benim, az miktarda haberdar olduğum deniz jeofiziğini de birleştirerek, önceki karışık düşüncelerimden dönüşüm, bu konuya, kansan jeofizikçilerin bir veya iki yıl ardından 1968'de olmuştur.) Geriye kavramların global, jeolojiye uygulanması kalmıştı.,

Kıtasal Ye Ada Yayılı Jeologları

Jeologlar en sonunda, içinde ada yayıları ve kıtaların özellikleriyle ilgili deneysel bir iskelet kurmuşlardı. Davis (1969) kısmen daha önce algıladığı (Davies, 1968) Mesozoyik yaşlı yitim olayının örneği olarak Klamath Dağlarını, tartıştı. Von Huene ve Shor (1969) hernekadar Aleutian Hendeğini yitim olarak, değil de aşağı doğru eğrilme olarak, yeniden ele almışlarsa da, ada yayılarının levha tektoniği terimlerinden biri olarak yorumlanması GSA Bülteninde ilk defa 1969'da görülmüştür (Isacks ve diğerleri,, 1969; Molnar ve Sykes, 1969; Rölolfo, 1969). Aynı yıl Jura yaşlı bir tektonik büyüme ve Kretasc And tipi, tektonik, ürün olarak California'nın analizini yaptığım benim makalem yayınlandı. Bu makale,, geniş bir orojenik bölgede ada yayılarının ve uzaklardan, gelen diğer taşıyıcı kuşak parçalarının toplu olarak ilk defa açıklandığı yayındır (Hamilton, 1969a). (Bu makalenin müsveddesi,, fikirlerimi U.S. Geological Survey inceleyicilerine ve genel görüşlere, göre. çok aşırı bulan bir danışman tarafından altı ay 'bekletilmiştir. 1970 GSA toplantısında sunulmak üzere verilmiş buna ait bir özet de reddedilen birkaç istekli makale arasında yer almıştı). Dickinson (1969, 1970 c) ve Hamilton (1.969 a, 1969 b) Sierra Nevada gibi batolitlerin kıtasal ada yayılarının kökleri olduklarını, "jeosenklinallerin" anat.eksi.lerinin ürünleri olmadıklarını tartışmışlardır.]Bu, Hamilton ve

Myers'in (1967), batolitlerin genelde silisli volkanik karmaşıkların üzerine geldiği ve migmatitlerin • altında yer aldığı şeklindeki ve o tarihte geniş olarak reddedilmiş olan görüşümüzün daha. genişletilmiş haliydi. Mavi şistler gibi yüksek basınç-düşük sıcaklık metamorfik kayaları kuşaklarının " hendeklerle olan olası ilişkisi Miyashiro (1961) tarafından Emsi (1965) gibi ""aşağı bükülme" ile oluşan, gerilme ile açıklanmıştır. Halbuki Blake ve diğerleri (1969) ve Coleman (1967) tektonik "aşırı basınçlar!*! düşünmüşlerdir., Mavi şistlerin, y itilmenin koşullarında olduğu Ernst (1970) ve Hamilton (1969 a) tarafından açıklanmıştır. Hsü (1968 ve diğer makaleleri), Hamilton'un. (1969 a) California kıyıları kama~lanma gelişmesi koşullarına bağladığı tarihte, gravite kaymalarına eğilim gösteriyor ve Franciscan, melanjlari kavramını ortaya, atıyordu..

1969'da yedi. GSA toplantısının tümünde, hareketçilik konusunda yalnızca bir düzine kadar bildiri sunulmuştur. Bunların yarısı ise sabitçi görüşü savunuyordu. 1969 sonunda William R. Dickinson tarafından California'da Asilomar'da oldukça önemli, olan GSA Penrose Konferansı toplanmıştır. Konu. ""orojenik kuş aklardaki mağmatizma, sedimantasyon ve metamorfizma için yeni global tektoniğin anlamı" idi (Dickinson, 1970* a, 1970 b). Katılan 90 kişi arasında,, yalnızca yeni alanda etkin olan birkaç jeolog değil, 1970ler esnasında levha tektoniği jeolojisine önemli katkılar koyacak pek çok jeolog da bulunuyordu. Dickinson'ın konferansı,, "yakınsayan levha" tektoniğinin kıtaların evrimini büyük ölçüde kontrol, ettiği düşüncesini aniden yaygınlaştırılmıştır.

1970 yılı GSA • yayınlarında hareketçi görüş doğrultusundaki makalelerin artış gösterdiği bir yıl olmuştur. Bracey ve Vogt (1970), Grow ve Atwater (1970), ve Luyendyk (1970) ada yayılarının tektoniği hakkında önemli makaleler sunmuşlardır.. Atwater (1970) batı Kuzey Amerika'nın Senozoyik Jeolojisi'ni, gelişen üçlü kavşak yapısına oturtmuştur., Bird ve Dewey (1970) Appalaşlar'ı ben de (Hamilton,, 1970) Uralidleri, yan yana gelen, kıtaların altında ve kıtalara doğru, gelişmiş ada yayılarının altında yitilen okyanuslardaki kıtasal çarpışmaların ürünü olarak açıkladık. Coney (1970) sentezcilerin neler öğrendiğini özetledi. Bu arada diğer levha tektoniği makaleleri, sürüklenme lehindeki makaleler ve ayrıca hendekler veya kıta tektoniği ile yitilmenin bir şey yapamayacağını savunan karşıt görüşlü makaleler de vardı. 1970 yılında diğer dergilerde levha tektoniği ve kıtasal jeoloji konusunda, orojenik sistemlere geniş açıdan bakan Dewey ve Bird'ün (1.970) ve Dickinson'un volkanizmayı, plutonizmayı ve sedimantasyonu levha kavramı (1970 c) çerçevesinde bütünleştiren önemli, makaleleri -de vardı.

1970'den beri GSA yayınlarında levha tektoniği, yitilme ve ada yayılarıyla ilgili çok sayıda makale yayınlandı., Ben burada 1970'lerin başlarından itibaren kıtaların ve yayların, jeolojisinin anlaşılmasını ileri götüren birkaçına değineceğim. Ada yayı göçmesi ve yay ardı yayılımı Karig (1971,, 1972) ve Selater ve diğerleri. (1972) tarafından belgelenmiştir. Grow (1973) Aleutian Adaları'ndaki eklenir kama ve yay ardı havzasına dair o tarihe karadaki en iyi jeofiziksel çözümlenmeyi getirmiştir., Silver (1.971 a, 1971 b) California'nın tektoniğini anlamak için kriter olan Mendocino üçlü kavşağının çözümlenmesine deniz jeofiziğini uyguladı. Barbat (1971) ve Page (1972), California'da Kretase sisteminde okyanus malze -

meşini altına alan dokanağı tanımlamada çok yararlı oldular, Levha tektoniği kavramı içinde Alpin sistem için Dewey ve diğerleri (1973) ve Ernst (1973), Andlar için James (1971), güney Appalaşlar için Hatcher (1972) ve Karayib bölgesi için Malfait ve Dinkelman (1972) geniş, sentezler sundular.

Levha tektoniği hernekadar ada yaylarının davranışının doğru, olarak anlaşılabilmesi esasına dayandırıldıysa da zorunlu, olarak gereken verilerin toplanması uzun zaman almıştır. Hess (1948) ve Dietz (1954) diğerleri arasında, yay sistemlerinin tektonik batimetri üzerinde çalışmalarını, yoğunlaştırmışlardır. Kay (1951) bulgularını sabitçi jeosenklinik teorisi ile açıklamış olsa bile ada yaylarını kıtasal orojenik kuşakların önemli bir parçası olarak tanımlamıştı. Bu önemli bir ilerlemedir. Hess (1955) manto peridotit (modern deyimle ofiyolitlerin) kuşaklarının orojenik kuşaklar içinde devamlı olduğunu, farketmiş, fakat bunu jeosenklinik teorisi ve dikey tektonikle açıklamıştır. Dietz (1963, 1966) konveksiyon halindeki manto- üzerinde kıtasal sürüklenme ile taşıyıcı kuşağın ilişkisini, ayrıca kıta kenarı tektoniği ile yakınsama ve yitim ilişkisini ilk açıklamaya çalışanlardan biri. olmuştur. Ben de batı Idaho'mın metavolkanik kayalarının okyanusal ada yayı petrolojisiyle oluştuğunu ve doğu yönünden kıta kabuğu kayaları tarafından bindirmeye uğradığını gösterdim (Hamilton. 1963a, 1963 b). Ayrıca, Karayib ve Scotia yay sistemlerinin, kuzey ve güney kanatlarının, kenarları üzerinde, doğuya, doğru göçeden yaylar halinde levhalandığını (Hamilton, 1963 d. yazılışı 1961) ileri sürdüm. Daha sorara da, batı Pasifik yaylarının arkalarındaki kıtalara göre daha hızlı bir şekilde doğuya, doğru göç ettiklerini ileri sürdüm (Hamilton, 1966). 1966 daki makalemde, hem okyanusal ada yaylarının hem de kenar denizlerinin tabanlarının kıtasal öjeosenklinikler*¹ de birleştiklerini petroloji ilkelerine göre savundum. Krause (1965, 1966) Endonezya ve Malezya yayları, ve kenar denizleri için uygun hareketçi görüş doğrultusunda açıklamalar getirmiştir, Burk (1965) denize doğru, Aleutian yayından sahildeki Alaska yayına doğru, şeklinde tanımladığı geçişi açıklayan dikey tektonik açıklamaları yapmıştır. Dickinson, ve Hatherton (1967) ve Kuno (1966 ve önceki makaleleri) ada yayı volkanlarının alttaki eğik sismik zonla derinleştirilmesinde çapraz doğru kulu değişimleri göstermişlerdir. Halbuki daha sonra bu ilişkileri yitilme anlamında algılamışlardır (Die kins om 1969,» 1970 c; Hatherton ve Dickinson., 1969). Veiling Meinesz (1954) Endonezya yaylarındaki öncü sayılabilecek gravite çalışmasını GSA için özetlemiştir. "İzostatik" anomalileri yay önü sırtları boyunca kuvvetli, negatif olarak hesaplanmış ve hendeklerin gravitasyonel dengenin uzağında, dinamik olarak aşağı çekildiğini ileri sürmüştür. Buna "tekojenez" demiştir. Deniz tabanının altındaki tüm malzemenin aynı yoğunlukta olduğu şeklindeki geçersiz varsayımın gravite anomalilerini hesaplamıştır. Benzer şekilde bir araştırma da Batı Hint adalarının gravite anomalileri, hakkındadır. Ewing ve Worzel (1954), kalın, düşük yoğunluklu malzemenin dinamik dengesizlik değil, negatif anomaliler verdiğini fark etmişlerdir. Bu makalede hendekler için bir açıklama, getirmemişlerdir. Halbuki bu dönemdeki diğer makalelerinde ise uzamanın kökenini tartışmışlardır. Biz şimdi (Ewing ve WorzeFin bekledikleri gibi) yay önü sırtları boyunca uzanan eklenir kamaların maksimum kalınlıklarını ve Vening Meinesz'in anomalilerine bu kamaların kalınlıklarının egemen olduğunu, biliyoruz. Sırtların ser-

best hava anomalileri pozitifdir ve 'badmetri ile geniş ölçüde körele edilebilmektedir (Watts, ve diğerleri. 1978) ve eklenir kamanın yükü, bazı kısımlarda yitilen levhanın kiriş gücüyle desteklenmektedir. Karig ve diğerleri, (1976) eklenir kamanın yükselmesiyle yitilen levhaların depresyonunu nicelik bakımından değerlendirmişlerdir.

Şimdiki Durum

Levha, tektoniği bize kıtaların ve ada yaylarının jeolojisini kavramaya başlayabilmemiz için bir temel vermiştir. Modern yakınsayan levha sistemlerinin tektonik, ve mağmatik bileşenleri, arasındaki ilişkiler çok sistemattiktir. Türetilen genelleştirmeler tahminler yapmamıza, anlamamızı berraklaştırmaya izin vermektedir. Fakat levha tektoniğinin çekim ömeğinin apaçık başarısı aşırı bir saygınlık, yaratmıştır. Bu güncel levha, sistemlerini anlamaktan çok safça türetilen, varsayımları yansıtan, geçersiz yakınsayan levha modellerini içeren, jeoloji ve jeofizik literatüründe bir karmaşayı ortaya çıkarmıştır. Problemler sonraki araştırmacı kuşağına aktarılmaktadır. incelediğim sekiz güncel fiziki jeoloji, ders kitabının hepsi levha yakınsamalarına kaba» yanlış anlamalarla bakmaktaydı ve pek çoğunun levha ıraksamalarına bakışı da yeterli değildi.

LEVHA TEKTONİĞİ

Şimdi yedi. büyük, çok sayıda, orta ve küçük boyutta, olan litosferik levhaların (yapışık levhalar fikri küçük ölçekli sonuç almamıza yetmemektedir) tümü diğerleriyle hareketli ilişki içindedirler. Tüm levha sınırları, da yakınsayan, ıraksayan, doğrultulu atımlı, oblik-değişen derecelerde hareket halindedirler. Sınırların pekçoğu da uzunluk ve şekil olarak zamanla büyük değişime uğramaktadırlar. Hernekadar levhalar içte katı (rigid) olmaya sınırlarda ise karşılıklı, eğilimlere meyilli iseler de pekçok levhanın iç kısımları şiddetli deformasyonlara uğramaktadır. Bitişik levhalar arasındaki, göreceli hızlar yılda 13 cm. ye kadar çıkmaktadır.

Mekanizma.

Günümüzde büyük levhaların "Tanı" hızları (bunların yaklaşık bir toplam sıfırlık çerçevedeki göreceli hızları, gerçek kutupsal sapmaları gözönüne alan veya almayan nitelermelere (Davis ve Solomon., 1985) veya yarı saptanmış sıcak noktalarla bakarak yapılan yorumlamalar) sırtların ve kendi çerçevelerindeki hendeklerin, uzunluklarıyla doğru orantılı olarak ve kendi içlerindeki kıtasal litosferin, miktarıyla ters orantılı olarak deneştilir. (Carlson, 1981). Bu parametreler arasındaki niceliksel deneştirmelerden anlaşıldığına göre, levhalar başlıca gravitasyonel kuvvetler tarafından, ileri doğru sevk edilir ve ortalama olarak, inen. dilimin çekişi 2.5 kattır. Sırtlardan uzaktaki, levhaların kayması hareketli levhalardaki kadar önemlidir. Halbuki kalın kıtasal litosfer hareketi sürüklenme ile geciktirilir <Carlson 1981). Litosfer ile daha az yoğun astenosfer arasında, bir okyanusal litosfer levhasının temelinin 80 veya 100 km., kabarması, sırt kayması oluşturmak için levhanın tepesinin 3 veya 4 km. lik batimetrik kabarmasından çok daha önemlidir. Böylece belli başlı levha, hareketleri, başlıca soğuma neticesinde litosferin, yoğunluğunda ve kalınlığındaki büyük yanall değişimler aracılığıyla açıkça kontrol edilir (Carlson, 1981; Hager ve O'ConneU 1981). Oysaki

negatif yüzme kabiliyeti, mekanik davranış ve yitilen, dilimlerin deprenselliği büyük ölçüde yoğunluk fazı değişimlerine bağlıdır (Pennington, 1983; Rubie, 1984). Bu karışıklıkların pekçoğu Jarrad (1986) tarafından tartışılmıştır. Litosferin hızı genelde yüksek enlemlere göre alçak enlemlerde daha büyüktür ve böylece Dünya'nın dönmesi,, yürütme kuvvetlerine (Solomon ve diğerleri 1975) jiroskopik germe mekanizması tarafından oluşturulan belki de muhtemelen bir ek faktör olarak görülebilir. Küçük, levhaların hareketleri başlıca,, bitişik büyük, levhaların hareketleri tarafından, meydana getirilir.

Üst mantodaki, konveksiyon, levha hareketinin başlıca, nederferinden değildir, bu oldukça karmaşık bir oluşumdur (Alvarez, 1982). Yayılan sırtlar' levhaların bir tarafa, hareket, ettikleri yerlerde, sıcak mantonun bir boşluğa, fıskırdığı. ve sırtların göç ettikleri yerlerde oluşurlar ve oldukça değişen, oranlarda şekil ve uzunluk sunarlar, Litosfer hareketlerini, karşılayan geri dönen, akıntı olasılıkla» okyanusa! levhaların altında yayımlı olan astenosferde çok daha fazla oluşur (Chase, 1979). Fakat kıtaların karıştığı Scotia, ve Karayib boşluklarında, olduğu gibi ince. litosferin altındaki kanallarda, da konsantre olabilir (Alvarez 1982» bu işlemin Hamilton» 1963 d, tarafından daha. önce öngötlldüğünü. vurgulamıştır).

Hareket, eden levhaların altında,, uzun ve sürekli olarak. astenosferik yukarı fıskırma yerleri ve volk.anizm.anin göç eden zonlan biçiminde yüzeyde görülen sıcak noktalar» levha kinematığının pekçok çözümüleme ve açıklamasında yer almışlardır. Bunların yaygın olarak» mantoda tespit edilmiş. ısının kaynaklarını temsil ettikleri düşünülmektedir. Alternatif bir açıklama ise sıcak noktaların litosferdeki çoğalan liftlerim ürünü oldukları, bundan sonra'dipteki ısınmadan daha. çok. olan üstteki soğumaya başlıca yanıt oldukları şeklindedir» Sıcak nokta volkanizması, bölgesel levha ve volkano-yükleme basınçlarının karşılıklı etkileşimleriyle ilgili olarak açıklanabilen üst litosfer kırıklarıyla kontrol edilir (Tartışma ve alıntı için. konuyla ilgili kaynaklar olarak Clague ve Dakymple, 1987 ve Brink ve Brocher» 1987'ye bakınız). Okyamusal sıcak noktalar en iyi davranışları yerlerde- bile birinden diğerine 1-2 cm/yıllık (Molnar ve Stock, 1987) belki de biraz daha fazla hızlarla, hareket ederler. Pekçok. çizgisel volkanik zincirler sıcak nokta izleri olarak önerilmişlerdir,, gerçekten sistematik yaş sıralanmaları yoktur (Turner ve Jarrad. 1982 gibi) ve en iyi örnekler fazla düzensizlikler gösterirler. Lav Üretkenliğinin levha hızının bir fonksiyonu olmadığı şeklindeki sıcak nokta kavramının gerekliliğine açık bir biçimde: rastlanmamıştır (Mc Nutt, 1988),

Isı ve Zamanla Değişmeler

Levha hareketleri Dünya'nın ısı kaybının çoğunun sorumlusudur. Dünyadaki toplam ısı kaybının % 60'ı, yayılan sırtlardaki mağmatizma tarafından, ve sırtlardan hareket etme şeklindeki yeni okyanusal litosferin daha sonraki soğuması tarafından kaybedilir- (Sclater ve diğerleri, 1981). Dünya'daki ısı kaybının oranı olasılıkla ısının zamanla azalışına ve petrolojik termobarometre tarafından tanımlanan eski kabuksal mağmatik olmayan termal gradyanların modern zamanlara göre biraz daha dikçe olmasına bağlıdır., Levha hareketleri zamanla, ortalamaya göre daha. yavaşlamaktadır., İBu gelişmede levha, oluşumu, ve tükenişinde % 10 veya % 20 oranında, değişmeler sunan dalgalanmalar olabilmekte, ayrıca, kabuk ve mantonun

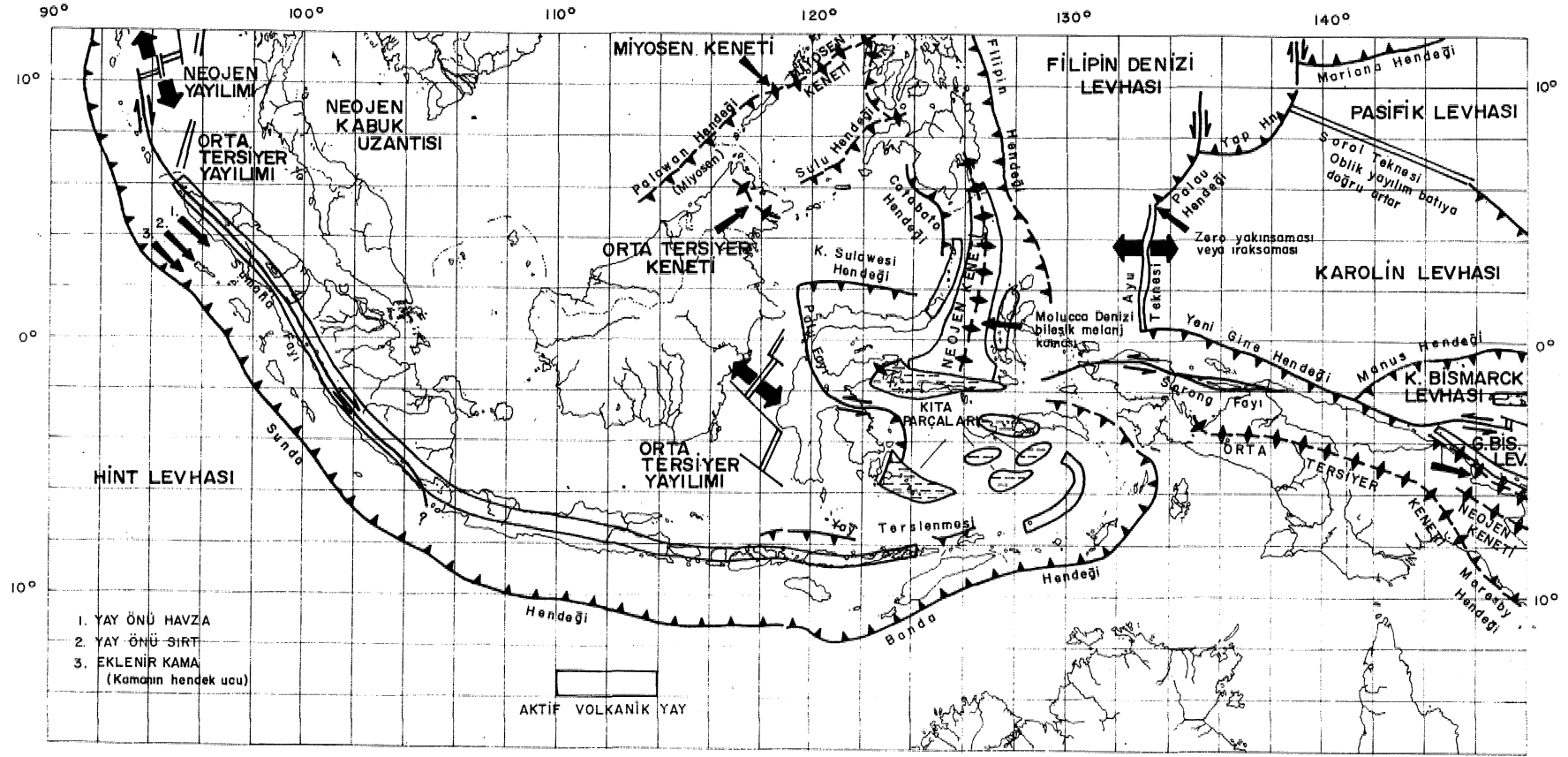
petrolojik evrimindeki başlıca yöne bağlı olmayan, değişiklikler görülebilmektedir (Parsons,, 1982 ile karşılaştıran). Bununla birlikte,, levha, tektoniği şimdi, olduğu, gibi,, en az, Proterozoyik ve. Fanerozoyik sırasındaki kadar açılacak gibi görülmektedir. Arkeen kabuğu daha büyük, etkiler göstermektedir ve kısmen daha yüksek sıcaklıktadır, daha genç zamanlardakinden daha fazla mağmatizma ve daha çok ışık çıkartmaktadır, bu da kıta oluşturan, elementlerin biraz differansiye olmuş mantodan direkt olarak geldiğini göstermektedir. Oluşan 'bu özel işlemler çok. tartışılmıştır. Çoğumuz Arkeen jeolojisini sonraki zamandan daha fazla, ve dala. küçük levhaların daha hızlı hareketlerinin kaydedildiği şeklinde, yorumlamaktayız.

Yitim

Yayınlanmış tektonik spekülasyonlar ve jeofizik modellemelerin çoğu taklit tahminlerdir.. Bunlar yitilen bir levhanın bir menteşe etrafında, döndüğü,, mantoda tesbit edilmiş bir yarıka aşağı doğru kaydığı, birbiri üzerine gelen, levhaların genel olarak kendi mağmatik yayları ve önülke deformasyonu kuşaklarına çapraz olarak, ve sıkışmak şeklinde kısalıdıkları gibi. tahminlerdir. Bu faraziyeler,, hem. içinde normal okyanusal litosferin- yitilen levhası olan modern, yakınsayan levha sistemlerinin özellikleri ve Benioff sismik zonunun makul bir dik eğilmeye sahip olmasıyla, hem de tam levha hareketlerinin çözümlenmesiyle çürütülmektedirler., En çok yitilen levhalar "tam" harekette, ilerlemelerine rağmen, menteşeler genellikle birbiri üzerine gelen levha, ilerlemesi şeklinde araya giren okyanusal levhalara doğru geri çekilirler (geriye dönerler),. Yitirilen, dilimler, dilimlerin yörgelerini, değil de durumlarını gösteren Benioff sismik zonunun eğikliklerinden, daha dik şekilde batırlar.. Belki de geriye dönme için. en açık kanıt Pasifik Okyanusu'nun zamanla yan yana gelen, kıtalara ve okyanus tabanı levhaları üzerindeki hendeklere doğru, ilerleyen kenar denizi levhalarına dönüşmesidir. Fakat bu olayın diğer tip kanıtları da sunulmuştur. Bunlar arasında Carlson ve Melia (1984), Chase (1978), Dewey (1980), Garfunkel ve Olson (1987), Malinverno ve Ryan (1986), Motor ve Atwater (1978) ve Uy eda ve Kanamori (1979) sayılabilir.,

Bu yazarların çoğunun vurguladığı gibi batan bir dilimin üzerine gelen bir levhadaki tipik, rejim kısalma değil bir uzantıdır., Palinspastik çizimler yapan jeologların gözünden. kaçan bir şey de yitimin, içi durayh olan bir levhanın belli, bir zamanda, sadece bir tarafının altında meydana geldiğidir.. Geriye doğru hareket yalnızca, yoğun bir dilimin hafif mantoyu kendi yolundan ileriye ve yukarıya- itebilmesiyle (gravitenin hakim olduğu bir sistemde imkansızlık) mümkündür.

Bu yorumlamaların geçerliliğinin şüpheli olduğunu düşündürecek istisnalar' tartışılabilir. Mariana yayı ve hendeği için geriye doğru, hareketin düşünüldüğü levha hareketi çözümlenmeleri, doğu. Asya ve onun kenar denizlerindeki dahili hareketlerin zorlama tahminlerinden daha. güçlüdür. Yitim şu anda Karayib bölgesinin her iki tarafının altında (Amiller doğuda, Orta Amerika batıda) içeriye doğru, olmaktadır, fakat araya giren levha, sınırları pek. anlaşılammıştır. Yitim şu .anda güney Mindanao'nun hem. doğu hem. de batı tarafında olmaktadır. Fakat, bu bölgedeki pekçok küçük levhanın yörgeleri ve kısmen, sınırlan hafifçe zorlanmıştır ve henüz gereği kadar değerlendirilememişlerdir.



Şekil 2. Endonezya bölgesinin Geç Senozoyik tektonik elemanları. Hamilton 1978a ile 1981 yayınları ve diğer kaynaklardan alınmıştır. Sulawesi ve Yeni Gine arasındaki az anlaşılabilir bölgelerdeki levha sınırları tamamlanmamıştır. Çarpışan Sangihe ve Halmehara yaylarının bileşik melanj kaması koyu renkte gölgelendirilmiştir.

Yay Göçmesi ve Yay Ardı Yayılımı

.Karig; (1972, 1975) Mariana ada yayının, Pasifiğe doğru yeni yay ardı havzası okyanus kabuğunu oluşturarak onun .arkasına göç ettiğini göstermiştir, Karig ve pekçok araştırmacı (Taylor ve Kamer, 1983 gibi) ada yaylarının genellikle bu tarzda göç ettiklerini bulmuşlardır. Bazı göçler mağmatik yayın ikiye ayrılmasıyla oluşur ve arka yarıdan, uzaklaşan yan ileriye doğru göç eder.. Bazı göçler- ise tüm yayın arkasına, deniz tabanı yayılması ile olur.. Mağmatik. şerit üste gelen levhanın ilerleyen kısmı ile ileri hareket edebilir» görel olarak gerileyen kısımdaki kalıntı yay şeklinde terk edilebilir veya bunların arasında uzunlamasına olarak İkiye ayrılırlar., Okyanusal aday ayları eski litosferin duraylı Levhalarının sınırlarını oluşturmazlar,, fakat bunun yerine, batan dilimlerin üzerine, uzatmalı rejimlerde genişleyen genç litosfer levhalarının ön kısımlarını işaret ederler. Okyanusal yaylar genellikle, eski okyanus kabuğuma doğru, olan yi tümenin kırılmasıyla açılmazlar, fakat daha çok ince ve kalın kabuk arasındaki sınırların yakınında yarırlar ve ince kabuğun levhaları üzerinde göç ederler (Hamilton., 1979; Karig 1982),. Herhangi bir tek. siste.mde yay ardı yayılımının periyodlan, düzensiz olarak bir volkanik yay şeridi boyunca, olan mağmatizma periyodlan ile aralanmalıdır (Crawford ve diğerleri., 1981; bazı otoriteler farklı görüştedirler),.

Bir ada yayı., üste. gelen levhanın demirbaşı olmaktan çok yitilen bir dilimin ürünü olarak, görülmektedir. Bir yay mağmatik kayalar kuşağı., tepesi 100 km veya daha derinde olan yitilen bir dilim kısmı üzerine oluşur (ve dilimin uzağa düşerkenki çevresini izleyerek göç eder),. Yay ardı yayılımının mekanizması hala tartışmalıdır.. Fakat diğer bazıları .gibi (olasılıkla Hawkins ve diğerleri, 1984 ve Shervais ve Kimbrough, 1985 de kapsayarak) bana göre de, bazı okyanusal yay' ardı havzası litosferleri bir yayın, arkasındaki düzenli veya düzensiz yayılma ile oluşmalarına, rağmen, bunların çoğu dolu ve bir kalın kabuk şeridini oluşturmaktan çok,, yay kabuğunun değişen kalınlıktaki bir tabakasını levhaktıran bir mağmatik yayın hızlı göç etmesiyle oluşurlar;

Yay Fistoları

Yaylar- göç ederlerken, eğri şeklinde, .artarlar. Göç eden. bir- yay, yitilen levhadaki kalın, kabukla karşılaş tiğ yerde ya yi- tilemez hale gelecek ya da sertleşen bir çevre oluşturarak sıkışmış hale gelir. Bu tip engellemelerden, uzak yerlere göç ettiğinde ise fistolar ve şiddetle keskin .yaylarla sonuçlanır (Mc Cabe., 1984). Caroline Sırtı'na karşı oluşan, sıkıştırma. Yap- Mariana dizilmesini açıklayabilir ve Emperor Seamount Sırtına karşı oluşan sıkıştırma ise Kamchatka-Aleutian dizilmesini, açıklayabilir,

Ofiyolitler

Karalardaki ofiyolitler, uzun süre okyanus ortası sırt malzemelerinin, yayılımının örnekleri olarak kabul edilen, üst okyanus litosferine, aittirler. Pekçok araştırmacı şimdi bunun, yerine, daha çok, belki de tümüyle kıtalara, tektonik olarak birleştirilmiş büyük ofiyolit kütlelerinin,, yay mağmatizmasının, yay ardı yayılımının veya birlikte, ikisinin ürünleri, olduğuna inanmaktadırlar. (Bloomer ve Hawkins., 1983; Coleman 1984; Hawkins ve diğerleri 1984; Pearce ve diğerleri 1984; Shervais ve Kimbrough, 1985). Pekçoğu be.

karmaşıkların çarpışma öncesi evrimlerini yeni öğrenmişlerdir. Fakat, düzensiz yayılmanın, ve hızlı göç eden yayların, mekanizması pekçok ilişkinin açıklanmasına olanak verecek görünümündedir.

Batı Luzon'daki Eosen yaşlı Acoje ofiyoliti Hawkins ve Evans (1983) tarafından bir "büyümeye başlayan ada yayı" olarak tanımlanmıştır. Hafifçe dalan Acoje kesimi, yaklaşık 9 km. kalınlıktaki tüm kabuğu ve yaklaşık 10 km alttaki mantoyu meydana çıkarır. Tepedeki 1 km. lik manto kesiminden başka tüm kesim serpantinize ve tektonize kaim ti harzburg itten ve yanındaki dunit ve kromitten ibarettir. Sonraki ergimelerden kristalleşmiş olan aşağı kesimdeki klinopiroksence zengin bolca kabuklar ise ya yakınlarda sunulurlar veya ayrılmış olabilirler. Tepedeki 1 km» veya daha fazla olan jeofiziksel mantonun 1 km. lik temelini dışındaki kesimi, biçim değiştirmemiş olivin ve klinopiroksen kümelerinden ibarettir. Bunlar birkaç yüz metrenin üzerindeki kalınlıklarda olan gabroik kayaların temel kısmı ile ara katlıdır ve alttaki 7 km. yi veya üstte bulunan kabuğu oluştururlar. Toplam kalınlık 9 km. yi bulur. Bu gabroik kesim tabakalı iki piroksenli gabro kümülatlarından ibarettir. Kümülatlar yukarıya doğru yaklaşık 1 km kalınlığındaki masif gabro ve noriüere geçerler. En üst kısımda ise küçük pütonlar ve plajiyogranit daykları (hornblendli tonalit ve lökotonalit) boldur. En üstteki 1 veya 2 km.lik kabuk kesimi dayklar, siller ve bazalt bileşimindeki yastık akıntularından ibarettir ve yayılan sırt lavından ziyade modern ilksel ada yaylarıdır. Kabuksal kesim, okyanus sırtlarında oluşandan daha kalındır. Sabit durumdaki bir magma odasındaki oluşum akla yakın görülmektedir. Yayılan bir kenar havzası yerleşiminde bir yay mağmatizması kuşağının hızlı göç etmesi sonucuna varılabilir. Acoje ofiyolitinin tanımının az da olsa verilmesi,, kalınlıktaki düzensiz değişimler hariç» dünya etrafındaki kıtasal büyüme alanlarındaki ofiyolitler in pekçok kesimlerine müracaat edilmesini önlemek zorunda bırakmaktadır. Arap Yarımadasındaki Kretase Oman ofiyoliti (Lippard ve diğerleri, 1986) ve California'nın Jura Sahil Sırtı ofiyoliti (Hopson ve diğerleri 1981), Lippard, Hopson ve onlarla çalışanların en önemli açıklamalarının» yayılan sırt mağmatizması şeklinde olmasına rağmen,, boyutsal ve petrolejik olarak Acoje karmaşığına benzer- iyi çalışılmış örneklerdir. Bu tip ofiyolitlerin parçaları., eklenir kamaların maskelenmesinin az olduğu, açık okyanus yerleşmelerindeki .sırtların yaya. doğru olan yamaçlarından (liste gelen levhaların, ön kenarları) sürüklenmişlerdir (Bloomer and Hawkins, 1983)..

Orojenik kuşaklar içindeki ofiyolitlerin yerleşmesinin. bana göre iki ana işlemi vardır- ve bu işlemlerin ikisi de yayılan sırt litosferinin gelişgüzel parçacıkların yakalanmasını temsil etmezler. Aslında bir kıta veya diğer ada yayı ile ilerleyen bir yayın çarpışmasında, üste gelen levhanın ince ofiyolitik ön kenarının» yitilen levhanın kalın, kabuksal kısımlarının üzerine, hücumu söz konusudur., işte bu anlamda bir faylanma, yitimi ifade eder ("Oşerleme"nin varsayılan işlemi,, okyanusal litosferin büyük bir yaprağının yitilen bir dilimden ayrılması ve itilmesidir. Bu, ters faylanmanın tersi anlamında, üste gelen bir ada yayının, veya kıtasal levhanın kaim kabuğu üzerinde olur' ve pekçok. yazar tarafından böyle, kabullenilmiştir., Fakat bu işlem, mekanik çözümlenmelere meydan, okumaktadır ve kanıtlanmak zorun.dad.ir. Burada "Üzerleme" terimini., ilksel tanım.lamas.intn tersi anlamında., yitilmenm açıklanması olarak

kullanan yazarların kavramı karıştırmaları anlatılmıştır)..

Ofiyolit yerleşmesinin. ikinci ana işlemi 'birincinin doğal bir sonucudur ve bir yay çarpışmasının yaygın bir ürünü tarafından oluşturulur. Karşı dalmanın yeni bir yitilme sistemi, çarpışan yayın ve ona bağlı kütlelerin arkasında,, altında eklenir kama malzemelerinin doldurulmasıyla yükseltilecek yay ardı havzası kabuğunun bir şeridini deler. Böyle- bir ofiyolit şeridi bir levhanın ön kenarında kalabilir veya diğer kabuksal kütleler onunla çarpıştıktan sonra -bir kenet sisteminin parçasına dönüşebilir.. Buna ilişkin, örnekler daha sonraki bölümlerde anlatılmıştır.

TEKTONİK: ENDONEZYA VE YÖRESİNDEKİ YAYLAR

Giriş

Ada yaylarının karmaşık, özellikleri ve tarihçeleri Endonezya ve çevresindeki bölgelerden, örneklenmiştir. Buradaki aktif tektonizm ve magmatizma, Asya, Pasifik ve Hint-Avustralya litosfer megalevhalannın ve düzinelerce- daha küçük levhanın karşılıklı etkileşimlerini belirler,. Çeşitli raporlar ve haritalardan en son biçimini alan bir monografide (Hamilton, 1979) ve ona eşlik eden bir tektonik haritada (ayrıca tek olarak da basılmıştır: Hamilton, 1978a) ben, Endonezya,, güneydoğu Asya, güney Filipinler, batı Melanezya ve onlara bitişik, denizlere ait kıyı ve kıyı ötesi jeolojik ve jeofiziksel verileri bütünleştirerek, modern bir levha davranışının ve levha tektoniği özelliklerinin evriminin sentezini yapmaya çalıştım. Fikirlerim kitabı tamamladığımdan, beri daha da gelişti, fakat buradaki yorumlamalar farklı düşüncelerim hesaba katılmadan bu monografiden alınmıştır. Bu monografi hem bölgede yeni elde edilmiş, çok sayıda veriyi, hem de bunların diğer bulgularla sentezini içermektedir. Kitabın tamamlanmasından beri yayınlanmış 'bazı araştırmalara burada, yer verilmiş ve ayrıntılar güncelleştirilmiştir (Hamilton 1988b); yeni veriler,, benim sentezimin ayrıntılarının değiştirilmesini gerektirmiştir; Fakat genelde ise doğruluğunu kanıtlar niteliktedirler. Şekil 1 ve 2 tartışılan özelliklerin yerlerini, göstermekte, şekil. 3 ve 4 ise bazı fikirleri açıklamaktadır,. Mammecikx ve diğerleri (1976) tarafından hazırlanan batimetrik harita benim haritalarım için baz teşkil etmekte kullanılan, haritaya göre daha ayrıntılıdır,. Harita, kıyı ötesi, jeofizik verilerini,, kısmen birleştirilen verileri ve Hamilton'dan (1974a, 1974b) alman yorumlamaları özetlemektedir;. Bu harita Anderson ve diğerleri (1978, termal nitelikler), Hayes ve Taylor (1978, depremler) Hayes ve diğerleri. (1978, kabuk yapıları), Mrazowski ve Hayes (1978, çökel izopaklan). Watts ve diğerleri (1978, serbest, hava gravitesi) ve Weissei.ve Hayes (1978,, manyetik anomaliler) tarafından, düzenlenmiştir.

Endonezya, bölgesinin değişik, yitim, sistemleri üç megalevha ve pekçok daha küçük levhalar arasındaki karşılıklı, etkileşimleri belirlemektedir. İçten durayk kuzeybatı Eurasia; Hindistan-Hint Okyanusu-Avustralya Megalevhasına göre

göreceli olarak, bu bölgede,» yaklaşık kuzeye doğru hareket etmektedir., Halbuki. Pasifik megalevhası batı-kuzeybatıya doğru hareket etmektedir., Asya kıtasal megalevhası ise. düzinelerce, içten deforme olmuş yarı levhalara ayrılmıştır., Pekçok küçük, okyanus al ve kıtasal levhalar da megalevhalann kısımları arasına girmişlerdir ve bu küçük levhaların pek çoğu da içten. oldukça deforme olmuştur,. Güneydoğu Asya, girinti yapan Hint yarı-kıtasının yolunun dışında,, doğuya doğru toplanmıştır ve okyanusa! Bengal Körfezi'nin üzerinde saat. yönünde dönmektedir (Hamilton, 1979; Tapponier ve diğerleri, 1986). Hint ve Asya megalevhalannın arasındaki yakınsama, devamlılık gösteren Buıma-Andaman-Sımda-Banda yitim sistemi, tarafından, şimdi yeniden, başlatılmıştır.. Halbuki Pasifik ve Asya megalevhalan arasında,, gidışleri daha çok kuzeye Filipinlere ve daha. uzaktaki doğu sınırları boyunca olan, pekçok yitim sistemi yeniden, başlatılmıştır. Karmaşık yitim ve doğrultu atım. sistemleri, Hint. ve Pasifik megalevhalan arasındaki karşılıklı etkileşim zonunda, Yeni Gine ve kuzeyi boyunca ve kuzeydoğu Endonezya ve çevresindeki bölgede yer alan tektonik düğümlenmede, levhaları birbirinden ayırmaktadır.

Şimdiki kaba. levha, hareketleri 50 milyon, yıl veya. daha çok devam, ederse kıtasal döküntüler, karma ada yayları, ve. daha. çok Endonezya-Filipin-Kuzey Melanezya bölgesinin eklenir kamaları ,, muhtemelen Avustralya ve Asya arasında ezileceklerdir., Sonuç, bizim, herhangi bir yerde Tethyan, Hersiniyen, Kaledoniyen, Pan-Afrikan vb. isimlerle adlandırılmamıza benzer başka, bir geniş orojenik alan olacaktır.

Sunda Yitim Sistemi

Büyük bir yitim sistemi. Banda Yayları etrafındaki Burmadan devamlı olarak oluşmaktadır. Bu bölgede 3000 km. lik Sunda merkezi kesimini,, Sumatra, Java, Bali ve Sumbawa boyunca bu levha sınırını tartıştım. Bu kesim, kıtalar, olgunlaşmış ada yayları, ve bunlar arasındaki geçişlerin diğer aktif kenarları boyunca temsil edilen, ortak merkezli tektonik özelliklerden oluşur. Güneyde hendektir ve kuzeye doğru eklenir kamalanmanın yüzeyine yükselir» liste gelen levhanın önünde ise bir yay önü sırtı olarak son noktaya, erişir (1). Adalar Sumatra boyunca sırta dayanırlar' . Fakat sırt Java» Bali ve Lombok'un güneyinde tamamen deniz altındadır. Sırt ve magmatik yayın arası denizaltı yay önü havzasıdır;. Sunda kesimi boyunca Hint. okyanusu litosferi yitilmektedir. Bu. yitilme yüksek ve orta açılarda, Sumatra'da kıtasal doğrultu boyunca,, Java'da geçişli ve Bali ve Sumbawa'da ise okyanusal şeklinde olan değişikken bir yay sistemi altında olmaktadır. Yitilme sisteminin bu kesimi sadece Orta Tersiyer zamanından beri aktiftir.

Hendek: Sunda Hendeği,, herhangi bir' yerdeki kama kenarları ve. olgun, ada yayları boyunca yitim, sistemlerinin izlerini işaretleyen hendekler gibi,, sadece 7° veya. daha az yamaçları olan' iç ve dış "duvarlara" sahiptir. Hendek, yitilen Hint Okyanusu litosferindeki beklenmedik bir menteşeyi veya litosfer levhaları, arasındaki dokanağı göstermez. Fakat daha çok, üsteleven levhanın önündeki bir yüzeyel eklenir kama. ile bu

- (1) Ben önceleri. (1979 da olduğu gibi) "yay dışı sırt" terimini bu özellik, için kullandım. Çünkü klasik terini, "ön ülke" ile daha yaygın olarak kullanılanı kabullendim.. Benzer olarak "yay önü havza" bugünkü, literatürde yaygındır. Bu benim, önceki, yaylarındaki "yay dışı havza" ya karşılık gelmektedir., "ön ülke havzası" da "yay ardı havzası" ve onun karşısı olan "yay önü. havza"da olduğu gibi bir yayın kenarındadır.

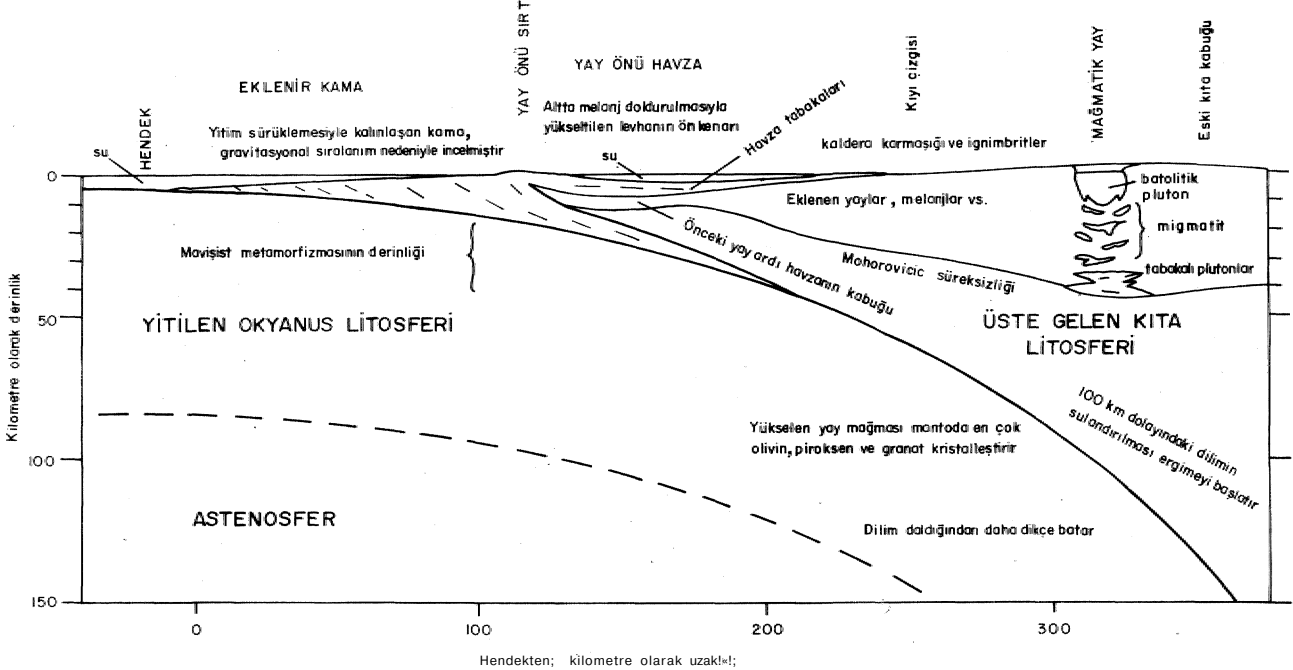
kamanın bastırıldığı okyanus litosferi arasındaki dihedral açığı işaret eder. Hendeğin okyanus tarafına doğru olan kenarındaki bir dış kabartı bu, baskının, elastik bir yanıtıdır. Yitilen levhanın mantonun, içine,, aşağı doğru eğildiği yerlerdeki tektonik menteşe batımetrik hendekten. 100-200 km. yaya doğru uzanır. Okyanusal ada yayı sistemlerinin hendekleri yaygın olarak, 25 defa düşey abartılmış- yansıma profilleri ile çizilirler., Bu şekilde çok dik yamaçların, görsel etkisinden yararlanılmış olur.. Aslında gerçek yamaçlar genellikle tatlı eğimlidirler.

Hendeklerdeki kırıntılı çökelişi, başlıca uzunlamasına bir geometriye sahip türbiditler şeklindedir ve hendek, tabanı dolgularının uzun profilleri hafifçe kaynaklardan uzağa doğru eğimlidirler- Sunda Hendeği çekelleri büyük ölçüde, Java'nın Ganj ve Brahmaputra nehirlerinden geliştiği kadar uzaktan yani 3000 km.den gelmişlerdir, (ayrıca Ingersoll ve Suczek 1979 ve Moore ve diğerleri 1982'ye bakınız.) Bu beslenme güncel olarak Ninety east Sırtı ile Andaman kesimindeki hendeğin çarpışmasıyla kesilmiştir, Aleutian Hendeği türbiditleri ise benzer bir mesafede Alaska nehirleriyle yıkanmaktadır. Böylece kaynak alanlar hendek türbiditlerinin bir eklenir kamada levhalandığı, karşıdaki üste gelen levhanın yakın kısımlarına biraz benzerlik gösterdiği durumdadır. Dickinson, (1982) bunun Pasifik okyanusu çevresindeki, çeşitli fosil eklenir kamalar için gerçek olduğunu işaret etmiştir. Karasal kırıntılar hendekler boyunca veya kıtalardan gelen abis al-yelpaze malzemeleri tarafından yıkanılır, eklenebilirler ve yay sistemlerinin okyanusal kesimlerinin altında yitilirler.

Eklenir Kama Yitilen Hint Okyanusu litosferinden kazınan çökeller ve diğer malzemeler, üste gelen Sunda levhasının önündeki eklenir kamada kar kürenmesinde olduğu gibi yığılırlar. Kamanın yüzeyinde, ters fayların, kiremitler gibi üst

üste gelmesiyle açıklanan,, uzunlamasına sırtlar ile havzalar tarafından, izler açılır (Karig ve diğerleri 1980b),. Hendek dolgu-su,, bir kamanın önünde kazımlar yapacak olan yansıma, profilinde görülebilir. Burada en sığ malzemeler ayak ucuna karşı, en derin olanları ise kamanın daha uzak tarafının altında, birbirine eklenirler. Kuvaterner mercan resifleri yay önü sırtı, boyunca uzanan adalarda deniz seviyesinin, üstüne yükseltirler (eklenir kamanın tepesi) ve hızlı yukarı kaldırılma olayı muhtemelen kamanın aşağıya doğru levhalanmasıyla kalınlaşmasının bir sonucudur. Sunda, kamasının temeli (yitilen levhanın tepesi) hiç olmazsa yay önü sırtının kadar yaya doğru tatlı eğimli olarak dalar; kama hendekten 75-150 km. uzakta, 15 km., kadar kalınlıkta, ince bir dinamik enkaz yığındır. Yansıma profilleri, bunun ve herhangi bir yerdeki benzer kamaların iç yapılarını göstererek genelde yan sabit olan dizilme açılarını, yaya doğru, 30° lik dalmayı, kamadaki durum bağımsızlığını, yitilen, levhanın tepesindeki tatlı eğimli dalan dekolmam sergiler (Daha dik düzlemler de sunulabilir., Çünkü, bunlar yansıma profillerinde görüntülenmeyeceklerdir), Pekçok eklenir kamanın yüzey yamaçları, kamaların enlerini ve kalınlıklarını umursamayan, büyük ölçüde benzer,, yukarı doğru yakınsak eğriler çizerler ve bunlar olasılıkla dinamik denge profilleridir.,

Böyle özellikler bana, bir eklenir kamanın eş zamanlı olarak aşağı doğru, levhalanmasını ve temelini geriye sürüklenmesi nedeniyle kalınlaştığını, gravitasyonel yayılma nedeniyle • olan ileri akma tarafından da inceltilmiş olduğunu göstermiştir. Sonuç,, kamanın, iç yapısındaki kiremit şeklindeki dizilmeler, bir dinamik profilin varlığını sürdürmesi, bir buz kalıbına benzer şekilde kamanın hem yanal hem de düşey olarak gelişmesidir. Diğer bazı gözlemler kamaların daha statik özelliklerini dikkate alarak, ayak uçlarındaki

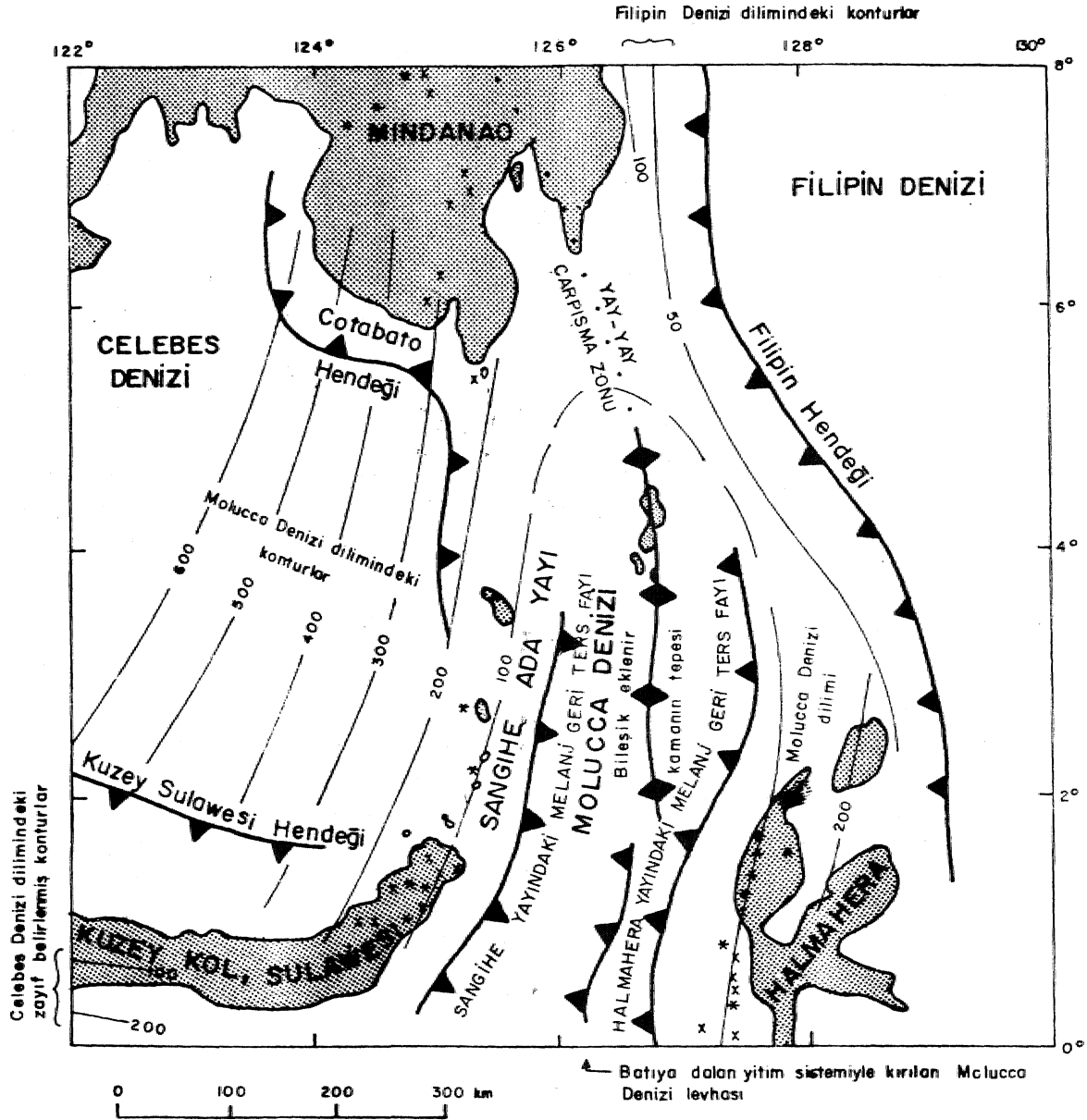


Şekil 3. Bir kıta kenarı yitim sisteminin enine kesiti. Diyagram bugünkü Sumatra'ya göre (Hint Okyanusu solda, güneybatı Sumatra sağda, ve kuzeydoğudadır) ve yüzey boyutları, jeoloji, depremsellik ve refraksiyon sismolojisinin sonraki abartmalarına göre ölçeklerimi 5 tir (daha çok. Hamilton 1979). Boyutlar ve jeoloji büyük ölçüde California'nın. Orta Kretase'sini andırır (Hamilton 1978 b. 1988 a ile karşılaştırınız.,) California'nın bazı kısımlarının derin erozyonu derinlikle bütünleşen değişimlere, benzerlik gösterir.

kazınma ve kiremit şeklindeki dizilmeler medeniyle genişletildiğini, fakat yay tarafındaki parçalarında ise nispeten duraylı olduklarını düşünmektedirler.

Eklenir kamayı kesen yansıma profilleri, dizilen, dağılan, ve yapışık şekilde kıvrılan malzemelerin oranlarının

büyük ölçüde değiştiklerini, fakat sistematik olarak yakınsama oranları ve yönleriyle, ayrıca eklenmekte olan çökel kesimlerinin kalınlıkları ve karakterleri ile ilgili olduğunu, göstermektedir (Moore ve diğerleri 1980b). Sunda kamasında henüz hiç bir sondaj kuyusu açılmamıştır. Diğer benzer çökelce



Şekil 4. Molucca Denizi bölgesinin levha tektoniği özellikleri. Doğuya bakan Sangihe ada yayı ve batıya bakan Halmahera ada yayı arasındaki Molucca Denizi levhasının bunların altında battığı (yitikliği) sırada zamanla güneye doğru bir çarpışma meydana gelmiştir. Karşımdaki eklenir kamalar erimişler ve ilerleyen yaylamı üzerine doğru gen akmışlardır. Genç Cotabato Hendeği kümenin eski kısmının batı kenarını delmiştir; açıkça tanımlanmış Benioff sismik zonu olmayan ters fay depremleri bununla ilişkilidir. Filipin Hendeği kümenin doğu kenarında, sadece bir adet sığ batıya dahmlı sismik zonuna sahiptir. Halmahera'nın altındaki doğuya dahmlı zonla olan ilişkisi ise açık değildir. Mindanao ye kuzey Molucca Denizi içinde işaretlenmiş çarpışma zonu bir sol eğimli basınç değiştiren levha olarak hala aktif olabilir. Konturlar kilometre cinsinden yitilen dilimlerin tepe kısımlarının derinliğini; «-tarihsel dönemlerdeki aktif volkanları Kuvaterner volkanlarını gösterir. Başlıca HamUtonun (1974 b, 1979) veri ve yorumlarından fakat Çardwell v.d (1980)' Mc Caffery (1982) Mc Caffery v.d. (1980) ve Moore ve Silver (1982) in veri ve yorumlarıyla değişiklikler yapılarak alınmıştır.

zengin modern kamalarda yapılan sondajlar onlara, kamaların kendi ayak uçları civarında küli-pullu matrikse sahip kmk formasyonların oldukça değişken parçalarının, kamaların uzak aralarında, ise yapışık şekilde kiremit, gibi dizilmiş tabakaların bulunduğunu göstermiştir., Sunda kamasının tepesindeki ada görüntüsü başlıca Nias'ta etöd edilmiştir (Moore ve Karig, 1980; Moore ve diğerleri, 1980a). Buradaki yapışık metamorfize olmamış Alt Miyosen-Alt Pliyosen tabakaları yapısal, olarak kuzey doğuda kamanın üzerine gelirler, diğer 'yerlerde ise yaşlan belirlenmemiş malzemelerin polimiktik melanj bileşimindeki formasyonu kiremitler şeklinde, dizilmiştir. Melanj hafifçe metamorfizedir, son. derece makaslanmış ve parçalanmıştır. Hakim litoloji derin su kökenli terrijen kırıntılı çökellerdir, fakat üst okyanus kabuğundan, gelen çört ve bazalt parçalarını seyrek olarak daha derine yerleşmiş mafik ve ultramafik okyanus kaya parçalarını içermektedir. Fosiller yapışık, tabakaların, zamanla derinlikleri azalan sulara depolandıklarının açıklamaktadır. Melanjdaki tabakaların depolanma dokaitaklanmn bulunamamasına rağmen, Moore ve arkadaşları Neojen tabakalarının kamanın 'tepesinde depolandıklarını ve onlin kiremit gibi dizilmesini sağladıkları sonucuna varmışlardır. Alternatif olasılıklar, hiç olmazsa daha yaşlı Neojen malzemelerinin, yitileri. levhayı kazıdıkları ve kamaya doğru, az. bir iç deformasyonla kiremit gibi dizildikleri, veya bunların, yay önü havzasının dış kısmı oldukları zamanki okyanusal temelde depolandıkları, temelini yitilen levha ve kendi yitilmesiyle oluşan tektonik erozyon tarafından kaldırılmasından beri oluştuğu şeklindedir. Sonuncu olasılıkta ise yay önü sırtının, zamanla, denize doğru değil, yaya doğru, geç edeceği (Moore, ve diğerleri ve Karig, 1982) düşünülmektedir. Yaşı verilmemiş polimiktik. melanj formasyonu zamanla daha yaşlı Neojen tabakaları çökelişiminin büyük ölçüde üstüne gelebilecektir. Benzer sonuca vanmlar, California sahilinin benzer Kretase sistemi içinde bana uygun, gelmektedir, Burada geometrik ilişkiler daha iyi bilinmektedir» fakat yorumlamalar tartışılmalıdır.

Bazı araştırmacılar' (Örneğin., Silver ve Reed, 1988) anlamları belirsiz yansıma profillerini., eklenir kamalarda liste gelen levhaların perdeletmelerinin, genellikle yaya. doğru olan. yamaçlar oluşmasıyla açıklayıp yorumlamışlardır. Bu tür doğa olaylarının açık. olarak görülem. entel.eri., benim düşünceme göre» böyle yorumların genel değişebilirliklerininin kanıtlarından biridir.

Fosil eklenir kamaları öğrenenlerin çoğu bunların içindeki pekçok kmk formasyonun ve. melanjın kalın olistostromlar oluşturacağını düşünmüşlerdir (deni.zal.tma birden bire düşmeler.), Küçük, düşmeler' kamaların yüzeylerinde bol olabilir., Ancak yalnızca bir büyük düşme (Moore ve diğerleri, 1976) Sunda'nın veya diğer modern hendeklerin tabanlarını kesen yansıma profillerinde belgelenmiştir, Ben geneldeki olanaksızlık nedeniyle eklenir kamaların çökel-melanj yorumlamalarını, kabul ediyorum. Hendek yerleşmelerinde oluşan çökel melanjlar, kamalara doğru, kiremit, şeklinde, dizilmeli ve işlem suresince tektonize olmalıdırlar., Kamalardaki kırık formasyon, yamaç aşağı kayma, ile değil başlıca yitimle, ilgili makaslanmanın ürünüdür. Polimiktik melanjın görünen eklenir kamaları içindeki kırık formasyonlar ve mostra, ölçөгindeki yapışık tabakalar- oranı büyük ölçüde değişir. Aynı şekilde yumuşak çökelin kırılğan, deformasyona olan oranı da çok değişkendir. Bu değişkenlikler yakınsama oranlarındaki farklılıkları » kama-

'lara eklemekte olan. çökel tabakalarının miktar ve karakterlerindeki farklılıkları, ayrıca kamalar içindeki durumların farklılıklarını yansıtır. Yitilen litosfer lavhasının. parçaları ve. sağlamlaşmış çökeller kamanın dibine karşı kazanırlar- veya üste gelen levhanın altına taşınırlar.

Okyanusal litosfer üste gelen levhaların altında tipik olarak her milyon yılda yaklaşık. 50-100 km. ilk bir oranda kaybolur ve yitilen levhaların üstündeki en hafif malzeme, üste. gelen levhalara karşı tektonik olarak eklenmeye uğrarlar. Hint Okyanusu litosferinin 3000 km, lik kısmı, Sunda yitim sistemi çalışırken 30 milyon yılda Sumatra ve Java'nın altında, kaybolmuştur ve oldukça fazla, "uzağa taşınmış" malzeme eklenir kamada birleşmiştir. Batı kuzey Amerika, boyunca ve dünyanın pek çok diğer kısımlarında, olduğu gibi yitim, karmaşıklarda daha çok belirlenmiştir. Bunlar böyle yitim sistemi dizilerinin ürünlerine eklenmişlerdir..

Aktif okyanus arası ada yaylarının yaya doğru olan. yamaçları, için. örnekler, yitilen. levhada az, çökelti mevcut olduğu., böylece .az eklenir kamanın mevcut olduğu Manama ve Tonga hendekleridir, Manana yamacı başlıca yay kökenli şu rnağmatik kayalardan ibarettir; kalkalkalen, toleyitik ve yüksek mağnezyumlu bazaltlar, andezitler, dasitler, iki piroksen!! ktmülat ve masif gabrolar, hem kiimulat hem. de kalıntı tiptekileri içeren serpantinleşmiş' ultramafik kayalar (Bloomer, 1983; Bloomer ve Hawkins, 1983; Mailand ve Taney, 1981). Tonga yamacında, ilksel yay kayalarının kabuk üst manto kesimine ait olanlarının, hemen hemen 'tamamı görülmektedir (Bloomer ve Fisher, 1987).. Burada üste gelen Mariana ve Tonga, levhalarının, temellerinde tektonik erozyon olduğu, sonucuna varılmıştır. Benzeri karmaşıklar., eğer eskiden, eklenen alanlarda karşılaşmışlarda "ofiyolit" olarak niteleneceklerdir, fakat bunlar açıkça yay kökenlidirler (Bloomer ve Fisher,» 1987; Bloomer ve Hawkins» 1983).

Yay Oui. Havza Sunda, sisteminde yay onu sırtı, ve kıyı çizgisinin .arası 150-200 km. eninde ve Sumatra kesiminde en. az 5 km. tabaka içeren batimetrik ve yapısal yay önü havzasıdır (Beaudry ve Moore 1981; Hamilton 1979; Karig ve diğerleri 1980a). Havzanın yaya doğru, olan tarafında, Alt Miyosen ve daha sonraki tabakalar, daha ilerideki -kara tarafına doğru tedricen temel üzerine bindirirler, Okyanus tarafında ise tabakaların yay onu sırtına doğru olan deforasyonları artar. Enformasyon hem. yaya. doğru yönelmiş ters fayları, hem kıvrımları., hem de kıvrımların içine doğru diyapirik şeyi yükselmelerini içerir. Temel genellikle yansıma verileriyle taumlanmamıştır. Axdarda daha .genç tabaka -paketleri yaya. doğru yer almıştır.. Bu yer alma Peru ve Şili'nin (Coulboun ve Moberly 1977) ve Luzon'nun (Lewis ve Hayes 1984) yay onu havzaları için. yayınlanmış verilerinde daha iyi belgelenmiştir. Havzayı belirleyecek temel yükselmesinden Önce» derin suda-ki sırta doğru, gelişmiş- birimler şeklindeki çökelişimlerin olduğu Sunda yay önü havzasının okyanus tarafında, şimdi derin tabakaların yaya doğru eğimli olarak görüldüğü yansıma, profillerini inceledim., Aleutian, yay önü havzası kendi ön taraf mm yükselmesine benzer şekilde gelişmiştir (Harbert ve diğerleri., 1986). Hem Sumatra (Kieckäfer ve diğerleri., 1980) hem. de Java (Naomi Bearon, 1982, yazılı görüşme) havzalarının dış kısımlarının altındaki temel tipik okyanus kabuğu (kıta kabuğu değil) hızlarına sahiptir. Halbuki Sumatra kesiminde bu hıza ait kabuk kalınlığı tipik okyanusal litosferden oldukça fazladır»

Bu, ve diğer modern yay önu havzalarının özelliklerini, Önceden, araştırılmış yay önu sırtlarının özelliklerini ve bir yay önu havzası dolgusunun» -üste gelen kıtasal levha önüne •tutturulan dar bir okyanusal 1st litosfer şeridi ile kıtasal kabuk arasındaki sınıra, karşı gelerek depolandığı şeklindeki düşünceleri, ve benzeri bazı eski özellikleri birleştirdim.. Havza. ba.sli.ca eklenir karna melanji ve onun altındaki doldurulmuş çökel paketleri, halinde.., üste gelen levhanın ince okyanusal ön kenarının yükselmesiyle oluşur. Havzanın derinliği . bu yükselen ön kenarın arkasındaki efelik aşağı bükülme tarafından artırılır.. Yay önu, sırtı, üste gelen ön kenarın, önündeki» kar temizleme makinası tarzında toplanmış eklenir kama enkazının. zirvesidir, ön kenarın üzerine gelen, yığıntılar, havzanın sığ tabakalarının üzerinde graviteye bağlı olarak yaya doğru, üst ttste gelirler, Tektonik, erozyonun üste gelen levhanın ön kenarını düzenlediği şekilde» yay önu, sırtı levhaya .göre. nisbeten yaya doğru, göç. ©der ve yay önu havza daraltılır.

Benzer özellikteki yay önu. havzaları,, kıtaların yitim, sistemi kenarları ve. olgun ada yayları boyunca yaygındır., Sırt ve havzalar yapı kadar badmetrede de .gösterilebilirler (modern Sunda sistemi ve California'nın "Vadi Fasiyesi"nin Alt Kretase kısmının paleobatimetrisi ve uzunlamasına depolanması gibi) veya yapısal sırt ve havzanın altına, girdiği bir batimetrik şelf gibi görülebilirler (modern Şili, Alaska ve "'Vadi Fasiyesi"nin daha çok Üst Kretase ve Paleosen kısımları, gibi).. Bu tür yay önu havzalandaki temel tabakalar genellikle, pelajik çökeller ile havzaları ve onları sınırlayan yitim sistemlerinin başlamasını bozan abis al yelpaze tabakalarıdır.

Yay önu havzalarının dış kısımlarının görünen temeli okyanus kabuğundan ibarettir (Örneğin, Kretase California'sı Hamilton 1978b» Ingersoll ve Schweickert, 1986; Orta Tersiyer Luzon'u Bachman ve diğerleri, 1983; Karig 1982) ve kenar havzası kökeninin pekçok durumları tartışmalıdır Sunda sistemi dahil modem havzaların temelinin benzer bir kökeni jeofizik verilere göredir. Üste gelen kıtasal levhaların ön kenarı genellikle, 100 km. genişlikteki bir okyanus litosferi şeridi olabilir. Aşağıda açıklandığı gibi, göç eden bir okyanusal ada yayının arkasında bu sırada yayın bir kıta veya diğer bir yayla çarpışmasıyla muhtemel bir şerit oluşur. Şerit, o sırada, yitim kutupsallığının zıtlaşmasının meydana gelmesiyle genişleyen kabuk kütlelerine birleşir.

Kısalmanın Olmayışı Sunda ve diğer yay önu havza dolguları ve bunların ince üst levha litosfer temelleri, kendi genişliklerine karşıt olarak yaygın bir şekilde kısaltılmazlar. Halbuki bunlar sırta doğru olan taraflarında tektonik erozyonu ve kırışmayı etki altına alırlar. Endonezya ve diğer aktif yitim sistemlerindeki pekçok yay önu havzasını kesen yansıma profilleri üzerinde kalın ve bozulmamış havza dolgusu tabakalar görülebilir. De formasyonun olmayışı, üste gelen levhaların ön kenarlarının yitilen levhaları kırıştırdığı şeklindeki yaygın varsayımı (örneğin, Hutchinson, 1980) çürütmektedir. Çok fazla makaslama, üste gelen bir levhanın önünde, itilen eklenir kamayı kiremit gibi üst üste getirir. Fakat bu levha genellikle kısaltılmaktadır. Pekçok modern mağnatâk yaya karşıt durumda kısalma değil hafiften şiddetliye doğru uzama ortaya çıkmaktadır. Belki de bu, dikçe batan yitilen dilimlerin aşağı doğru» altta uzanan mantonun yerini alması nedeniyle olmakta; dilimlerin üzerlerindeki manto, astenosfer

ve litosferin, uzamasıyla sonuçlanmaktadır;.

Yay Terslenmesi ile İlişki Yitim sistemlerinin. tipik, faaliyetlerine, kalın kabuksal kütleler arasındaki bir çarpışmayı izleyen yitim, kutupsallığının terslenmesi ile başlanır. Yitim, artık yeni yeni genişleyen kabuksal kütle içinde oluşabilir ve yakınsama devam ederek yeni bir yitim sistemi, genişleyen kıta kütlelerinin okyanusal tarafını deler. Delme genellikle ince ve kalın kabuğun arasındaki sınırdan olmaz. Fakat bu sınırdan 100 km. kadar okyanusa doğru okyanus litosferi içinde olur. Böylece okyanus litosferinin bir şeridi, yeni yeni belirlenen üste gelen levhanın ince ön. kenarına dönüşmektedir.. Bir ada yayı çarpışmasını izleyen bir terslenme durumunda bu okyanusal şerit, göç eden yay tarafından oluşturulan yay ardı havzasının en genç parçasıdır, ondan sonrası ise yalnızca çarpışmanın kendisinden biraz daha yaşlıdır. Böyle bir açıklama Geç Jura. California'sı için. çok. iyi şekilde belgelenmiştir (Ingersoll ve Schweickert, 1986),, ayrıca Sumatra ve Java'dahil pekçok diğer yaydan alman verilerle de uyumludur (Hamilton, 1.988 b). Karşıt görüşler Karig (1.982) tarafından anlatılmıştır.

Yüksek Basınç Metamorfizması Sunda sistemindeki Neojen melanji içinde şimdilik bilinen, tek yüksek basınç metamorfik kayaları» Moore ve Karig; (1980) tarafından Nias'ta bulunmuş olan. granadı amfibolit bloklarıdır (Glokofan şistlerin,, daha doğuda Banda kesimindeki Neojen. melanjında mevcut olduğu bilinmektedir). Mavi şist ve yer yer eklojit ve granadı amfibolit fasiyeslerine ait yüksek basınç metamorfik. kayalarının, ise Endonezya bölgesinde ve dünyanın başka yerlerindeki Pre-Neojen Fanerozoik yitim karmaşıklarında geniş olarak, yer aldığı 'bilinmektedir., Böyle kayaların petrolojisine •göre bunlar daha çok 25-45 km., İlk derinliklerde,, nisbeten düşük-orta sıcaklıklarda metamorfizm olmuşlar' ve jeotermal gradyanın böyle derinlikler için normal değerlere dengelenmesinden önce sığ derinliklere dönmüşlerdir. Bu açıkça, yitimle üretilen bir geri akış oluşumudur (örneğin,, Cloos, 1985,, ve Wang ve Shi, 1984),, Dünya çevresindeki pek çok oluşukların jeolojik ilişkilerinden ve modem kamaların geometrisinden yola çıkarak, böyle metamorfik kayaların asla hendek,, yay önu sırtı ve yitilen litosfer arasındaki bir eklenir kama içinde oluşamayacağı, daha çok üste gelen levhanın, altında, yitilen. sadece kabuksal ve kabuk, üstü malze-m.eleri oluşturacağı sonucuna varıyorum.

Yitilen levhalardaki çökel, kısmen eklenir kamanın yan.m.dan geçebilir ve üste gelen levhanın, oldukça altında gidebilir., Bu durum güney California'daki antiklinal pencerelerinde, metamorfize olmuş okyanusal çökelinin ve kabuksal kayaların geniş olarak görüldüğü (Pelona, Oroopia ve Rand, şistleri, olarak adlandırılmıştır) alt kıtasal kabuğun altında meydana gelmiş Üst Kretase'nin üst seviyelerindeki, yitilme ile doğrudan ortaya, çıkmıştır;.

Mesozoyik yaşlı California ve diğer derince aşındırılmış eklenir kama sistemleri, ve yay -önu havzalarının benzerliği nedeniyle, üste gelen. Sunda levhasının yan-havza ön kenarının altında, melanjin şimdi, mavi şist fasiyesinde ve belki de eklojit fasiyesinde metamorfize olmakta olduğu sonucuna varıyorum. Havza dolgusunun altında okyanusal kabuk hızındaki kalın zon Kieckhefer ve diğerlerinin (1980) tanımladığı gibi,, havzaya temel olan üste gelen levhanın, bunun altındaki meta çökel kayaların ve hala. daha derine, yitil-

rnekte olan Hint Okyanusu levhasının kabuğunun oluşturduğu kalın bir yay tipi ofiyolitik sandviçin örneği olabilir.

Mağmatik Yay Sunda volkanları şimdi, manto depremlerinin eğilmiş Benioff zonunun tepesinin yaklaşık 100 km. üzerindeki bir kuşakta veya orta düzlemin yaklaşık 130 km. üzerinde püskürmektedirler (Hamilton, 1974 a, 1978 a; Hayes ve Taylor 1978). Bu mağmatik yay Sumatra'da kıtasaldan, Java'da geçiş niteliğine, Bali, Lombok ve Sumbawu'da ise olgun bir okyanusa! ada yayı tipine değişmektedir. Sunda sistemi volkanizması, Sumatra'da Erken Miyosene kadar başlamamıştır. Orta Tersiyer volkanik kayaları geniş yay ılımlıdır! ar, fakat bunlara karada çok yetersiz bir şekilde yaşlar verilmiştir. Ancak başlangıç dönemi ve sonraki ana silisli mağmatizmanın devamlılığı belirlenmiştir. Tayland Körfezi'ndeki sondajlarda Alt-Orta Miyosen yaşlı fazlaca volkanojenik karışık tabakalı killer ve daha yukarıda da seyler tesbit edilmiştir. Volkanizmaya, sondajlarda geçilen ara katkı tabakalarının paleontolojik yaşıyla yaş verilmiştir. Bu yaş güney Java'nın kıyı ötesinde Geç Oligosenedir. BE mağmatizmanın Sunda sistemini mi yoksa Sunda sistemi kıtası ile çarpışan bir okyanusal ada yayını mı açıkladığı belirsizdir. Fakat orta ve batı Java ile kuzey ve kuzeybatıya olan şefflere karşı gelen Üst Oligosen ve sonraki tabakaların devamlılığı, bu bölgenin bu durumda Güneydoğu Asya'nın, yapışık bir parçası olduğunu göstermektedir. Sumatra, ana karasının Paleojen'i kara içinden, ileride değinilecek olan çarpışan, yaya doğru Güneydoğu Asya kratonik kaynaklarından gelen alçak ve duraylı bir' kara kütesine karşı gelen yay öncesi çökelişini işaret etmektedir.

Mağmatik yayın volkanları, içinde Java ve Sumatranın Miyosen öncesi kayalarının çok görüldüğü bir jeantiklinalin üzerinde yükselmektedirler. Bu jeantiklinal tahminen, mağmatik şişmenin ve önceden var olan kabuğun termal olarak yükseltilmesinin bir ürünüdür., Kıtasal Sumatra, volkanik kayalar öncesinin jeantiklinaline sahiptir. Ben burada, volkanları oluşturacak 'kadar magmanın, yüzeye erişmesinden önce, büyük, miktarlarda migmatitleri oluşturacak mağmatik sıcaklıklara yakın intrüzyanlar tarafından ısıtılan, bir kabuksal sütunun bulunduğu düşünüyorum.

Volkanik kayaların bileşimi sistematik olarak, içinde magmaların püskürdüğü kabuğun karakteri ile değişmektedir., Sumatra'nın kabuğu,, silisli radyojenik granitlerin oluştuğu Geç Paleozoyik'te kıtasaldı ve olasılıkla Prekamtariyen sırasında da aynı şekildeydi., Ancak, bu yaşı verecek hiç bir kaya belirlenmemiştir. Bu kıtasal kabuk üzerindeki modern mağmatik yay kayaları bileşim bakımından genellikle silisliye doğru ortaktır., Bunlar hacim bileşimi olarak yaklaşık riyodasitlerdir (granodiyorit), az miktarda bazaltlar da vardır. Çok miktarda Geç Pleyistosen silisli ign.im.brit erüpsiyonlarının eşlik ettiği çökmenin meydana getirdiği Toba Gölü. kalderası, herhangi bir yerde bilinen en geniş kalderachr ve şimdye kadar haritalanmış en. geniş üst kabuk granitik plütunu olan., California'daki Sierra Nevada'nın Geç. Kretase yaşlı Whitney Dağı plütunu ile hemen hemen aynı boyut. ve. şekildedir. Ncojen öncesi kabuğu, hemen hemen kıtanın kalınlığında olan,, fakat melanjlar ve mafikten ortaca .kadar ki mağmatüc kayalardan ibaret olan Java'daki genç volkanik, kayalarda mafikten ortaca kadar değişim gösterirler (başlıca piroksenli .andezitler ve yüksek alumina bazaltlar ile ikincil olarak da dasitler). Benzer mafik ve ortaç kayalar, tama-

men. Neojen yaşında, kayaların, görüldüğü Bali ve Sumbawa'nın olgun, okyanusal ada yayını karakterize ederler. Daha da doğuda, ilerde tartışılacak olan Banda Yayındaki volkanik yay daha. gençtir ve Sunda, .kesiminin olgun okyanusal kısmındakilerden petrolojik olarak daha az, gelişmiş olan. daha ilkel baz.altlard.an ibarettir. Gelişmiş ve silisli, mağmatik kayalardan, daha ilkel ve mafik olanlara doğru deneştirilebilen geçişler, devamlı mağmatik yayların kıtasaldan okyanusal litosfere doğru kestiği Pasifik çevresinin herhangi bir yerinde: görülebilirler.

Hint. Okyanusu litosferi Sunda kes.imi.nin tümünün altında yitilmektedir ve tahminen yitimle ilişkili, işlemlerle oluşan derin, proto-mağmalar (yitilen sulu kayaların yitilmesinin dehidrasyonu sonucu mantonun ergimesi.?), kesimin uzunlamasına olarak tümü. boyunca mevcut olivince zengin bazaltik ergimelere, benzemektedir. Yüzeye erişen, volkanik kayalar, içinden, geçtikleri, kabukla ve kabuk içinde olan reaksiyonlar tarafından, oldukça fazla, değiştirilmişlerdir. Daha da doğudaki ilkel kayalar bile .sığ derinliklerde dengelenmiş magmaları belirlerler:. Hiç bir 'derin manto magması büyük değişiklikler olmaksızın yüzeye erişemez.

Âna Sunda, mağmatik kuşağının kuzeyindeki volkanlar, bize yitilen dilimlerin derin kısımlarının üzerindeki erüpsiyonları karakterize eden., silise göre potasyum, yükselmesi dahil, değinilen, tüm değişiklikleri gösterirler.

Sumatra*Min Neojen öncesi Tektoniği Sumatra ve Java'nın altındaki Hint Okyanusu, litosferinin yitilmesine .karışan, modem Sunda sistemi sadece Orta Tersiyer'de faaliyete başlamıştır. Daha. eski jeoloji oldukça farklı tektonik, sistemlerdeki yitimi belirlemektedir.. Sumatra'nın büyük bölümü hiç. olmazsa Geç Paleozoyik'ten beri kıtasaldır ve Geç Paleozoyik ve Erken Mesozoyik kenetlerinde (Sutar) ve Malaya Yarımadasında olduğu, gibi mağmatik. yayların aynı sistemine aittir., Orta Jura zamanında orta. Yeni Gine'de olduğu şekilde, şimdi Sumatra da riftleşmiş olabilir ve bunun bir riftleşmiş kenar tabakalı kama olduğu, sonucuna Sumatra dan sunulacak yetersiz verilerden, hareketle varılmış olabilir.. Diğer taraftan Java tamamen, mağmatizmanın Jura soması yitimle ilişkili süreçleri ve tektonik eklenme ile meydana, getirilmiştir., Sumatra'nın Neojen öncesi jeolojisini gözönüne alan pek çok istikşaf verileri, seyrek arazi traverslerinin ve kısa kaya tanımlamalarının zorlanmalarıyla oluşturulan (Bennett ve diğerleri 1981 ; Cameron ve diğerleri 1982; Rock ve diğerleri» 1983 gibi) 1 / 250.000 ölçekli fotojeoloji haritaları şeklinde, benim 1979 tarihli kitabımdan beri yayınlanmaktadır. Ben bu çalışmalarını, eski kıta kabuğunun Geç Jura öncesi yaşlı kayalarının, güneybatıdaki polimiktik yitim melanjının geniş bir kuşağı ile Geç Mesozoyik ve (?) Paleojen yaşlı kırık formasyonunun sınırını teşkil ettiği şeklinde yorumluyorum. Bu eklenir kama karmaşığı hem bu yazarlar tarafından melanj ve serpantin olarak tanımlanan küçük alanları, hem de geniş y ay ılımlı kırık formasyonunun ve pol imiktik melanjın gözlendiğinin kısa tanımlarla belirtildiği doğu Woyla Grubu ve Babahrot ve Belok Gadang formasyonları olarak, gösterilen daha geniş .arazileri içermektedir (Bu raporda başvuru olan kaya birimi adlan az. litostratigrafik önem taşımaktadır)'. Bu. geniş eklenir kama bölgesi Sumatra'nın uzak. kuzey orta kısmı boyunca uzanmaktadır. Bunun dağılımı aktif sağ af imli Sumatra fay sistemi tarafından karmaşık kale getirilmiştir. Fakat. orta. Sumatra'da .güneybatı kıyasına yakındır. Güney Sumatra'da ise söz konusu

kıyı kuşağında Neojen öncesi kayalar görülmemektedir., Olasılı geniş melanj kuşağının batısına doğru, harita 'yapanlar tarafından batı. Woyla Grubu olarak kabul edilen bir kaç lokali» tede paleontolojik olarak Geç Jura ve Erken kretase. yaşı verilmiş, ada yayı tipinde, bir volkanik, volkanoklastik ve çökel kayalar kuşağı yer almaktadır,

Ben bu ilişkileri» kuzeye doğru göç. eden bir okyanusa! ada yayının, orta Jura'da Yeni Gine'den ayrılması nedeniyle» bir sürüklenen kenar haline gelmiş olan. Sumatra kenarı ile Paleojen'deki çarpışmasını, açıkladığı şeklinde yorumluyorum. Sumatra ve Hint Okyanusu'nun yakınsaması devam etmiştir ve şimdi aktif olan yitim sistemi,, ilerleyen yayın arkasında oluşmuş olan. kenar' denizi litosferinin dar bir şeridini, terk ederek çarpışmayla genişletilmiş olarak, yani üst levhanın ön kenarı halindeki kıtanın güneyini delmiştir (Bennett ve diğerleri, 1981 ve Rock ve diğerleri 1983, güeybatı kayalarının ada yayı karakterlerini ayırt etmişler fakat benimkinden, oldukça farklı yorumlamışlardır).

Java'nın Neojen Öncesi Tektoniği Java'daki modern yitim sistemi Geç Oligosenden, daha erken bir zamanda başlamamıştır. Neojen öncesi kayalar, orta ve güneybatı Java'da sınırlı sayıda, küçük alanlarda, Geç Kretase ve Erken Paleojen yaşlı polimiktik melanjlar halinde ve üstte gelen Orta veya Geç Eosen'den Oligosene kadar' yaşlı kuvarslı kırıntılı tabakalar ve sıg su "karbonatları şeklinde görülmektedir. Kuzey Java'nın yüzey alımdan ve lava Denizi şelfinden daha çok. bilgi elde edilmiştir. Temele, hakim olan Kretase ve Erken Paleojen yaşlı melanj, yaygın olarak görüldüğü güneydoğu Borneo ya doğru olan şelfi keserek Java'dan kuzeydoğuya, doğru giden geniş bir kuşak, halindedir.. Bu melanj kuzeybatıya, doğru Borneo ve Java. Denizi'nin temelinde geniş y ayılımı Kretase yaşlı granitik ve volkanik, kayalar olarak ikiye ayrılabilir. Paleojen esasında batı ve orta. Java ile. Java Denizi,- tektonik olarak ve mağmatik olarak hareketsizdi ve Malaya Yarımadasının tümünü, Sumatra'nın büyük bir bölümünü içeren yarı kıtaya doğru, eriyerek birleştirilmişti ve yitim, küçük kıtanın karşı kenarının altındaydı; Güney Çin. Denizi, litosferi de o sırada şimdiki kuzeybatı Borneo'nun altında güneye doğru yitilmektedir.. Paleojen'de kuzeye doğru, göç eden bir yay Java ile çarpışmışsa Sumatra için beklenen yorumda olması gerektiği gibi, böyle bir yaya ait olabilen orta Java'nın güneyinde- sondajla kesilen. Üst Oligosen yaşlı volkanik, kayalar' da şimdi, kıyı ötesinde yeraltında uzanmaktadırlar. Doğu. Java, Bali, Lombok, Sumbawa ve Flores bilinen bütün Neojen öncesi karmaşıkların doğusunu kaldırıp atmakta ve sadece okyanusa!. Neojen yaşlı ada yayı kayalarını göstermektedir.

. Meojen. **Deformasyonu** Jeosenklinal teorisinin, en popüler olanı, büyük kabuk kısalmalarını yay magmatizmasının bir habercisi olarak varsayanıdır. Böylece bir ^formasyon ne Sunda sisteminde ne de. diğer modern mağmatik yaylarda belirlenmemiştir. Java'da Orta Tersiyer' tabakaları açık. bir şekilde kıvrımlıdır; deforasyon mağmatik merkezlerden, uzağa doğru konsantrik olma eğiliminde olarak yoğunluk, yönünden azalma gösterir (Djuri, 1975); -ve mağmatik adaların ve büyük yapıların gravitasyonal yayılmaları .muhtemelen defo.rma.syonun ana nedenlerinden biridir. Sumatra'da modern, volkanik kuşağın içinde fakat, yerel merkezlerin uzağında bulunan Orta Tersiyer- yaşlı mağmatizma öncesi tabakalar yarı yatay veya yatlı eğimlidirler ve normal faylanma gösterirler. Mağmatik

kabuk kalınlaşmasıyla ilgili gravitasyonal yayılma, Sumatra için. de düşünülebilir., Sıkışma deformasyonu olmayan normal faylanma genellikle olgun ada yaylarının eski kısımlarında görülür.' Fakat hafif kabuksal kütlelerin, çarpışmalarının karıştığı veya yatlı eğimli, bir yitilen levha üzerinde,, üstte gelen, bir kıtasal levha şeklindeki yakınsamanın çok hızlı olduğu, yerlerde, şiddetli kısalma ve ana kabuk, ters faylanması sonuçları ile karşılaşılabılır.

Banda Yitim Sistemi

Banda Yayını,, Sunda kesiminden doğuya doğru, devam eden büyük bir yitim sistemidir. Sistemin karakteri doğrultusu boyunca, oldukça fazla değişmektedir. Okyanusal litosfer Sumatra'da bir kıtasal levha altında,, Java'da geçişli litosfer altında, ve Bali-Sumbawa-Flores kesiminde başka bir okyanusal levha, altında yitilmektedir; Banda Yayını'nda bir okyanusal yay şu. anda Avustralya kıtası ve yeni Gine ile çarpışmaktadır. Bu çarpışma Neojen'de doğuya, doğru tedricen daha. gençleşmektedir' ve yay karmaşığı kıtaya eklenirken, yitim yayın güney kolunun. altında» güneye doğru dönüşerek 'terslenmektedir. Banda yayının güney kolu tamamen Neojen. yaşlıdır' ve doğuya doğru gidişi, boyunca mağmatizmanın başlangıç döneminin, yaşı tedricen gençleşmektedir; yay zamanla, boyca uzamaktadır. Doğu. Banda Yayında hendek, yay önü sırtı, havza, ve volkanik yayın, hepsi, dar bir' kavisin, etrafında konsantrik olarak gidişlidir. Depremlerin, iyi tanımlanmış bir Benioff zonu, Sunda. Yayının eklenir kamasından ve Banda Yayını'nın güney kolundan derin mantoya doğru, kuzey istikametinde dalmaktadır. Sismik zon doğuda, batimetrik özelliklere konsantrik olan, hafifçe doğuya, doğru, dalan, fakat sadece Banda Yayını'nın. geometrik ekseninin, biraz kuzeyine doğru belirsiz olmadan, iz bırakılarak, kaşık şeklinde bir zon. belirleyen bir kavis çizer, Benim. 1979 ve daha önceki yayınlarımızın çeşitli sonuçları,, başkaları tarafından kopya edilmiş ve bazıları buraya da alıntısı yapılan daha fazla jeofizik verileriyle genişletilmiştir. •

"Hendek. Sunda kesimindeki hendeğin okyanusal litosferi örtmesine karşılık,, Banda kesimindeki sıg. hendek,, yayın, tüm kavisin etrafında kıtasal kabuğu örtmektedir., Hendeğin, ve eklenir kamanın diğerlerinden farklı tektonik morfolojisinin yayın etrafındaki devamlılığı,, yansıma „profil-lerinin sonuçlarıyla, gösterilmiştir. Hendek, bir 'taraf. Ayust-ralya-Arafura-Yeni Gine kıtasal şelfinden, diğer taraftan eklenir kamanın, ucundan, aşağı doğru, yay çizen sıg su tabakaları arasındaki hafif dihedral açıyı işaret eder. Eklenir cephe, şelf tabakaları içinde gelişen yeni ters fay dilimleri, halinde kesikli bir şekilde ilerler (Karig ve diğerleri, 1987). Kıtasal kabuk, hiç olmazsa, yay önü sırtının iç kenarına doğru eklenir- kamanın altında uzanacak kırılma (refraksiyon) verileriyle belirlenmiştir (Bowin ve diğerleri 1980; Jacobson ve diğerleri, 1979).. Mc Caffrey ve diğerleri (1985) kıtanın ince ön kenarının Timor kesiminde 150 km., lik bir derinlikte yitilmekte olduğu ve hala derince yitilen okyanusal litosferin bağımsız bir şekilde ayrılıp battığı sonucuna: varmışlardır.

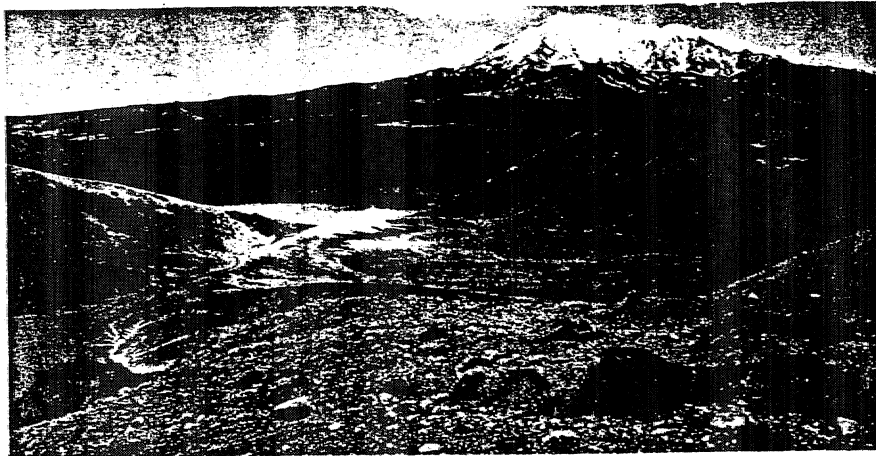
Yay Önü Sırtı Eklenir kamanın, tepesi Java'dan Flores'e tamamen denizaltındadır. Fakat kıtasal kabuk,, üzerinde durduğu yerlerde ve yüksek Timor adasını; daha alta. daha. küçük ve daha geç 'başlayan adaları Banda, Yayını'nın dar doğu. kavisinin etrafında; geniş ve yüksek Seram'ı ise sistemin kuzey kolunda oluşturmaktadır. Düşük „yoğunluğu malzemenin kalın bir' kümelenmesi halinde yayın çevresindeki kamanın de-

vamlılığı, devamlı gravite anomalisi tarafından belirlenmiştir (Bowin ve diğerleri (1980)), Hamilton (1979)*da verilen ada jeolojisi tanımlamalarına eklenen ayrıntılar benim eklenir kamatanımlamalarımı oluşturmuştur. Karna polimitik melanj ve kırık formasyonların kiremit gibi üst üste gelmelerinden ibarettir. Bu formasyonlar genellikle yaya doğru eğimlidirler; kamanın üstünde ilerlediği kıta şelfinden gelen tabakalar, kamanın tepesinde çökelen tabakalar, abisal pelajik çökeller, hem. ofiyolitik hem de kıtasal kristalen. kayaların dilimlerini ve parçalarını içeren değişebilen yapışik tabakalardır. Yay önü havzası malzemeleri, üste gelen levha temelinin, bunları tektonik olarak, kaldırmısından sonra kamanın içine doğru üst üste dizilebilmektedirler. Kamanın tepesi hem kamanın içine doğru üst üste gelme- nedeniyle kalınlaşmasıyla hem de kıtasal, kabuk üzerine dışa doğru ilerlemesiyle yükseltilirken,, Kuvaterner resifleri de deniz seviyesinden yaklaşık 1000 m. yükseltilmişlerdir.

Berry ve Grady (1981), merkezi Timor'un kuzey kenarındaki bir ofiyolit kütleli olan ve dışa doğru en üstteki amfibölü fasiyesinden yeşilist fas iyesine doğru azalan çökel kayalardaki metamorfizma.yi araştırmışlardır.. Hornblendten alman potasyum-argon yaşları, metamorfizm anın yaklaşık

Orta-Geç Miyosen yaşında olduğunu göstermektedir. Berry tarafından haritalanmış ilişkileri yorumlarken, üzerine ilerlenen ada yayının, sıcak ön kenarı olarak kabul ettiğim ofiyolit tabakasının allında,, aşağı doğru metamorfizma sıcaklığının azaldığı, sonucuna varıyorum. (Berry ve Grady ise düşey veya doğrultu atımlı tektonik olduğu sonucuna varmışlar ve- sıcak, kaynak önermemişlerdir). Tethyan bölgesi ..sıcakken yer değiştirmiş olan pekçok benzer ofiyolit 'kütlelerine sahiptir. Daha da batıdaki. Timor kuzey sahilinde ise Üst Miyosen yaşlı toleyitik ve kalkalkalen bazaltlar güneye doğru kama üzerine ters faylanmışlardır (Abbott ve Chamalaun. 1981); ben yine ilerleyen yayın üzerine- bindirme sonucuna varıyorum.

Yay Önü Havzası Yay önü havzası Banda Yayını'nın etrafında. (Sumba hariç) devamlıdır. Az deforme olmuş tabakalar havzanın dışındaki yay önü sırt üzerine bindirmişlerdir ve iç tarafta nıağmatik yayın volkanoklastiklerinin içine doğru derece lenirler. Batimetrik havza, Weber derinliği'ni belirleyen dar atoalı şeklindeki, kavisinin eksenine doğru, (bu eksende- derinlik tam 7.5 km.ye erişir), Banda Yayının her iki kota. boyunca,, simetrik olarak, derinleşmektedir. Havzanın üste gelen, litosferin ince ön kısmının elastik sapmasıyla oluştuğu', kenarının da, altta hem. eklenir' kama melanjı hem. de kıta kabuğu tarafından



A



B

Şekil 5. Yeni Zelanda'da North Island'ın modem volkanik yayının volkanik kayaları. A. leantiklineal üzerinde duran yayın. uzantısız güney ucundaki Lower Tama. Gölü patlama 'kraterleri ve Ruapehu bazaitik andezit, stratovolkani. B. Deniz yüzeyinin çok az üzerinde olan yayın hızlı uzanımh. kuzey kısmındaki orta. Kuvaterner yaşlı normal faylanmış ve dönmüş silisli, biyotitli riyodasitik ignimbrit tabakaları., Paeroa Range, Rotorua gölünün 25 km. güneyindedir.

doldurulduğu sonucuna varıyorum. Bu depresyon üç taraftan gelerek Weber Derinliği'nde bir araya toplanır,

Havza Banda Yayının güney kolunun ve doğu kavisinin etrafındaki herhangi bir yere nazaran „ kuzey ve doğu Timor boyunca daha dar olarak saplanmış. Ben, üste gelen levhanın ön kenarının tektonik, olarak erozyonuna ve bu ön. kenar üzerindeki tabakaların çökeldikleri Timor kamasının içine doğru kiremit şeklinde üst üste geldiklerini, düşünüyorum. Havzanın, bu ve diğer kesimleri içindeki yitimin yansıma, profilleri hakkında; önerilemeyen yitim tarafından daralma oluşturulması (veya Weber Derinliğinde derinleşme) hakkında hiç bir fikir yoktur. Kuzey kolunun batı Seram kesimindeki Bum*da. Banda Yayının konsantrikliği bozulmaktadır. Yay önü sırtının bu kısmından içeriye doğru hiçbir yay önü havza mevcut değildir. Tahminen tükenmiş magmatik yayı temsil eden ve silisli kıtasal kayalar içinden püskürmüş olan. Pliyosen yaşlı volkanik kayaların adaları (Abbott ve Chamalaun, 1981) sırttan, sadece dar boğazlarla ayrılmışlardır. Öten, levhanın tektonik, erozyonu burada, açıklamanın bir parçası olabilmektedir.

Geniş Sumba adası, yay önü havzası veya her ne ise onun içinde yükselmektedir' ve onun deforme olmamış Miyosenden. Kuvaterner'e kadar yaşlı tabakaları havzayla devamlılık gösterirler. Ada, Miyosen öncesi, yaşlı kristalen ve çökel kayaların, az anlaşılmalı bir karmaşığının «zerinde domlaşmış olan havzanın yükselmiş bir parçasıdır. Ben. burayı Java şelfinden rifüleşmiş bir kabuksal parçayı temsil eden eski kayalar olarak düşünüyorum (Hamilton, 1979), halbuki Silver ve diğerleri (1983) Avustralya'nın önünde, havzanın altında yitilmiş kabuk parçalarının bir temsilcisi olduğunu söylemişlerdir.

Magmatik Yay Banda Yayının güney kolu ve doğu kavisini etrafında magmatik yay devamlı ise de, tarihçesi duruma bağlı olarak, sistematik şekilde değişmektedir. Güney kolun batı kısmında Erken • Miyosen olan,, doğu kısmında ise PliosenTe ve belki de dar doğu. yayı içinde Kuvaterner'e kadar gelen magmatizmanın başlangıç döneminin yaşının azalması ile, yayın güney kolu. boyunca doğuya doğru uzanan büyük magmatik yapının genişliğinin, ve hacminin azalışı uymaktadır (Tarihi sonra belirlenecek benim mon.ografim.deki veriler- Abbott ve Chamalaun 1981 ve Su w ama ve diğerleri,, 1981, i. içermektedir). Keskin doğu kavisini etrafındaki magmatik yay,, sadece,, dar ve zayıf devamlılık gösteren bir- sırtın tepesindeki, küçük,, aktif volkan adaları tarafından temsil edilmektedir. Volkanik kayalar' daha yaşlı kesimde, andezitten gelişmiş bazaltlara» genç kesimde ise andezitten, ilksel bazaltlara doğru uyum içinde değişmektedir. Volkanik kayalar, yayın .kusa, düzensiz kuzey kolunda Pliyosen yaşlıdır. Fakat burada tektonik ilişkiler- çok az .anlaşılmalıdır., Volkanlar' magmatik yayın güney kolu boyunca ve yayın, doğu kavisini, etrafında şu anda. aktiftirler. Bunun istisnaları doğu Timor'un kuzey ve .kuzeydoğusundaki yaklaşık 500 km.lik bir uzunluk ile Buru-batı Seram kesimindeki kısa kuzey kolu boyunca olan. kısımdır. Buraların her ikisinde de volkanik etkinlik Pliyosen'de sona ermiştir. Banda Denizi altındaki, yitimin kesilmesinin sonucu olarak, bir kıta-yay çarpışması aşıkardır.

Yay Terslenmesi Tektonik geometrisinin göreceli olarak güneye doğru bir yitimi belirlediği Banda Yayının güney kolunun» her biri, yaklaşık 500 km., uzunluğundaki iki kesimi, şu anda volkanik yayın kuzey temelindeki, hendeklerle işaretlenmiştir. Bu kutupsallık ana Banda sisteminin tersi

yöndedir. Ben yansıma profillerindeki hendekleri saptadım, ve yayın kıtaya çarpışmasını izleyen yay terslenmesini tartıştım., Breen ve diğerleri (1.986), Karig ve diğerleri (1987) Mc Caffrey ve Nabelek (1984-1987), Reed ve diğerleri (1.986) ve Silver ve diğerleri (1983c-1986) yansıma profillerinden, yan-tarama haritalamasından, deprensellikten ve diğer verilerden elde edilen terslenmiş, cepheye ait hendeklerin ve eklenir kamaların karakteri ile uzanımlarını daha fazla açıklamışlardır. Bu yeni hendeklerin doğuşu, orta ve doğu Timor'un kuzeyidir ve magmatizması Geç Pliyosen'de kesilen volkanik yayın bu parçasıyla aynı zamana rastlamaktadır. Yeni hendeklerin batı kısmı, kuzeye dalimh yitim sistemine açıkça ait olan magmatizmanın hâlâ aktif olduğu, fakat Geç Kuvaterner içinde azalmış görüldüğü Flores, Sumbawa ve Lombok'un kuzeyinde uzanmaktadır.

landa Denizi Banda Yayına ilişik, küçük fakat karmaşık Banda Denizi, okyanusal kuzey ve güney Banda havzalarından ve denizaltı sırtlarının araya giren bir grubundan ibarettir'. Bu sırtlar kıta kabuğunun parçaları olacak şekilde vuku bulan tırmıklanmadan dolayı bilinmektedir (Silver ve diğerleri, 1985). Mini kıta parçaları Banda Denizinin kuzey kısmı etrafındaki kısmen yarı kaynaşmış platformlarda görülmektedirler (batıda Buton'da, kuzeybatıda Banggai-Sula'da ve kuzey merkezde Bura-Ambon-batı. Seram'da) (Hamilton 1979» Pigram ve Panggabean, 1983; Silver ve diğerleri 1983b; Silver diğerleri, 1985). İki ana Banda Denizi, havzasının okyanusa', kabuğunun oluşum yaşı henüz sondajlarla irdelenmemiştir. Ben havzaların, göç eden bir Banda Yayının. arkasında ve Senozoyik devrinde oluştuğunu öne sürmüştüm. B-owin ve diğerleri (1980), Lee ve Mc Cabe (1986), Pigram ve Panggabean (1.983) ve Silver ve diğerleri. (1.985) benimle çelişkili olarak, her iki havzanın Mesozoyik lito.sferinin kapananmış küçük parçaları olduğu görüşündedirler. Kuzey Banda Havzası'nın güney yarı havzasından alınan istikşaf ısı. akısı ölçümlerinin çok yüksek olmasına,, yani Neojen 'çiftleşmesinin orada da. muhtemelen var olduğunun anlaşılması.na rağmen (Van Gool ve diğerleri, 1987), Senozoyik öncesine ait kıta kabuğu parçaları tarafından kesintili bir şekilde kenarları belirlenen Kuzey Banda Havzası'nın bölümleri için. bu yorumlar akla yakındır. Güney Banda Havzası'ndaki eski. kabuk şeklindeki bir yorum ise, Geç Neojen esnasında boyu uzatılan bu havzanın güney kenarını belirleyen. Banda Yayını için. akla yakın değildir'.

Yorumlama Banda magmatik yayının, başlangıç döneminin yaşı, Erken Miyosenden Pliyosene ve belki.de Kuvaterner'e kadar, yay boyunca, doğuya doğru tedricen, gençleşmektedir. Yani yayın boyu zamanla uzatılmaktadır. Yayın Avustralya-Yeni Gine kıtasıyla olan çarpışması ise, doğudaki dar kavisinin etrafında olandan daha erken olarak Timor'da zaman içinde tedricen, doğuya doğru gerçekleşmektedir. Timor, geçmişte doğrultu. atım'lı faylar üzerinde Avustralya'ya kaymamış,, fakat bu kesimde çarpışmadan, dolayı ona bağlı kalmıştır. Banda Denizi litosferi, yeni bir hendekteki • eklenir yay tarafından genişletilme şeklinde, hatta Banda Denizi altında göreceli olarak batıya doğru olan yay kav isli! iği eksenindeki y itilme şeklinde,, kıtanın altında, güneye doğru y itilmeye başlamıştır. Bana göre böyle ilişkiler» hızlı bir şekilde göç eden Banda Yayının arkasındaki yayılma ile oluşmuş olan veya yayın kendi hızlı göçüyle dışa doğru, levhalanmış olan Güney Banda Havzasının.

kabuğunu gerektirir. Banda Denizi, Avustralya ve Yeni Gine .arasındaki Arafura iç bttkeyliliği içine doğru kaymak için gerekli deri i toplu şekillenme öncesindeki bir iç duraylı levhanın temsilcisi değildir. Banda levhası» daha çok, kendi önünde balan kıtaya bağlanmış Jura okyanus kabuğu halinde, muhtemelen kendi şeklini değiştirmiş olan. bir içbükeyliliği doldurmağa .gereksinen bir şekilde .genişlemektedir;

Bu yazının büyük bölümü 1979 tarihli kitabımdaki ile benzerlik gösterir. Fakat ben, tüm Banda yayını ve Banda Denizi ni bir dış yay ardı havza ile çiftlenen basit bir göç eden yay olarak düşünmekte açıkça hatalıydım.. 'Yayın kuzey kolu (Seram ve Buru), Kuzey Banda Havzası ve denizaltı sirtları daha karmaşık açıklamaları gerektirmektedir., Bütün gözlemciler kıta parçalarının, Yeni Gine'den .koparılmış olmaları gerektiğinde aynı görüştedirler., Fakat ayrıntılar oldukça belirsizdir. Uygulanabilir bir çözüm,, Yeni Gine'nin kuzeye doğru hızlı hareketini ve Pasifik levhalarının batıya doğru hareketini ve muhtemelen Sunda, sisteminin güneye doğru olan. hareketini birarada ele almalıdır., Ayrıca böyle bir çözüm, değişik bir şekilde yönlenmiş tektonik elemanların şaşırtıcı sıralanmalarını, Bunda Yayının, hiç olmazsa güney ve doğu kısımlarının göç etmesi ve boyunun uzatılması kadar hesaba katmalıdır..

Karayib, tstoçya ve **Karpatya** Yayları Üç yüzlü at nalı şekilli bu üç yayın her biri, boyum ve geometrik biçimi açısından Banda Yayına çok. benzemekte ve benzer kökenleri olduğunu gösteren pek çok. özellikleri sergilemektedir. Her biri benim görüşüme göre (ama. daha yerel inceleme raporlarına göre değil) doğruya doğru göç eden başlıca okyanus yayları .anlamında açıklanabilir. Karayib ve tskoçya yaylan Geç Meso-zoyik'te Orta ve Güney Amerika ve Balı Antarktika'nın Pasifik. taraftarıyla çarpışmışlar., fakat zamanla yay malzemelerini kuzey ve .güney taraflarına karşı tedicen doğruya, doğru sahile çekerek., bu kara kitleleri arasındaki okyanusa! açıklıkların içinden göç etmeye devam etmişlerdir. İlk cephe çarpışmalarım, kıta kenarları boyunca sonradan oluşmuş And sistemleriyle başlayan yitim kutuplaşmalarının terslenmeleri izlemiştir. Karpatya Yayı Tersiyer esnasında bir kıta içbükeyliğine doğru göç etmiş ve ayrıca zamanla kendi kanatlarını, ardarda doğruya doğru sahile çekmiş, mini kıta parçalarını arkasından, sürüklemiştir.

Kuzey Endonezya ve Güney Filipinler

Molucca Denizi Çarpışma Zoran. İçeriye doğru bakan ada yayları .arasındaki bir çarpışma, doğruya bakan Sangihe ada. yayı ve zamanla güneye, doğru gelişen, batıya bakan Halmahera ada yayı arasındaki çarpışmanın olduğu yerde., Molucca denizi bölgesinde devam etmektedir (Şekil 4).. Kenet kuşağı kuzeyde tamamen, kapalıdır ve. Mindanao'da karada görülmektedir. Merkez kısmında, kuzey .Molucca Denizi bölgesinde, iki yayın eklenir kamaları, çarpışmayla birleşmekte ve en azından 15 km kalınlaşmaktadırlar ve orta kuşaktaki bileşik yüzey hemen, hemen deniz seviyesi ve yer yer de onun üzerine yükselmektedir. Aşırı kalınlaşmış birleşik kama. her iki yanda, içe bakan, hendekleri keserek ve yayların üzerine doğru. gravitasyonla akmaktadır. Böylece melanjin yüzeyel ters faylanması y itilmeye zıt anlam kazanmaktadır. Çarpışmayı takiben bu merkez kesiminde yay mağmatizması durmuş ve Sangihe yayının yitim kutupsallığı terslenmiştir. Güney Molucca. Denizi bölgesinde ise m.exkez.de iki eklenir kama

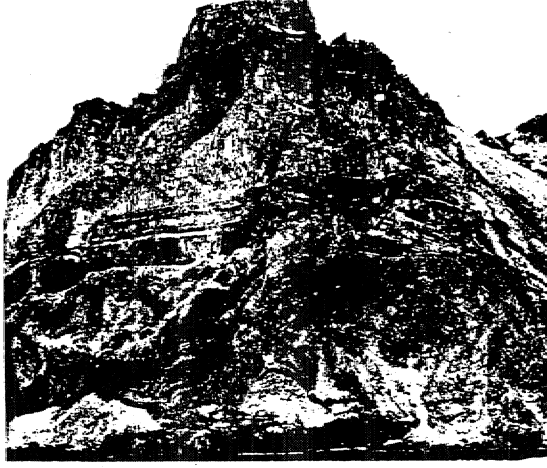
karşılaşmışlardır. Fakat, yitim, ve yay mağmatizması bunların çarpışma öncesi, anlamında hala, aktiftirler.

Bu çarpışan yaylar sistemi, levha davranışının kavranması açısından önemlidir ve çok araştırılmıştır., Benim bunun üzerindeki çabımdan beri de Eli Silver ve değişik çalışma .arkadaşları tarafından çok iyi araştırılmıştır. Bu çarpışma sistemindeki güncel bilgiler, geneldeki belgelerin .sonuçlarının özetlenmesi şeklinde Cardwell ve diğerleri (1980), **Hail** (1987), Me Caffrey (1982), Mc Caffery ve diğerleri (1980), Moore ve Silver (1982),, ve Silver ve diğerleri (1983 a) tarafından yayınlanmıştır. Weissei (1980), güneybatı Celebes Denizi'nin deniz tabanı yayılması manyetik, anomalilerini (kenar havzası S angine yayının, arkasında açılmış, fakat şu anda kuzey Sulawesi, güneybatı Mindanao ve kuzey Sangihe yayı altında y itilmektedir) muhtemelen Eosen yaşlı olarak tanımlamıştır.. Halbuki Lee ve Mc Cabe (1986) bunları, Geç Kretasenin en üst yaşında, kabul etmektedirler.

Molacca Denizi levhası. Sangihe Yayı altında batıya doğru ve Halmahera Yayı altında doğruya doğru göreceli olarak eş zamanlı bir şekilde yihilmektedir. iyi belirlenmiş bir **Benioff** sismik zonu Celebes Denizi altında yaklaşık **560 km**, lik bir derinliğe Sangihe Yayının altında batıya doğru, dalmakta, diğer bir zon ise Halmahera altında 250 lan. **lik** derinliğe doğruya doğru dalmaktadır., Her iki yayın aktif volkanları., Molucca Denizi bileşik melanj kaması altında, kaynaşan her bir sismik zonun yaklaşık. 100 km. üzerinde toplanmışlardır. Bu. iki taraflı yitim,,, aşağıya doğru gelişmiş yarıklara (slots) doğru, bir enjeksiyon süreci şeklindeki yitim koşulları olarak açıklanamaz. Bu yitilen Molucca Denizi levhasının her **iki** tarafında da kendi, üzerinde ilerleyen üste gelen levhalar halinde, düşmesi, gerekir.

Güney Molucca Denizi, bölgesinin, etrafındaki ilişkiler aşın şekilde karmaşık ve hala çok az anlaşılmiş durumdadır. Veriler ve sentezler Silver ve diğerleri (1.983b) tarafından sunulmuştur.

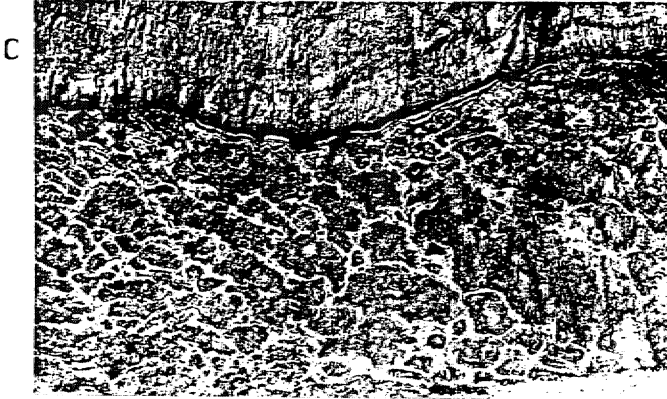
Güney Filipinler'in Kümelenmesi Filipin Adaları değişikken şekilde çarpışan» terslenen, oroklinal olarak bükülen ve mağmatik olarak aşırı **bastınlanmış** ada yayı bileşenleridir {mağmatik yaylar, eklenir kamalar, büyük ve küçük, ofiyolitik kütleler ve çökel toplulukları}.. Çarpışan. Sangihe ve Halmahera yayları, ve araya giren kama, Orta Tersiyer esnasında kenetlenmenin tamamlandığı. (Hawkins ve diğerleri, 1985) güney Mindanao'da kıyıya gelirler. Bunların ürünleri, çarpışmayı izleyen yay terslenmesi tarafından başlatılan Cota-bato Hendeğinden, göreceli olarak doğruya doğru mevcut yitimle çiftlenen yay mağmatizması tarafından aşırı baskıya ugratılm.akt.adir. Filipin Hendeği'nden batıya doğru, eğilen Benioff zonu sadece sığ derinlikleri doğru uzanır ve belirgin bir şekilde Leyte nin güneyindeki, yay volkanlarıyla ilgisi yoktur (Cardwell ve diğerleri 1983).. Bu Filipin Hendek sistemi ile Mindanao "nun geri kalan kısmının kinematik, ilişkileri henüz açık. değildir. Daha. da batıda, şu anda harekete geçmemiş, kuzeybatıya bakışlı Sulu. Adası Yayı,, batı Mindanao'nun Zamboanga Yarımadası olarak kıyıya gelmektedir, ayrıca yavaş yitimii güneybatıya bakışlı Negros yay sistemi» Sulu-Zamboanga Yayına karşı açıkça güneye doğru, kapanmakta, daha önceki izdüşümüyle çakışmaktadır. Daha. da batıda ise Güney Çin. Denizi litosferi altındaki Palawan, ada. yayı Orta Tersiyer esnasında yitilmiştir ve batı orta Filipinlerde kıyıya gelir, Bu durum



A



B



Şekil 6. Aleutian Adalarındaki ünalaska'da Paleojen denizaltı ada yayı kayaları. A. Keratofirden oluşan dom (görüntünün sağ alt yarısı) ve soğansı kütleler (sol alt yarısı) kısmen parçacıklı tabakalı arjilitin (merkeze karşı) ve bir kırılmamış silin (üst yarlar) altına gelir. Yar 350 m yüksekliktedir. B. Siyah camdan ince kenarlı lithoidal latitlerin büyük yastık lavları. Görüntü 10 m yüksekliktedir. C. Altere arjilitteki büyük bağımsız yastıklar, ince arjilitlerin üzerine gelir ve deforme olmamış bir sil tarafından örtülür. Görüntü 25 m yüksekliktedir.

Güney Çin Denizi açıldığı zaman Çin'den riftleşen bir kuzey Palawan mini kıtası ile çarpışmasıyla daha da karmaşık hale gelmiştir.

Böylece güney Filipinler kümelenmesinde altı ayrı orta ve geç Senozoyik yitim sistemi açıkça belirlenmiş olmaktadır. Güney Filipinler'deki Kretase kadar' yaşlı yay tipi malzemeler de görülen pek çok ek karmaşıklıklar da henüz anlaşılmış değildir. Bu tarihçeye eklenen diğer görüşler Hawkins ve diğerleri (19:85), Karig ve diğerleri (1986), Mc Cabe ve diğerleri (1987) ve Sarewits ve Karig (1986)-tarafından tartışılmıştır. Uzağa giden pek çok yaylar ve parçalar tamamen bir okyanus arası yerleşme alanında kümeleniyor görülmüştür. Bu bileşik kütlelerin en son nihai yazgısı bir kıtaya eklenmek olacaktır.

Çarpışmalar ve Yitim

Bu bölümde kısaca değinilen böylesi örneklerle göre şunlar açıkça, ortaya çıkmaktadır; uzun süre- izlenen sabit yitim, sistemleri tipiktir; çarpışmanın., kümelenmenin, terslenmenin» riftleşmenin ve deformasyonun karmaşık sıralanmaları bir kuraldır; ve çarpışan parçacıkların kümelenmeleri bunların en son yerleşme yerlerinden, uzakta toplanabilecektirler., Tarihçeler ve kinematikler, devamlı olan karmaşıklarda, doğrultu boyunca ilginç bir şekilde değişebilmektedirler, Çarpışmalar ve terslenmeler zamanla doğrultu boyunca ilerlemektedirler ve doğrultu alımlı, ve oroklinal deformasyon olağandır» Çarpışmalar derli toplu oluşmuş şekiller arasında meydana gelmezler» düzensiz kütleler karşılaşırlar ve bunların beraberce itiş kakışmalarından önce oldukça değişken deformasyonlar meydana gelir.,

Geniş levhalar bir çanşmadan sonra genellikle • yakınsama devam ederler ve sonuç yeni kümelenmenin okyanus tarafında yeni bir yitim sisteminin, başlamasıdır. Bu sık sık, koşullardaki bir atlayış kadar bir yitim kutuplaşması terslenmesini temsil eder., Bir kıtasal levha altındaki okyanus litosferinin, yitilmesi bir levha çarpışmasının olağan sonucu olarak başlar., Meg alev halar arasındaki yakınsama devam eder., Fakat yitilen levhadaki "haff kabuk, yitilmek "için. çok düşük yoğunluktadır ve böylece yeni yitim sistemi yitim tarafından genişletilmiş olarak, kıtasal levhayı okyanus tarafına doğru yarar., Böyle çarpışma sonrası terslenmeler şimdi Timor ve Molucca bölgelerinde- devam, etmektedir. Bu durumun birçok, benzeri de pasifik çevresindeki jeolojiyle belirlenmiştir.. Solomon-Admiralty yay karmaşığı iki terslenme sergiler., Bunlardan biri. güncel olarak» bir hendek-hendek-transform üçlü kavşağını geçen yay kaymaları şeklinde doğrultu boyunca gelişmektedir (Hamilton. (1979).,

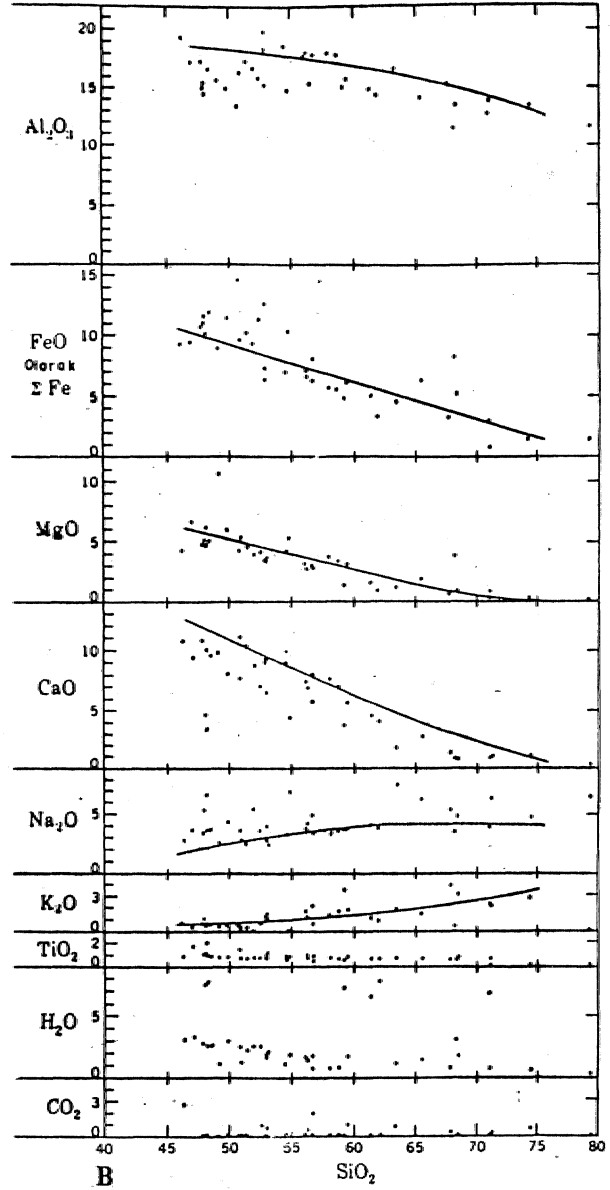
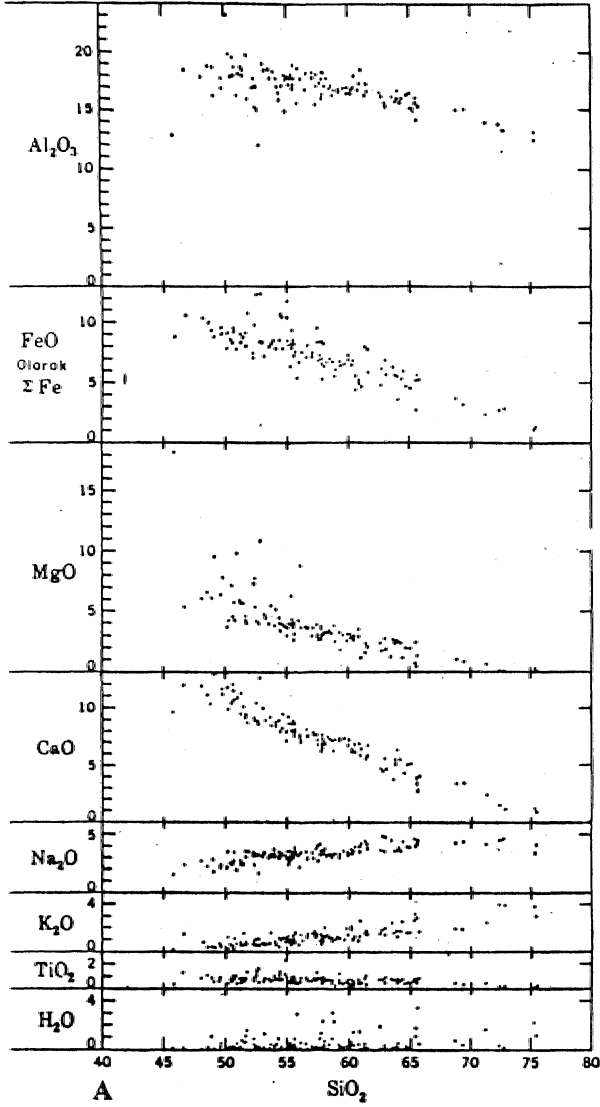
Ana yakınsamalı levha karmaşıkları 10 cm / yıl veya 100 km / yıl, şeklindeki oranlarda yitimi belirlemektedir., Büyük hareketler ve büyük, karmaşıklık olağan durumdur. Yitim sistemleri muhtemelen tek oldukları kadar çok sayıdadırlar; Doğrultu, boyunca büyük değişiklikler gösterirler ve diğer tiplerin farklı sınırları tarafından birleştirilirler.

ADA YAYLARIMIN KAYALARI Volkanik Kayalar

Okyanusal ada yaylarının volkanik kayaları zaman içinde ilksel bileşimden gelişmiş olanına doğru bir ilerleme gösterirler. Küçük kabuk: hacimli genç yaylardan püsküren

kayalar hakim olarak toleyitik bazaltlardır. Bunların, pek çoğu sırt yayılmak bazaltlardan farklı olarak başlıca, yüksek alan güç elementleri olan titan, zirkon ve hafhiumu düşük oranlarda içerirler. Büyük, kabuk hacimli, olgun yaylardan püsküren kayalar ise tipik olarak kalkalkalen bazalt, andezit ve dasitlerdir' (Kayalar göreceli olarak alüminyum ve kalsiyumca zengindirler).. Plajiklas fenokristalli, olivinli veya olivinsiz iki pirok-

senli bazalt, ve andezitler, pirokseni dasitler yaygın tiplerdir. Halbuki pekçok andezit ve dasit ise hornblendlidir. Okyanus yaylarının kayaları izotop bileşimlerinde ilkeldirler ve ilkel izotoplardan yola çıkarak yorum yapmak oldukça tartışmalıdır. Kıta kabuğunun veya böyle bir kabuğun yerini almış kalın terrijen çökel kayalarının içinden püsküren yaylar, yaygın bir şekilde» hacim bileşiminde daha fazla silislidirler.



Şekil 7. A-B). Aleutian Adalarının volkanik kayalarının majör element bileşimleri. Çizimler Hamilton (1963 a, şekiller 65-67) tarafından, U,Ş Geological Survey raporlarından alınan veriler yerleştirilerek yapılmıştır.

A. Yan yüzeysel volkanların yüzde ağırlık analizlerinin, silis, değişimi diyagramı.

B. Denizaltı volkanik kayaların ve çağdaş intrüzif kayaların yüzde ağırlık analizlerinin silis değişimi diyagramı.

Çizimler yan yüzeysel kayalardaki değişim gidilerini göstermektedir (A'dan elde edilmiştir).

Bazı okyanus yayları, mafik üyeleri plajiooklastan yoksun fakat en yaygın üyesi magnezyen andezit ve boninit olan magnezyence zengin kayalar dizisini de içermektedirler (Bloomer ve Hawkins, 1987). Bu kayalar yüksek alan güç katyonları bakımından çok düşüktürler ve boninit ve yay toleyitiği magmaları muhtemelen» sırt bazaltı meydana getirmek için daha önceden kısmi ergimeye uğramış olan büyük ölçüde tarz-burgit mantosundan, türemişlerdir' (Bloomer ve Hawkins, 1987, ayrıca Fisk, 1986 ya bakınız),

Kıta veya geçiş kabuğunda oluşan mağmatik yaylar, Sunda sistemi ve bunu izleyen Yeni Zelanda tartışılırken belirtildiği, gibi oldukça gelişmiş volkanik kayaları içerirler;

Petrolojik modelleme başlıca, final volkanik kaya bileşimlerine, çeşitli majör ve iz elemeni kombinasyonlarına ve son yıllarda kalkalkaien kayaların kökeni Mptozlerinin bir göstergesini oluşturmada önem kazanan izotoplara, farklı mantonun kısmi ergimesine ve yitilen malzemelerin karışmasına, çeşitli seviyelerdeki fraksiyonasyona, kirlenmeye ve magma. kışımına dayandırılmaktadır'. Bu konulardaki, güncel makaleler Brophy ve Marsh (1986), Crawford ve diğerleri (1987), Hawkins ve diğerleri (1984). Kay ve Kay (1985), Myers ve Marsh (1987), Nye ve Reid (1986), Wheller ve diğerleri (1987) ve White ve Dupre (1986) dır. Bu açıklamalarda görüş birliğine varılan ana nokta ergim.en.in. şu. ya ela bu şekilde, yitim yüzünden olmasdır.

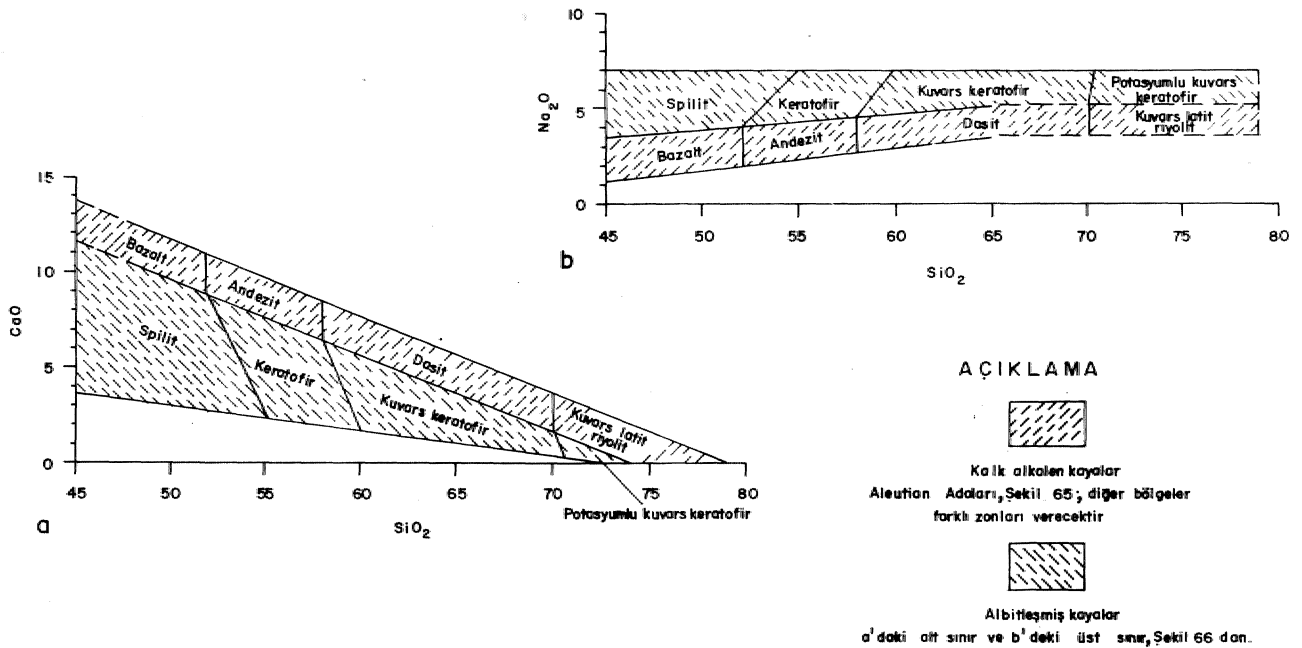
Bu matematik- petrolojik modelleme çoğunlukla» doğru çözüm şansı pek az olan. bit veya. iki aşamalı işlem kavramlarını bir araya getirir. Mantoda yükselen, ergiyikler özel. duvar' kayalarıyla olan. dengedeki kısmi ergimeleri sabitleştiremez (Ö'Hara., 1985). Kabuğa erişmekte olan ergiyikler fazlaca gelişmişlerdir. Cflara. ve Matthews'in (1981, 237) gösterdiği türden karışıklıklar- muhtemelen kabuk... odalarındaki daha sonra gelişen, ergimelerden, dolayı ortaya, çıkan, zorunluluklardır.

Eğer periyodik olarak dolan, periyodik olarak tapası açılan,, devamlı olarak fraksiyona uğrayan magma odaları mevcutsa bunlar, faz pedolojileri ve iz element kimyaları (şimdiye kadar 'ki-geleneksel yorumlarda) kendi petrojenezleri için homojen olmayan kaynak bölgelerinde, değişebilir derecelerde kısmi ergimeler gösteren ürünler geliştireceklerdir. Odanın tavanının, mağması tarafından asimile edilmesinden ve kimyasal olarak, homojen, bir peridotit mantosu durumundaki mineraloji değişiminden ortaya çıkan ilave etkiler eklendiğinde karıştırılacak konular oldukça artmaktadır. Bundan başka bu ilişkiler, yalnızca magma odası parametrelerinin veya püsküren ürünlerin bilinmesiyle manto kaynağı bileşimlerini ortaya çıkarmak için tersine çevrilemez. O'Hara ve Matthews yayılmak sırt bazaltik mağmatizması sistemlerinin en basitini tartışmışlardır. Yay mağmatizması sistemleri, içinden daha sonra magmaların yükseleceği, tedricen değişen kabuk ve manto sütunlarının yaratacağı büyük ek. karmaşaları ve değişik tip kabuğu kesen devamlı yaylar boyunca yer alan volkanik kayaların bileşimlerindeki sistematik, değişmelerin sonuçlarını da dikkate alırlar.

Yeni Zelanda. Sistemi

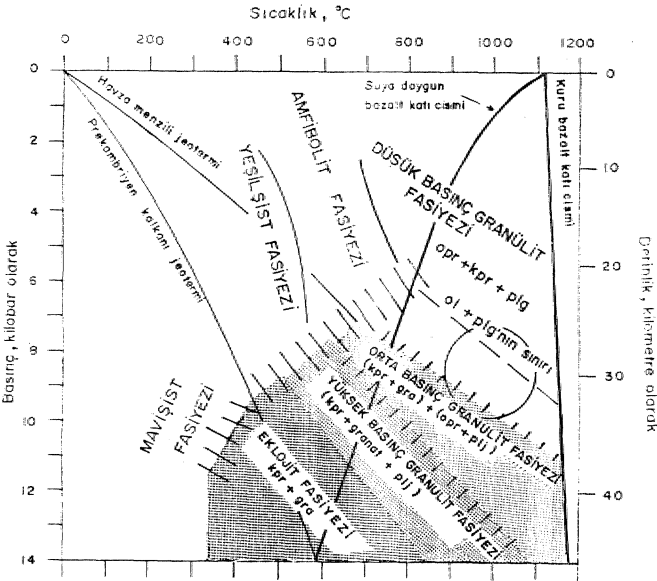
Yeni Zelanda'da güney North Island'daki bir uç noktada kıta şelfini kesen ve okyanusa! Kermadec ve Tonga Adaları boyunca kuzey-kuzeydoğuya doğru 300 km. boyunca devam eden düzgün bir mağmatik yaydır» Yay yalnızca kıta-okyanus-yay mağmaları arasındaki zıtlığı değil, yay ve rift mağmatizması arasındaki ayrımları gösteren bazı popüler fikirlerin geçersizliğini de sergilemektedir.,

Günümüzde yay, yitilen Pasifik litosferinin devamlı batıya, dalan bir dilimi üzerinde uzanmaktadır. Basınç, değiştiren bir levha sınırına. Yeni Zelanda içinde yol veren sistem boyunca yakınsamanın ve yitimin hızı. güneye doğru azalmaktadır..



Şekil 7 C).CaO, Na₂O ve SiO₂ ağırlık yzdeleriyle belirlenmiş andezit-keratofir ortaklığı'üyelerinin şematik .sunuluşu.

Yayın Yeni Zelanda kısmı, bir kıtasal kalınlaşma kabuğu üzerinde,, fakat değişebilir metamorfizmaya sahip olan terrijen kırıntılı çökel kayalarının» Mesozoyik yaşlı eklenir karna malzemeleri oluşturmasıyla gelişmiştir. Sistemin okyanusal Kermadec-Tonga kısmı boyunca bir denizaltı sırtından küçük volkanik adalar yükselir. Göç eden okyanusal kesimin, arkasında bir okyanusal yay ardı havza açılmıştır. Uzama zonu Yeni Zelanda, kıta şelfi, üzerine güneydoğuya, doğru yükselir., North Island kuzeyi hızlı, güneye doğru uzantısı azalan, doğuya, doğru göç eden ve boyu uzayan yay mağmatizmasının etkisinde kalmaktadır (Stem, 1985).



Şekil 8. Kıta kabuğu ve olgun ada yayları ile ilgili mineral topluluklarının genişletilmiş basınç-sıcaklık diyagramı., Sınırlar mafik ve ortaç kayalar için yaklaşıktır, fakat hacim bileşimi ile değişir; bir arada, yar olan mineraller her fasiyesi kesen bileşimde değişirler. H₂O nun oldukça aktif olduğu yaklaşık 5 kilobardan daha büyük değişikliklerdeki basınçlarda amfibolü ve granüt fasiyesleri arasındaki sınır ve çok değişken. P/T genişliğinin, genellikle araya girdiği (gösterilmeyen) bir granat amfibolit fasiyesi. Kısaltmalar :: kpr = klinopiroksen, gra = granat, ol = olivin, opr= ortopir oksan plaj = plajiolklas. Benzer hacim bileşimi!, kayalar tedricen düşük basınçlı granülitten eklojite doğru giderek -daha yoğun dönüşürler;. Bu plajiolklasın ferro-magneziyen minerallerle reaksiyona girip ard arda daha yoğun fazlar üretmesi; plajiolklasın aid arda olivin ortopiroksen ve klinopiroksenle reaksiyona girmesi, şeklinde olur. Halbuki albit mavi şist fasiyesinin daha yüksek T/P kısmında sabittir ve sanidin de yüksek-sıcaklık eklejitte sabittir. Alt kabuğun üst kısmında görülen pekçok mağmatik kayalar daire ile gösterilen alanın içinde veya yakınında kristalize olmuşlardır. Hamilton'dan (1988- a, şekil 2) verilen referanslardan alınmıştır»

Kermadec-Tonga lavları gelişmiş bir okyanus yayı tipindedirler (bazalt, bazaltik andezit, andezit ve daha az olan dasitlerin, hepsi, petrolojik olarak ilkel ve başlıca, yüksek, alumina tipleridir) (Ewart ve diğerleri, 1977).

Mağmatizma, eğer herhangi bir uzantı ilerliyorsa,, az miktarda bulunan, tahminen mağmatik. ısınma ve şişme nedeniyle yükselen, bir alçak, jeoteknikli sırtın tepesinde geniş stratovolkanların (Şekil 5 A) oluştuğu, güney-North Mand'daki güncel yayın güney ucuna günümüzde erişebilmektedir. Volkanik, kayalar hakim biçimde yüksek alumina andezitleri ve bazaltik andezitlerdir, Bu da kıtasal malzemelerin (eklenir kamanın terrijen tabakalarından gelen) kendi iz elementleri ve radyojenik izotoplardaki birleşmelerini göstermektedir (Cole,, 1979; E wart ve diğerleri, 1977).

Orta-kuzey North Island'da yay,, mağmatizmayla eş zamanlı olarak uzamıştır (Şekil 5 B). Hakim, volkanik kayalar ignim. brit. ler ve yüksek, silisli riyodasit ve kuvarslu latit akıntılarıyla daha az gerçek riyolitler ve daha da az olan bazalt ve. dasitlerdir (Cole, 1979 Ewart ve diğerleri, 1977)., Yüksek silisli kayaların altta yer alan. eklenir kama çökel kayaları ile olan. izotopik benzerlikleri olasılıkla, yükselen manto diyapirleri ve. göreceli ilkel yay magmaları tarafından derin 'kabuğun ısıtılması nedeniyle olmuştur ve kırıntılı, tabakaların kısmi ergimelerinin yüksek derecede" olduğunun bir göstergesidir. Uzama,, mantodan kabuksal sütun içine olan magma ilavesinden daha hızlı olarak ilerlemekte, ve bölge alçalmaktadır. Mağmatik kuşağın kuzey kısmı alçalan kıta şelfi üzerindeki deniz seviyesinin, altındadır., Bu,, kuvvetlice,, iki şekilli olan. mağmatik topluluk, eski bir yerleşmeye rastlarsa, pekçok. petroloğun görüşüne göre yitilme yerleşmesine karşıt bir kanıt olacaktır (yine de bir mağmatik yay içinde oluşacağı bir gerçektir). Kıyı-üzeri mağmatik yayın, hem uzayan hem de uzamayan kısımları y itilen dilimin tepesinin 100 km., üzerinde, yaklaşık birbiriyle aynı yüksekliktedirler (Adams ve Ware, 1977).

Denizaltı Volkanik Kayaları

Okyanusal ada yayları, kabuk' hacminin çok küçük bir parçasını içine alan yarı yüzeysel volkanlar üzerinde bulunan mağma tarafından oluşturulmuş yeraltı sırtlarıdır.. Denizaltı kayaları bileşim olarak yarı yüzeysel kayalara benzer bileşimde püskürmüşler, ama hidrotermal deniz suyu tarafından oldukça farklı bileşimlere altere edilmişlerdir. Yaylara ait petrolojik verilerimiz, ezici bir çoğunlukla hacim bakımından önemsiz yarı yüzeysel kayalardan alınmıştır. Gill (1981) andezitler hakkında genel olarak mükemmel olan monografisinde denizaltı kayalarına aynı oranda değinmemiştir. Kıtalara tektonik olarak eklenen eski yaylar şimdi hemen hemen tamamen buldukları denizaltı seviyelerinde görülmektedirler. Böylece bunların denizaltı kayaları ile karşılaştırılmaları paleotektonik çözümlenmeler için olmaktadır. Fakat eklenen yaylar konusunda çalışan pekçok yerbilimçi eski denizaltı kayaları ile güncel yarı yüzeysel kayaların petrolojisini hatalı olarak karşılaştırmakta ve pekçoğu sonuç olarak geçersiz paleotektonik bulgulara ulaşmaktadır. Denizaltı kayaları yaygın olarak, herhalde sırtların mağmatik şişmesi ile yükseltelen olgun ada yaylarının bazı adalarında gözükmektedirler. Denizaltı kayaları yaygın olarak» ince taneli sekonder minerallerin kahverengi veya yeşil renkli topluluklarına altere olmaktadır ve pekçok

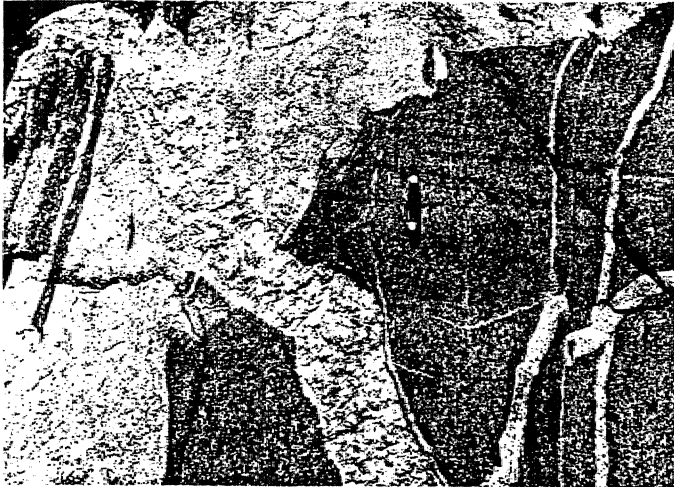
petrolog ve haritalama jeologları bunlardan çok az şey öğrenebilmektedirler.

Güncel aktif yayların denizaltı kayaları- hakkındaki bilgimizin, çoğu A.B.D. Geological Survey, jeologlarının Aleutian Adalarındaki 1946-1954 arazi mevsimlerinde yaptıkları çalışmalarından elde edilmiştir. Bu çalışmalar' ayrı ayrı Byers (1959)» Drewes ve diğerleri (1961), Fraser ve Snyder (1.959), Gates ve diğerleri (1971) ve Snyder ve Fraser (1963).., tarafından yayınlanmıştır. Daha sonraki Aleutian çalışmaları arasında ise Hein, ve diğerleri (1984) ve McLean ve Hein (1984) vardır., Eosen» Oligosen ve Miyosen yaşlı denizaltı kayaları adaların yüksek den-uçurumlarında mükemmel gözükmektedirler (Şekil 6). Kaynağa yakın, karmaşıklarda bazalttan dasite kadar lavlar, yastık lavlar» yastık breş içeren, breşler've- gabrodan'granodiyorite kadar türde olan ve küçük batolitler tarafından sokul.an büyüklü kliçtkli tabakalar ve boğumlu kütleler egemendir, Daha az görülen malzemeler ise volk.anokla.stik. breşler ve vakeler, arjilli.tiler ve çörtlerdir.

Şiddetli alterasyon denizaltı volkanik kayalarını oldukça etkilemiştir. Alterasyonun çoğu. diyajenetik ve hidrotermaldir. Yakındaki plütonlardan gelen ısı ve soğuma. akıntılarından., küçük intrüzyonların kendilerinden gelen ısı ile sürülmüşlerdir. Klorit, epidot, albit, kalsit,, kuvars.» zeolitler, ..killer ve oksitler' geniş olarak, gelişmişlerdir., Değişken hidrasyona ek olarak, oksidasyon ve karbonasyon, volkanik ve'hipabisal toplanmanın çoğu, hacim bileşiminde son derece değişime- uğramaktadır. Majör element, değişimi, özellikle sodyum zenginleşmesi ve kalsiyum tüketilmesiyle belirlenir (bildiğim kadarıyla bu ve diğer güncel aktif yayların iç- denizaltı karmaşıkları. • hakkında sistematik iz element çalışması, yapılmamıştır). Denizaltı kayalarının sodyum, ve kalsiyum, içerikleri ada zincirinin altere olmamış yan yüzeysel • • kayalarında sodyumdaki son. derece zenginleşme ve kalsiyumdaki son derece tüketim şeklindeki miktarlardan oluşan bir spektrumu belirlemektedir { Şekil 7; Hamilton, 1963 a). Kayalar

' bileşim olarak: bazalt, andezit ve dasit, ile bunların sodyumca zenginleşmiş, ve kalsiyumca tüketilmiş, eşdeğerleri olan spilit, keratofir ve kuvars keratofirdir (son. terimler sık sık» plajiolasm albit, epidot ve diğer ikincil minerallere dönüştüğü, az değişmiş kalkalkalen hacim bileşimli yeşil şist fasiyesi meta-volkanik kayalarına yanlış olarak uygulanmaktadırlar). Sapmış, kalkalkalen magmadan kristallenmiş, şu anda sodik olan kayalar,, güncel, yarı yüzeysel volkanlar gibi varsayım olarak, sodik. veya sulu ergiyiklerden gelmezler. Relik klimopirokse-nler olağan değişimlerdir. Relik yüksek sıcaklık plajiolası ise normal labradordur ve çok. mikt.arda albit düşük sıcaklık, kristal yapısına sahiptir. Sapmış bileşimler düşük yeşil şist fasiy esiyle karşılaştırılabilecek koşullar altındaki sıvı değişimlerini ürünleridir (Byers, 1959; Drewes ve diğerleri 1961; Wilcox, 1959). Reaksiyon yapan, sıvı, sodyum, ve karbondioksidin yüksek aktivitelerine ve kalsiyumun düşük aktivitesine sahip olmalıydı ve denizaltı. kayalarını ayırıcı bir şekilde etkilemiş, olmalıydı. Deniz suyu Wilcox ve diğerlerinin. (1959) üzerinde durduğu gibi belirgin nedendir. Deniz, suyundan toplanmış tuzlu su düşük basınç ve yeşil şist fasiyesi sıcaklığıdaki gerekli -albitleşmeyi üretir, sağlanan diğer reaksiyonlar silisi sıvı olarak, serbest bırakırlar. (Rosenbauer ve diğerleri, 1988),

Yayılan sırt' bazaltları, genellikle deniz, suyu. tarafından * oluşturulan değişken hidrotermal alterasyonu sergilerler., Fakat hacim bileşiminde şimdiye kadar belirlenen değişiklikler Aleutian kayalarının pek çoğunda olduğundan daha az şiddetli değildir (Alt ve diğerleri 1.986; Thompson, 1983).. Diğer taraftan, pek çok kara ofiyolitleri (büyümeye başlayan ada yaylarının, ürünleri?) değişken şiddetle spilitleşmeler gösterirler (Hawkins ve Evans 1983; Hopson ve diğerleri 1981; Lippard ve diğerleri 1986).. Su derinliği bir faktör olabilir,... Günümüzdeki sıcak mağmatik kayaları ve su. derinliklerinde dolaşan deniz suyu. arasındaki 2,5 km, den. büyük. olan. dokanak, yayılan sırtlar nedeniyle gözlenen, yay-kaya reaksiyonlarını



A



B

Şekil y. Batı kuzey Amerika'ya tektonik olarak eklenen Mesozoyik ada yaylarının orta-kabuk kayaları. A.Tonalit gnaysa migmatize olmuş hafif trondhjemit kesen sodik pegmatit daylı, Batı-Orta Idaho, Riggins paftası., Sixmile Creek. B. Amfibolit metamorfik deMdrasyon.un.dan kısmi ergimesi sonucu muhtemelen türeyen trondhjemit tarafından migmatize edilen amfibolit. KB Washington, kuzey Cascades, Diablo'Gölü yakını.

üretimde yetersiz kalabilir, Yay topluluklarının şiddetli alterasyonu için. olası bir açıklama, kaynama ile blyttk tuzlu su toplanmalar oluşturarak, suyun. 2 km. lik kritik derinliğinden, daha sığ sudaki denizaltı yay magmaları soğumasını gerçekleştiren veya sığ su yerleşmelerindeki plütonların etrafına yönelen şiddetli hidrotermal sistemlerdir. Suyun kritik noktası yakınındaki miner&l-sıvı renkasyonlarının en uç değişimleri de önemli olabilir., Ayrıca» yay topluluklarındaki parçalı kayaların, bolluğu da bunları, oldukça geçirgen yapar..

Batı Idaho "nun eski. bir ada yayının şimdiki kısmının kalkalkalenden spilitik keratofire - kadar olan bileşim, değişimlerini., denizaltı Aleutian, kayalarıyla olan sayısal benzerliklerini göstermişim (Hamilton, 1963 a). Çeşitli araştırmacılar (Roobol ve diğerleri., 1983 gibi) eski 'denizaltı yay topluluklarındaki benzer tayfı belirlemişler, fakat güncel yay yüzeysel volkanların bileşimlerinden sodik ayrılmaının alkalen mağmatik ilişkiler göstermelerinin nedenlerini de tartışmışlardır.

•Ada Yayını Kabuğu

Okyanusal ada yayını mağmatizması olgun yaylarda kıtaya benzer kalınlıkta kabuk oluşturur., Bu kabuğun, çeşitli bölgelerde açığa çıkarak görülebilmemesine rağmen bunun, özellikleri.,, yarı yüzeysel volkanik, kayaların bileşimi., esas alınan pekçok yay magmalarının petrolojik modellemelerinde çok az bütünleştirilmiştir', "Volkanların, üst kabuk yan tabakaları günümüzde aktif olan. olgun, okyanus yayları içinde geniş olarak, görülmektedir ve bol miktarda gabro., tonalit ve granodiyorit ve genellikle daha az, olarak daha sodik. granitik kayaların intrüzif kütlelerini (daykan, silleri, şişmiş podları, stokları, küçük batolitleri) içermektedir. Plüton kayaları muhtemelen, volkanik kayalar. akind.en daha felsik ortalama dadırlar. Endonezya ve Melanezya örneklerini tanımlayan yayını. kaynaççası Hamilton (1979) tarafından verilmiştir. Aleutian örnekleri, ise Byers (1959), Drewes ve diğerleri (1961) ve başkaları tarafından tanımlanmıştır.

Okyanusal ada yaylarının kabuğunda daha derinde. oluşmuş kayalar, kıtalara tektonik olarak eklendikleri ve oralarında derince aşındırıldıkları bazı yaylarda görülmektedirler, Şekil 8 hem metamorfik hem de mağmatik kayalara, uygulanabilen, mafik kayalar için ilginç kristalleşme fasiyeslerinin bir derlemeyidir., Fasiye işaretlemeleri burada, bu izlenimle uyum içindedir ve yazarların terminolojisi gerekli olmadan yerleştirilmiştir.. Mafik ve ortaç plütonları enine kesen düzeylerin altındaki orta kabuk ada yaylarında» birçok, durumlarda, izotopik olarak piritif amfibolitik, tonalit ve trondhjenitik gnayslar- baskındırlar. Buralardaki amfibolitlerin, derinlikle granatlıbği veya piroksen içerme özellikleri artmaktadır. Batı-orta Idaho ve Washington Eyaleti'nin Kuzey Cascade'ları bunun güzel örnekleridir (Şekil 9). Trondhjenit (sodik lökotalit, terim bazı jeologlar tarafından lökogradiyorit ve andezinli lökotalit içerme için yanlış olarak kullanılmaktadır) alt kabuk koşullarında spil.it bileşimindeki amfibolit kısmı ergimesini oluşturabilir (Rapp ve Watson, 1988),.

Hem gravitasyonla hem de sıvı akıntısı ile fraksiyonlaşmış ve diyapirik olarak bölünmüş tabak ah ultramafik ve gabroik 'karmaşıklar bazı yayların köklerinde bulunmuşlardır (Burns» 1985; Himmelberg ve diğerleri, 1986; Irvine, 1974;

Murray,, 1972; Snoke ve diğerleri» 1981). Bu karmaşıklar, oluşum derinliğinin, geniş menzillerini, temsil ederler. Bazıları olivin .artı piyajyoklasın duraylık alanı içinde diğerleri ise daha derinde kristalleşmişlerdk (Şekil 8'e bakınız), örtopiroksenin pek çoğunda bol olmasına, rağmen klinopiroksen bu karmaşıklarda hakim olan. piroksen türüdür. Bu mafik ve ultramafik toplulukların 'bazıları daha. felsik plütonlarla beraberdirler. Eosen'de (?) muhtemelen, bir ada yayını karmaşığının içinde, güneydoğuya doğru kuzey-batı Hindistan üzerine saldırmış' olan, Kretase ve Erken Tersiyer yaşlı dolaylı olarak aşındırılmış, kuzeye dalımlı bir kabuk kesimi, Pakistan'ın kuzeyindeki .Kohistan'da etüd edilmiştir (Bard, 1983; Coward ve ' diğerleri, 1982; Dietrch ve diğerleri, 1983; Jan ve Howie» 1981; D.E. -Karig, 1988;. yazılı iletişim; TaMr.kh.eli, 1982). Oldukça' deformasyona uğramış bu. kabuk kesimi belki, 40 km. kalınlıktadır. Buradaki, manto kayaları., mavişist ve rn.el.anj üstündeki kesimin yapısal temelindeki bir yontum kadar' 5 km derinliğe uzanırlar. Üst ve orta kabuktan, itibaren içindeki kontakt metamorfizma, bölgesel ölçüde, aşağı doğru, düşük yeşüştten alt ve orta amfibolite ve granadı amfibolit fasiyesine doğru, artar. Mafik ve ortaç volkanik ve volkanoklastik kayalar ile bol turbidit arakatıkları, (Karig karmaşığının bu kısmını yay ardı havza, kökenli olarak görmektedir) aşağı doğru, artan başlıca, masiften gnaysik diyorit ve tonalit kadar stoklar ^e küçük batolitler yer almaktadır., Alt kabuk mafik granülüier ve mafik plütonik kayalardan, ibarettir., Burada metamorfizm derecesi bazı intrüzyonların Syn-plutonik, diğerlerinin post-plutonik oluşuna bakarak, aşağıya düşük-orta, dereceden, yüksek basınç granülit fasiyesine doğru artmaktadır. Değişebilir metamorfizmadaki plutonik kayalar bazaltik magmadan fraksiyonlanmışlardır ve norât, gabro .ve ince kesitlerde anortosit içerirler. Mağmatik olivin ve piyajyoklas alt kabuğun alt kısmında, değil, ma üst kısmında 'beraberce kristaUenmişlerdir. Ortaç bileşim .kayaları alt kabukta daha boldur. Bu kesimin temelindeki manto kayaları., aratabakalı ve enjekte kalıntı kümülat ve mağmatik. klinopiroksenit, peridotit» dunit ve. daha az olarak olivince serbest, norit ve gabrodan ibarettir. Bunlar değişken şekilde deforme olmuşlar ve yüksek basınç granülit fasiyesin.de yeniden dengelenmişlerdir. Bard (1983) metamorfizmanın» mağmatizmanın olduğundan daha yüksek basınçlarda meydana geldiğine dikkat çekmiştir. Fakat fasiyes ilişkileri izobarik mağmatizma ve metamorfizmanın zıt bir sonuç çıkarmasına izin vermektedir.

Daha çok. Erken Kretase*de muhtemelen hem kristalleşmiş hem de metam.orfi.ze olmuş olan» izotapik olarak ilkel bir' okyanus ada. yayının derin kabuk kesimi» .güneybatı Yeni Zelanda'nın uzağında görülmekte (Mattersan ve diğerleri 1986) ve Paleozoyik bileşenlerini içermektedir (Gibson, ve diğerleri., 1988). Kayalar- açınınsama kapsamında Blattner (1978), Gibson (1982), Gibson ve diğerleri (1988), Martinson, ve diğerleri (1986), Oliver (1980) ve Williams ve Smith (1983) tarafından etüd edilmiştir. Aşağıdaki sentez onların petrolojik ve yapısal verilerinden benim vardığım sonuçları sunmakta.dn*.; onlar değişken, olarak birbirleriyle ve benimle- karşıt görüşlerdedir. Kabuk kesimi., Alpin fay boyunca basınç ötesi'kısım olarak Neojeri'de batıya doğru ilerlenmiştir ve dolaylı olarak aşındırılmışto. Gabro, diorit ve tonalit» içinde ultramafik kayaların mercleklerinin aşağı doğru artarak, bol olar.ak bulunduğu kesimin batısında derinlere doğru hakim durumdadır.

Lökogabro, kalsik anortozit ve granodiyorit daha az bulunmaktadır., Mağmatik kristalleşme düşük basınç granülit fasiyesinin yüksek basınç kısmındadır. (iki piroksen; plajiyoklas ortopi-föksenle sabit, fakat olivinle değil; granat yok). En derin yapısal düzeylerde, bu kayalar' geniş bir- şekilde, orta ve yüksek, basınç granülit fasiyesinde ve yersel olarak eklojit fasiyesinde gnayslara doğru gerilerler.. Biraz daha sık kayalar geniş olarak mağmatik. fabriklerini korurlar veya granatlı amfibolit fasiyesinde gerilerler., Fasiyes ilişkileri sonuç çıkarmaya izin. vermektedir. Mağmatizma ve gerileme esas olarak isobariktir ve görülen en derin kayalar için yaklaşık 35. km lik bir derinlikte meydana gelmiştir. Karmaşığın başka, bir 'yerinde olivin ve plajiyoklas mafik plüton kayalarında beraberce kristal. -leşmişlerdir. Metavolkanik ve kalsilikat gnayslar mevcuttur ve gerileme amfibolit ve granatlı amfibolit fasiyesinde meydana gelmiştir. Ben isobarik mağmatizma ve gerilemenin 20-25 km. lik derinliklerde olduğu sonucuna varıyorum. Hem masif hem. de tabakalı differansiye plittonik kayalar, alt ve orta kabuk seviyelerinin ikisinde de bulunurlar.

Büyümeye başlayan bir ada yayındaki kabuğun karakterine ofiyolitler hakkındaki önceki bölümde değinilmiştir.

Kabuk ve Manto

Yukarıda, tanımlanan iki olgun ada yayının alt kabuğunda Kohistan örneğindeki mafik kayalar hakimdir, Fakat Fiordland'da ise mafik, ortaç ve felsik-ortaç kayalar hakimdir. Alt kabuk kayalarının yüksek ses hızı ve yoğunluğu kendilerinin granülit fasiyesi mineralojilerinden dolayıdır (plajiyoklasın düşük basınçta granülitin pirokseni ve granatı şeklinde olacak fazlasının sunulması) ve gabroik hacim bileşimi gerekli değildir.. Benzer şekilde manto kayaları, ultra» mafik kayalar kadar yüksek, basınç plajiyoklasça serbest kayaları içerirler.

Kohistan kesiminde görünen Mohorovicic süreksizliği fraksiyonlanmış mağmatik kayalar içinde bir geçişlilik sınırını ortaya, çıkarır.. Bu kayalar hakim olarak altta ultramafik, üstte ise grantlitik ve olivince, serbest noritik ve gabroik kayalardır.. Süreksizlik, yay mağmatizması tarafından meydana getirilmiştir ve bir fosil litolojik sınır değildir. Ben (Hamilton,, 1981) başka bir yerde bunun mağmatik yaylardaki kabuk temelinin genel karakteri olduğunu tartışmışım, (kıtalar ve olgun ada yaylarının Mohorovicic .süreksizliği başlıca plajiyoklasça serbest mineralojinin veya ultramafik bileşimdeki, çok miktardaki yay mağmatik. kayasının kristalleşmesinin yüzeysel limitini temsil eder). Bir kıtasal mağmatik yayın Mohorovicic .süreksizliğini kesen benzer ilişkilerin bir örneği kuzeybatı. İtalya Alpleri'nin Ivrea zonuyla verilmiştir (Rivalenti ve diğerleri, 1981).. Kabuğun temeline ulaşan yay magmaları

bazaltik veya ortaç bileşimlere sahiptirler. Yine de mantonun derinliklerinde oluşan ilk. ergiyikler muhtemelen olivince zengin kayalarla dengededirler.. Böylece,, ilksel magmaların ultramafik bileşenlerinin çoğu manto içinde kristallenirler. Piajiy oklasın sabit olması için yüksek olan basınçlarda oluşan plajiyoklas serbest kayalar da manto ile sınırlanırlar. Manto-kabuk, sınırı, yükselen ergiyikler için kendi kendine sürekli bir yoğunluk, filtresi.dk.. Daha fazla gelişme manto içinde olur. Kabuğa, ulaşan ergiyikler yüksekçe fraksiyonlanırlar. Yüzeye erişenler ise daha da fazla fraksiyonlanırlar., O'Hara (1985),Guick (1981) ve Stolper ve Walker (1980) bu konuyla ilgili görüşlerini açıklamışlardır.

KITALARA. EKLENME

Ada. yayları yay ardı yayılma ile göç ederler ve yitim zonlarına doğru taşınma kuşaklarıdır. Yani ada yayları er veya geç bir başka ada yayı ile veya kıtalarla çarpışır., Orta Mesozoyik'ten daha yaşlı lüm ada yayları, çok daha yeni yayların yaptığı gibi kıtalara eklenmektedirler. Kıtalar arasındaki çarpışmalar genellikle karmaşık, şekilde değişen kalıplara sahip,, uzun yitim dönemlerinden sonra olmaktadır ve çarpışan yaylar genellikle çarpışan kıtalar arasında yenen tektonik sâhipsiz nesnelere, geniş bir alanının ana bileşenleridir. Eklenen yaylar şü- anda, Árkeen'den beri devam eden tüm devirlerdeki böyle alanları belirlemektedir. Pekçok örnek arasında bunları tartışanlar Burchfiel ve Davis (1981), Candie (1986), Dickinson (1981), Hamilton (1970 b, 1979) Hanson ve Schweickert (1986), Shervais ve Kimbrough (1985), Silver ve Smith (1983), Stoesser (1986), Sylvester ve diğerleri (1987) ve Windley (1984) dir.

Bu makalede daha önce tartışılan çarpışmaların karmaşık tarihçelerinin, yitim terslenmelerinin» rıftleşmelerin, güncel yay sistemlerinin doğrultu atımlı ve oroklinal deformasyonlarının herhalde; 'benzerleri de vardır', Fakat eskiden yay eklenmiş alanlar için sorunu çözmek güçtür. Ada yaylarının ve diğer yitimle ilgili karmaşıkların paleotektonik çözümlenmeleri yapılmalıdır.. Fakat karmaşık değişimlerin farkına varılması, ve güncel yay sistemlerinin davranışlarını birleştirmek, sık yapılmamaktadır. Güncel yönelik, modellerden ayrılmalar bilgisizce, değil, dikkatle kaydedilmelidir. Güncel yayların etüd edilmesinin ve günümüzdeki benzerlerinin paleotektonik. olarak, çözümlenmeleri anlamındaki üstü. kapalı tahminlerin denenmesi-ni, eski yayları yorumlayacak kimselere. ısrarla önermekteyiz.,

TEŞEKKÜR. Bu makale (ilgili pek azının yer aldığı) yüzlerce jeolog ve jeofizikçinin yayınlanmış çalışmalarının ve yıllar boyunca yaptığım tartışmaların sonuçlarını açıklamaktadır.

