

# GRANİT MAGMASININ YERLEŞME SORUNU

Problems related to emplacement of the granitic magma

Yücel YILMAZ

(İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi)

Granitik kayaların farklı yollarla gelişebileceği görüşü günümüzde pek çok petrologun yaygınca benimsediği bir görüştür. Diğer bir deyişle, kökenleri açısından Read (1957) in belirttiği gibi “granitler ve granitler” vardır. Bunlardan bazıları bir yolla diğer bazıları bir başka yolla gelişmiş olabilirler. Bu yazıda magmatik kökenli intrüzif granitlerin kabukta yükselmeğe başlamalarını izleyen evrelerde yerleşmeleriyle ilişkili sorunlara değinilecek, yerleşmeyi olanaklı kılan başlıca mekanizmalar üzerine kısa bir özet sunulacaktır.

## **GİRİŞ**

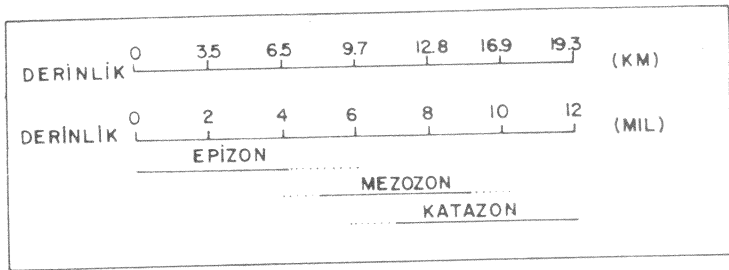
Granitik plutonlar ile komşu kayaların ilişkileri konusunda literatürde pek çok ve ayrıntılı bilgi bulmak mümkündür. Granit köken sorunu aslında pluton yerleşme mekanizması ile doğrudan ilişkilidir. Üstelik granitin “granitizasyon” veya “transformasyon” yoluyla gelişebildiği ortamlarda bu sorun köken sorunu ile içiçedir. Bu yazıda köken sorununa değinmeksizin, magmatik olduğu belirgin granitlerin komşu kaya ile ilişkileri açısından yerleşmelerini olanaklı kılan mekanizmalar konusu ele alınacaktır. Tüm jeologlarca kabul edilen ve farklı yerleşme mekanizmalarının ürünlerini birbirinden ayırtmakta kullanılan kesin verilerin olmadığı literatürde görülmekte ya da gözlem ve bulguların anlamlarının yaygınca paylaşılmadığı anlaşılmaktadır. Kuşkusuz granit magması yerleşme sorununa en etken katkı saha jeolojisinden gelir. Ancak sorunun çözümünde laboratuvar verilerinin ve bulgularının ışığında bu verilerin yeniden değerlendirilmeleri gereklidir.

## **GRANİT SERİLERİ KAVRAMI**

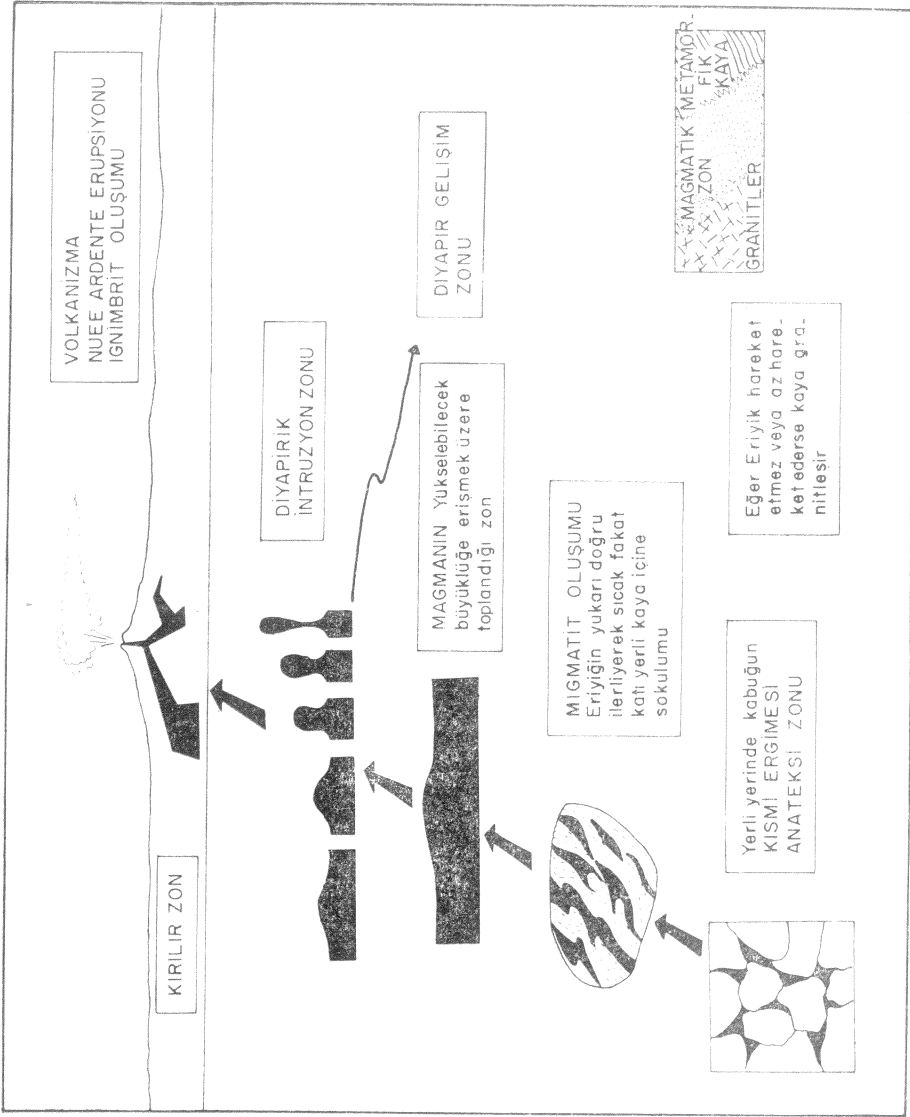
Bazı jeologlar granitleri orojenik kuşakların kinematik evrimindeki yerlerini gözeterek Sin, geç (Late) ve post kinematik (Marmo, 1967) veya Pre, Sin ve post

tektonik (Read, 1957) olarak sınıflamışlardır. Buddington (1959), Read'in sınıflamasını gözden geçirerek bazı katkılarda bulunmuştur. Bu sınıflamada (Şekil 1, 2) orojenezin erken evresinde oluşan, derinde yerleşmiş, kıvrımlı kuşakların yapısına uyumlu, magmatitlerle birarada, yüksek dereceli metamorfizma ortamlarında görülen granitler, otokton granitler olarak tanıtılmaktadır. Orojenezin devamı sırasında buldukları yerlerden daha yükseklere deformasyonun sonucu olarak ilerleyen granitler ise paraotokton granitlerdir. Hakiki intrüzif granitler ise kabukta daha yukarı düzeylere magmatik olarak yerleşmiş olan granitlerdir.

ZAMAN	PRE-OROJENİK → SİNOROJENİK → POST-OROJENİK
GRANİTİN TİPİ	OTOKTON GRANİTLER → PARA-OTOKTON GRANİTLER → INTRUSİF MAGMATİK GRANİT (ALLOKTON) GRANİT PLUTON



Şekil 1. Derinlik ve zaman (orojenez ile ilişki) açısından granitlerin sınıflanmalarını gösterir çizelge.



Şekil 2. Granit magmasının gelişme ve kabukta farklı derinlikte konum ve çevre ile olan genel ilişkisini gösterir taslak kesit.

Granit magması tümüyle ya da çoğunlukla kıta kabuğunun kısmi ergimesinden oluşur. Kıta kabuğunun, ergitilerek magma oluşumuna olanak verecek enerji birkaç yolla elde edilebilir:

a — Orojenez sırasındaki rejyonel makaslamaların (shear) oluşturduğu sürtünmeyle açığa çıkan enerji (McConnel, 1969),

b — Bir okyanus levhasının, kıta levhası altına dalması sonucu oluşan sürtünmenin neden olduğu sıcaklık (Oxburgh ve Turcottle, 1968),

c — Kıtasal kabuk gerecinin herhangi bir yolla yüksek sıcaklık ortamlarına inışı,

d — Yüksek sıcaklıkta manto kökenli bir magmanın yükselerek kıta kabuğuna yerleşmesi veya kabuktan geçişi sırasında mantodan, kabuğa transfer edilen enerji.

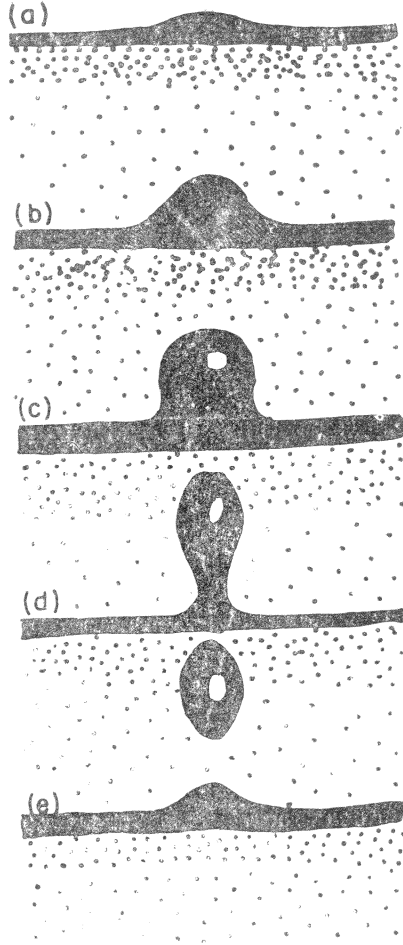
Jeotermal gradyanın kıta kabuğunda ortalama  $30^{\circ}/\text{km}$  olduğu kabul edilirse, kabuğun alt kesimlerinde (yaklaşık 30 km derinde) kayaların  $900^{\circ}\text{C}$  sıcaklık ve 10 kb basınç altında olması beklenir. Deneysel petrolojinin verilerine göre böyle bir ortam kıta kabuğunun en düşük ergime bileşimindeki (minimum melting composition) bir kesiminin ergimesine (selective fusion) olanak verebilir. Adayayı (kenar sıradağı) volkanizmasını oluşturacak manto kökenli magma, kıta kabuğundan geçerken, mantodan kabuğa taşınan enerji zaten ergeyebilecek fiziksel konumdaki alt kabuk kayalarında erimeyi başlatabilir. Ergime sıcaklığının biraz üstündeki sıcaklıklara ulaşılabilirse, sıcaklık  $20^{\circ}$ 'ye kadar küçük sıcaklık farkları olsa bile, oluşan magma ergime zonun-

dan (anateksi zonu) yukarılara yükselmeğe başlar (Şekil 2). Adayayı volkanizması bir dağoluş süresi içinde önemli bir evreyi belirlediğine göre dağoluşu ile plutonizma arasında günümüze değin varlığı vurgulanan ilişkinin nedeni açıkça görülmektedir.

Granit magması  $Al_2SiO_5$  minerallerinden sillimanitin duraylı olduğu ortamda gelişebilir. Rejyonal metamorfizma koşulları açısından bu ortamın kayaları amfibolit veya granülit fasiyesi kayaları olmalıdır. Winkler'e göre bu ortam hornfels fasiyesi (kordierit-K-feldspat - hornfels fasiyesi) ile amfibolit arasındaki geçiş koşuluna karşılık gelir.

Belirli bir hacimsel büyüklüğe ulaşan (3-7 km çap) magma kabukta intrüzyon yapma yeteneğini kazanır. Grout (1945) nun vurguladığı gibi bu tür bir magma için bir hacim ve yükselme sorunu yoktur. Magmanın yükselişi Ramberg (1969) in deneysel olarak gösterdiği gibi şurup ortam içinde yükselen yağ damlacığının ilerleyişine benzetilebilir (Şekil 3).

Granit magması belirli bir düzeye kadar yerleşmesini diyapirik intrüzyon şeklinde gerçekleştirir. Bu olay tuz domunun düşük yoğunluğu nedeniyle örtü kayalarını yırtıp yükselmesine benzer. Nitekim granitik magma, olduğu ortamda çevre ile gravitasyonel dengede değildir. Çevre ile olan büyük akışkanlık farkı nedeniyle, kta kabuğunun viskositesi  $10^{20}$ , granit magmasının ise  $10^6$  olduğuna göre, hafif magmanın yükselebilmesi doğaldır. Yükselme sırasında komşu kaya bu geçişten hemen hiç etkilenmez. Komşu kaya kendisini magmanın geçişine uydurabilecek biçim değişimi (plastik akma) ile bu geçişi olanaklı kılar.



Şekil 3. Granit magmasının kabukta diyapirik yükselmesinin daha yoğun bir ortamda, örneğin bir şurup ortamında yağ damlacığının yükselmesine benzetildiği taslak.



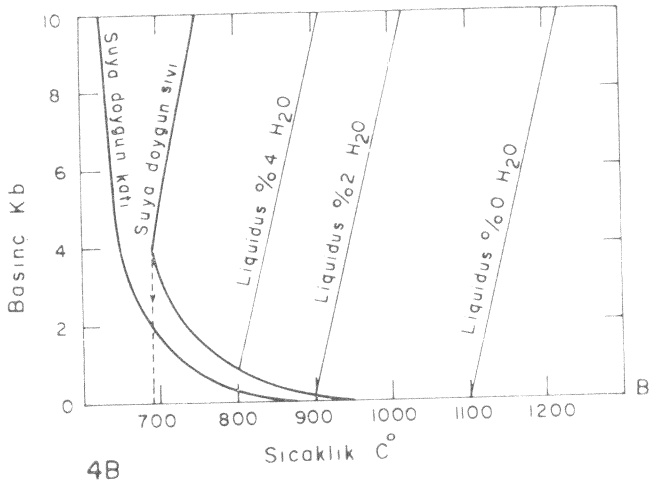
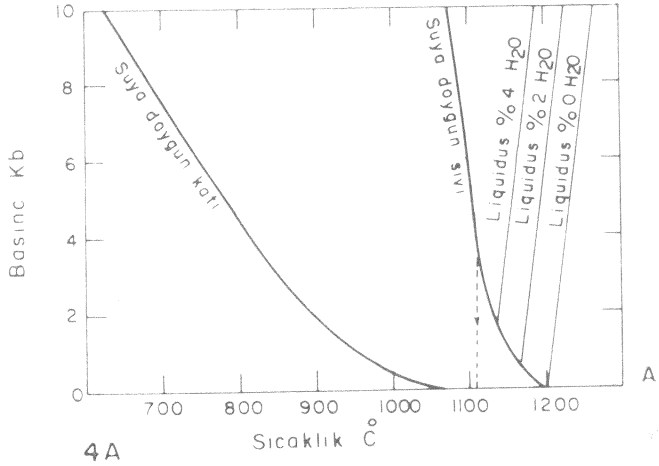
Daly'nin (1914) granitlerin en yaygın plutonik kayaları, bazaltların ise en yaygın lavları oluşturduğunu gösterdiğinden günümüze değin 65 yılı aşkın bir süre geçmiştir. Ancak ne var ki bu olgunun nedenine petrografların akıl erdirebilmeleri, Tuttle ve Bowen'in (1958) granit-su sistemi, Yoder ve Tilley'in (1962) bazalt sisteminin tanıtımından sonradır. Günümüzde, granit magmasının yükselme yeteneğini denetleyen en önemli etkilere birinin magmanın içerdiği su miktarı olduğu ileri sürülmektedir (Harris, Kennedy ve Scarfe, 1969). Bu anlamda granitler başlıca iki gruba ayrılabilir:

- 1 — Sulu granitler (wet granite)
- 2 — Susuz granitler (dry granite).

Granit magmasının başlangıçta su bakımından zengin ya da suya doymuş oluşu kabukta yükselme ve sathaya ulaşabilme şansını önemli ölçüde kısıtlar. Sulu granitler çoğunlukla aşağı mesozon veya katazonda yerleşip, oluştukları bölgeden çok uzaklaşmadan katılmış olan granitlerdir. Bu granit magmaları ya oluştukları zaman ya da yükselmeğe başladıktan kısa bir süre sonra su bakımından doymuş düzeye ulaşmışlardır. Susuz granit magması ise kabukta sığ derinliklere kadar erişebilir.

Granit magmasının tabiatı ve kristallenme özellikleri dikkate alındığında, bu magmaların çoğunlukla minimum ergime bileşiminde (minimum melting composition) olduğu görülür. Bu nedenle de liquidus ve soliduslarını ayıran sıcaklık farkının çok küçük olduğu bilinmektedir (Şekil 4a, 4b) (Winkler, 1962; Piwinskii, 1968).

Susuz bir granit magmasının ergime sıcaklığı artan basınca bağımlı olarak yükselir. Ancak bir granit mag-



- Şekil 4. a) Yoder ve Tilley (1962) in bazalt çalışmasını temel alan susuz, suya doygun sıvı (liquidus)/suya doygun katı (solidus) eğrileri.
4. b) Tuttle ve Bowen (1958) in çalışmalarını temel alan susuz, suya doygun sıvı (liquidus)/suya doygun katı (solidus) ilişkilerini gösterir eğriler (Harris, Kennedy ve Scarfe, 1969'dan).

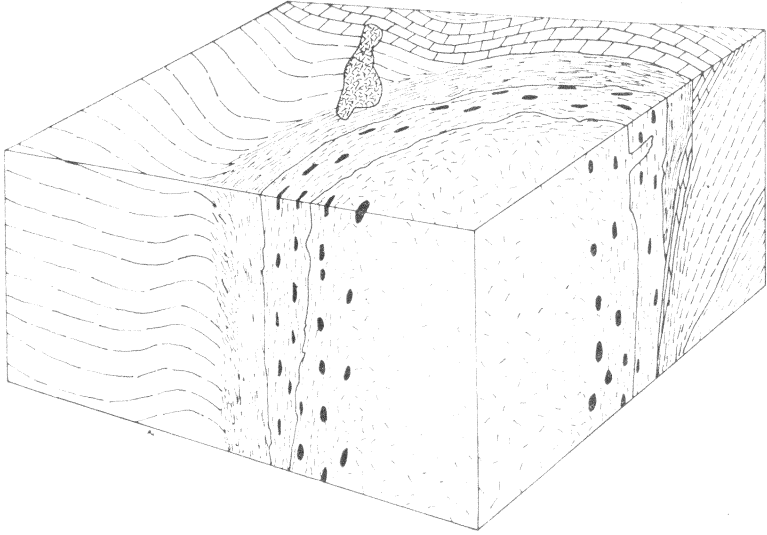
ması eğer sulu bir ortamda oluşuyorsa, basıncın artışı magmanın su özümseme oranını artırır. Bilindiği gibi magmadaki suyun miktarı ise liquidus sıcaklığını azaltıcı bir etkidir (Hamilton et. al., 1964). O halde buradan, sulu magmanın ergime sıcaklığının daha düşük olduğu sonucuna varılabilir. Böyle sulu bir granit magması, kabukta yükselmeğe başladığında, yükselmeğe bağımlı olarak üzerindeki kaya sütununun basıncı azalır. Yani, magma daha düşük P ortamlarına doğru ilerler. Basıncın azalması, magmanın su içerme (özümseme) yeteneğini azaltır. Bunun sonucu olarak azalan basınçla orantılı miktarda suyun magmadan doğal olarak ayrılması gerekir. Diğer bir deyişle granit magması hemen suya doygunluk düzeyine erişir. Bu olgu magmayı kristallenmeğe zorlar. Böylece magmanın olasılıkla büyük bir kısmı katılaşır. Bunun sonucu olarak da magma kabukta artık daha fazla yükselme olanağı bulamaz.

Belirli bir sığlığa kadar ulaşan granit magması bu derinlikte suya doyumluluk noktasına ulaşmış, uçucular eriyikten ayrılmış, ancak magmadan uzaklaşamamışlarsa, bu uçucular magmanın üzerinde basınç oluşturacaklardır. Bu basıncın litostatik basınçtan fazla olduğu ortamlarda magma, gazlı akıcı bir sisteme dönüşerek üstündeki kaya yükünü zorlayıp bir çıkış yolu arayacaktır. Pulverize bir köpük yığıcı biçiminde sathı ulaşan bu magma Cloos'a (1941) göre ignimbrit erüpsiyonunu oluşturur.

Harris, Kennedy ve Scarte (1969) magma kayalarının intrüzyonu konulu simpozyumda "Volkanizma plutonizmaya karşı" başlıklı bildirimlerinde bir granit magmasının plutonik ya da volkanik oluşundan sorumlu en

önemli etkenin magmanın su içeriği olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Su ve sulu ortamdan söz ederken aklımıza gözenek suyu gelmemelidir. Granit eriyiğinin 700-800°C sıcaklıkta oluştuğunu varsayarsak, basınç bu sıcaklık koşulunda kesinlikle 20 km'den daha azdır. Çünkü bu ortamlarda jadeitik piroksene rastlanmaz. Rast (1969), granitin silimanit ve distenle dengede olduğu pek çok ortamı gördüğünü, ancak andalusitle dengede göremediğini vurgular. Bu tür ileri derecedeki metamorfik ve olasılıkla am-



Şekil 5. Komşu kayaların granite doğru biçim değişimi ile uyumlu hale getirilişinin Ardara Pluton'unun kuzeybatı kesiminden örneklendiği blok diyagram (Pitcher ve Berger, 1974'ten).

fibolit fasiyesi koşullarındaki kayalarda su, mika ve hornblend gibi minerallerin kristal şebekelerindeki moleküler sudur. Bu minerallerin su içerikleri de aslında fazla olmadığından bu kayalardan oluşan magmanın su içeriğinin de başlangıçta %1-2'den fazla olamayacağı düşünülmektedir.

## YERLEŞME ZONLARI

Granit yerleşme sorunu plutonların kabuktaki farklı derinlik sıcaklık ilişkisi içinde kendi iç yapıları ile komşu kayalarla ilişkileri dikkate alınarak tartıŐılabılır. Yalın bir varsayımla rejonel metamorfizma Őiddeti derinliğe bağlı bir biçimde artış göstereceğinden granit yerleşme sorununda kritik bilgiler evre kayanın fiziksel niteliklerinin ortaya konulması ile elde edilir. Ancak burada değinilen Epi, Meso, Katazon ile Grubenmann'ın Epi, Meso, Katazon metamorfizması adı altında tanıttığı ayırt, birbirine karıŐtırılmamalıdır.

### Katazon Granitleri

Katazon granitlerinin içine sokulduğu komşu kayaların sıcaklıklarının minimum 450°C oldukları sylenelir. Bu koşul en azından amfibolit fasiyesine karşılık gelmektedir. Bu granitlerin çevrelerinde yaygın bir migmatitik zon görülür. Çok iyi gelişmiş gnaysik foliasyon sergileyen bu granitlerdeki yapı unsurları komşu kayadakilere uyumludur. Bu veri granitin sintektonik niteliğini belgeler. Katazon granitleri komşu kayalar ile fiziksel uyumluluk ve enerji düzeyi bakımından benzerlik gösterdiğinden bu tür granitlerin yerleşme sorunu k-

ken sorunuyla üstelenmiştir. Bu nedenle katazon granitleri, magmatik granitin yerleşme sorununu hedef alan bu yazının konusu dışında bırakılmıştır.

### **Mesozon Granitleri**

Magmanın kabukta derinlerden yukarıya doğru yükselmeğe başlamasıyla intrüzif tabiatı saha verileri yardımı ile tanınabilen granitik kayalar gelişir. Mesozon granitleri kabukta 6-12 km derinlikte yerleşen granitlerdir. Bu derinlikteki kayalar doğal koşullarda metamorfik kayalardır. Ancak metamorfizma dereceleri granitizasyon geliştirebilecek düzeyde değildir. Bununla beraber mesozonun alt sınır koşullarına yakın kesimlerde yerleşen granitlerin çevrelerinde migmatizasyon görülebilir.

Mesozon granitlerinin genel nitelikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

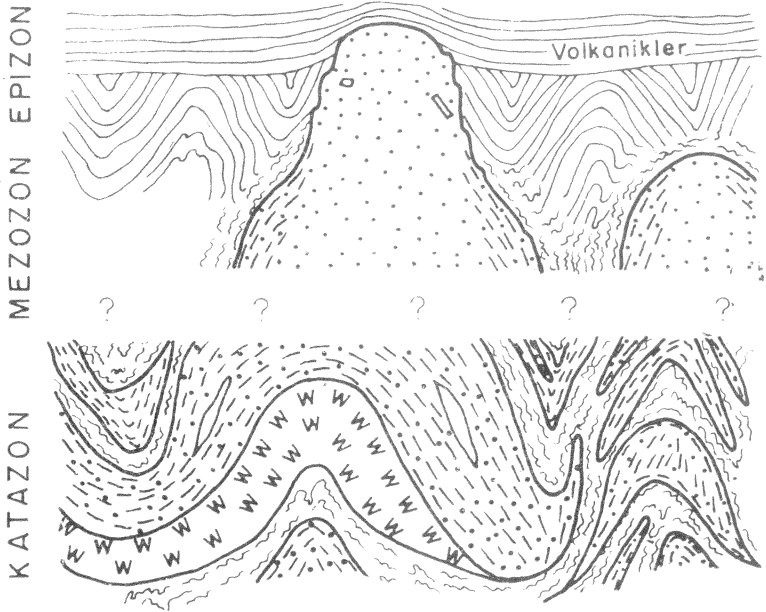
1 — Derinden belirli bir düzeye kadar yükseldiklerinden çok iyi akma düzlem ve çizgileri ve bunların varlığı ile tanınabilen “granit tektonit” (Birincil eklem sistemleri) yapı unsurları (Q, S, L düzlemleri) sergilerler.

2 — Komşu kayalarla ilişkileri çoğunlukla karmaşıktır. Bazı dokanakları diskordan bazıları konkordan olabilir (Şekil 6).

3 — Sıcak bir ortama yerleşmiş olmakla birlikte kendi sıcaklıkları ile komşu kayanın sıcaklığını daha da artırabilirler, bu nedenle çevrelerinde iyi gelişmiş bir kontak metamorfizma zonu görülür. Bu kontak metamorfizma granitin hemen dokanağındaki kayalarda hornblend hornfels fasiyesi düzeyine erişebilir. Sıcak bir ortama yerleşmiş olduğu için granitin kenar zonunda ise

hızlı soğuma emareleri görülmez. Diğer deyişle mesozon granitlerinde afanitik dokulu kayalara rastlanmaz.

4 — Yukarda değinilen nedenle granit magmasının komşu kaya ile temsil ettikleri enerji düzeyi bakımından farkları vardır. Komşu kayalarla dokanakları bunun sonucu olarak çoğunlukla keskindir.



Şekil 6. Katozon, mesozon ve epizon granitlerinin şematik ilişkilerini gösterir şekil.

Katazonda fakolit biçimli gövdeler halinde, çevrenin yapısı öğelerine uyumlu granitin, mesozon granitleri ile doğrudan ilişkileri gözlenemediğinden geçiş soru işareti ile gösterilmiştir.

5 — İntrüzyon kuvveti ile kendilerine yer açan mezozon granitleri plastik ortamdaki komşu kayalarda orta derecede bir deformasyona neden olabilir. Bu deformasyon granit dokanağına doğru komşu kayaların kıvrılarak granite uygun bir konuma getirilmelerine yol açar (Şekil 5, 6). Kıvrımlar granite doğru sıklaştığından kontak düzlemine supparalel yeni bir S düzlemi gelişimine (ezilme kayma klivajı - strain slip cleavage) yol açar. Yerleşme statik bir ortamda gelişmediği için bu tür granitler çevrelerinde hornfelsik dokulu kayalar yerine kontak şistler geliştirir.

Yerleşme sırasında yapısal etkilerin granit gövdesinin kendi içinde de görünüşü aslında önemli bir sorundur; granit magması yukarda açıklandığı şekilde çevrede bir deformasyon mu oluşturmuştur yoksa deformasyon sırasında mı komşu kayaların içine yerleşmiştir? Bu soruyu cevaplandırmak çoğun güçtür. Ancak mesozon granitlerinin tektonizmanın son evresinde yerleştiğine (Late tectonic) yaygınca inanılmaktadır.

Geniş plutonlar pek çok plutonun bir araya gelmesinden, birbiri içine yerleşmelerinden oluşur. Hamilton ve Myers'e (1967) göre plutonlar ne denli büyük ne denli çok adette olursa o denli daha yükseklere ulaşabilir. Çevreye ısı kaybı ve uçucuların ayrılması nedeniyle kristallenmeye zorlanan magmanın daha fazla yükselebilmesi doğal olarak güçtür. Akışkanlığı giderek azalan plutonun komşu kayaları ısıtma gücü tükenir. Metasomatizma hemen tümüyle biter ancak dar bir kontak metamorfizma zonu gelişebilir. Böylece kabukta sığ derinliklere ulaşılır ki bu granitler epizon granitleridir.



## EPİZON GRANİTLERİ

Walton'un (1955) tanımıyla disharmonik gövdelerdir. Epizon granitlerinin başlıca şu özellikleri görülür:

a — Komşu kaya ile diskordan ve keskin dokanaki olup, kenar zonları yerleşme derinliğinde magmanın hızlı soğuduğunun belgelerini sergiler. Örneğin bu çeper zonları çoğun afanitik, camsı, devitrifikasyonlu, porfirik ve/veya miyarolitik dokuludur.

b — Kabukta sığ derinliğe ulaşan magma üzerindeki kaya sütunun basıncı 2 Kb (6 km) dan 0-5 Kb'a kadar küçük değerlere düşebilir (Şekil 1). Bu koşulda kristallenen magma, Tuttle ve Bowen'in (1958) granit-su sisteminde üçlü minimum (Ternary minimum) noktasına ulaşabileceğinden feldspat ve kuvarsın birlikte büyüdüğü kayaları geliştirir ki bu minerallerin içiçe büyümesi ile granofirik dokulu granitler oluşur. Baddington'a göre bu kayalar epizona özgüdür.

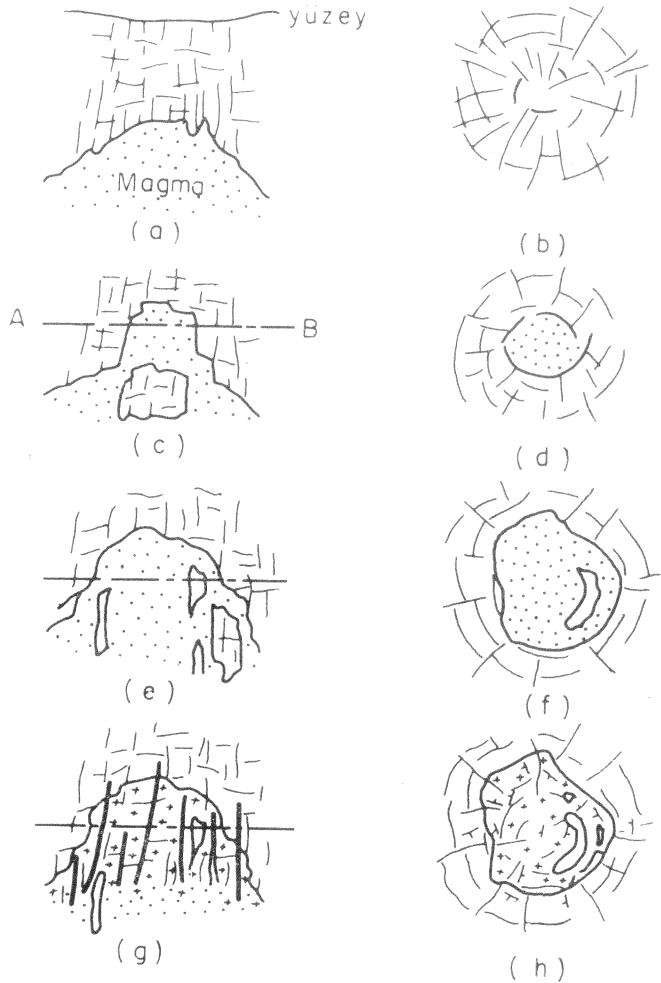
c — Epizon granitleri çoğun somdur. Akma düzlemleri sergilemezler, nadiren akma yapıları gösterebilirler.

d — Çevrelerinde, yerleşme derinliğine bağlı olarak bir kontak metamorfizma zonu geliştirebilirler. Bu metamorfizma çoğunlukla albit-epidot hornfels fasiyesi sınırlarını aşmaz. Çünkü eriştiği sığ derinlikte ve üçlü minimum noktasına ulaşan magma yaklaşık 650°C sıcaklıkta olmalıdır. Bu sıcaklıktaki magma ortalama jeotermal gradyana bağlı olarak yaklaşık 150°C sıcaklıkta olması umulan komşu kayayı hemen dokanakta bile ancak albit epidot hornfels fasiyesi koşuluna eriştirebilir. Granitten uzağa doğru bu etkinin azalması ile dereceli

olarak olağan çevre kayalarına geçilir. Litostatik basınca nazaran intruzif basıncın daha yüksek olduğu koşullarda epizon granitlerinin çevrelerinde kontak metamorfizma etkileri görülmeyebilir. Epizon granitleri çoğunlukta gibi küçük gövdeler halinde olabilir ancak yerleşme birbirini izleyen evrelerde magma sokulumları biçiminde geliştiğinden Rize Plütünü örneğinde olduğu gibi sonuçta granit çok büyük boyutlara ulaşabilir. Her bir sokulum evresini bir dinlenme evresi izler. Bu süreçte izostatik kabuk dengelenimi geliştiğinden üst kesimden magma odasına bloklar çöker (Şekil 7). Böylece oluşan yeni zayıflık zonları yeni sokulumların yükselebilmeleri için doğal yol oluştururlar. Bu zayıflık düzlemleri boyunca;

e — Radyal, konsantrik, tanjansiyel levha dayk kompleksleri gelişir. Bunlar derine doğru ana gövde ile irtibatlıdır. Epizon granitleri volkanik kayalarla ilişkilidir (Şekil 7). Çoğunlukla aynı yaşta ve bileşimdeki volkanik kayaların içine sokuldukları görülür. Bu nitelik ada yayı volkanizmasıyla plutonizma gelişimi arasında genetik ilişkinin ışığında değerlendirilebilir. Doğu Karadeniz volkanizması ve Çanakkale dolayındaki ignimbrit erüpsüyonları ile granitler arasındaki ilişki bunlara örnek olarak verilebilir. Hamilton ve Myers'e (1967) göre birçok epizon graniti kabukta sığ derinliklere kadar ulaşarak kendi volkanik gerecinin altında katılmış sığ ve mercek biçimli gövdelerdir, bir diğer deyişle derine doğru devamlılıkları olmayan plutonlardır. Volkanik kesim ile plütönik kayalar arasındaki dokanak çoğun dereceli geçişlidir.

f — Epizon granitlerini kesen lamprofir daykları yaygınca görülür. Bunun en iyi örneklerinden birisi kuş-



Şekil 7. Magmanın, blok düşmesi sonucu yerleşmesini evrelerle şematik olarak gösteren taslak harita ve ilişkili kesitler.

a-b) Magma etkisiyle tavan kayalarında radyal, kon-santrik ve tanjansiyel çatlak sistemlerinin gelişimi,

b-c) Bağlantılı çatlak sistemleri nedeniyle bağımsız bloklar haline gelerek magma odasına tavadan blokların düşmesi ve magmanın düşen hacimleri oranlı olarak dolduruluşu,

e-f) Olayın devamı ile magmanın ilerleyişine devam edişi,

g-h) Radyal dayk, konilevhaları v.b. gibi dayk, damar sistemi ile stokun ilişkisi, (Chapman ve Chapman, 1940'dan).

kusuz Artvin güneyinde graniti çok sık ve düzenli bir biçimde kesen paralel lamporfir dayklarıdır.

g — Epizon granitleri çoğunlukla posttektoniktirler. Kompresif stres etkisi altında granitin sığ derinliklere ulaşabileceği de aslında umulan, doğal bir olgu değildir.

### YERLEŞME MEKANİZMASI

Granit magmasının belirli bir düzeye kadar yerleşmeyi diyapirik intrüzyon yoluyla gerçekleştirdiğine yaygınca inanılmaktadır (Şekil 3 ve 8). Granit magmasının yerleşmesi konusunda farklı granitik plutonlarda değişik mekanizmaların etken olduğu örnekler vardır. Bunlar başlıca üç grup altında toplanabilir:

1 — Magmanın intrüzyon gücüyle komşu kayaları iterek kendine yer açması (zorlayarak yerleşme; forceful intrusion).

a — Magmanın çatı kayalarını zorlayarak onları kubbeleştirip oluşan hacmi doldurması (doming of roof rocks; Buddington, 1959).

b — Magmanın komşu kayaları yanlara iterek kendine yer açması (crowding aside of country rocks; Buddington, 1959).

c — Magmanın komşu kayaları yatay yönde zorlayarak aralarına kama halinde sokulması (lateral magmatic wedging; Pitcher ve Read, 1968).

2 — Magmanın komşu kayaların zayıflık zonları boyunca ilerlemesi, ya da zayıflık zonları nedeniyle ortamın

olanak vermesiyle belirli hacimleri doldurması (müsaadedeli yerleşme; permissive emplacement).

a — Tavan kayalarının magma odasına dev bioklar halinde düşmesi (Şekil 7), çökmesi sonucunda magmanın yükselerek boşalan hacimleri doldurduğu (Magma kazanına blok çökmesi; cauldson subsidence, Chapman ve Chapman, 1940; Buddington, 1959).

3 — Magmanın aktif ilerleyişi; magmanın komşu kayaları kimyasal yolla çözerek onların yerine geçmesi.

a — Magmanın komşu kaya parçalarını içine alıp kısım kısım yutarak onların yerine geçmesi (Piecemeal Stopping; Daly, 1933).

Bu mekanizmalardan birinci grupta değinilenler çevre kaya ile olan yapısal ilişkilerde belirlenebilir. Üçüncü grup görüşte ise kimyasal dengeleme söz konusudur. O halde yerleşme sorunu granit ile çevre kayanın ancak petrolojik (petrografik ve kimyasal) ve yapısal ilişkilerinin ortaya konulmasıyla açıklanabilir. Çevreden olan kimyasal kirlenme granit gövdesinin merkezinden çepere ve kontaklı komşu kayaya doğru element dağılımındaki ilişkiler yardımıyla tanınabilir. Doğal olarak bu tür araştırmaya girmeden önce granit kontaktına doğru ksenolitlerin giderek artışı vb. gibi böyle bir olayın geçtiğini işaret eder verilerin saptanması gerekir.

Komşu kaya ile yapı ilişkilerinin değerlendirilmesi yerleşme mekanizmasının saptanmasında çok önemlidir. Çevre kayalarının plastik bir biçim değişimine uğratılışı bu kayaların bu tür bir deformasyon geçirebilecek fiziksel durumda olduklarını gösterir. Ayrıca bu olgu magmanın sıcak bir ortamda enerjik bir kütle olduğunun da

belirtedir. Bu koşul yerleşme derinliğinin büyük olduğunu işaret eder ki böyle bir ortam mesozon koşullarına karşılık gelebilir. Granitlerin mesozona başlıca üç yolda yerleştikleri görülmektedir:

- a — Komşu kayaların yanlara itilmesi,
- b — Tavan kayalarının yukarı itilerek kubbeleştirilmesi,
- c — Komşu kayaların magma tarafından yutulup özümsemesi.

Magmanın dışa doğru genişlemesinin başlıca belirtileri şunlardır:

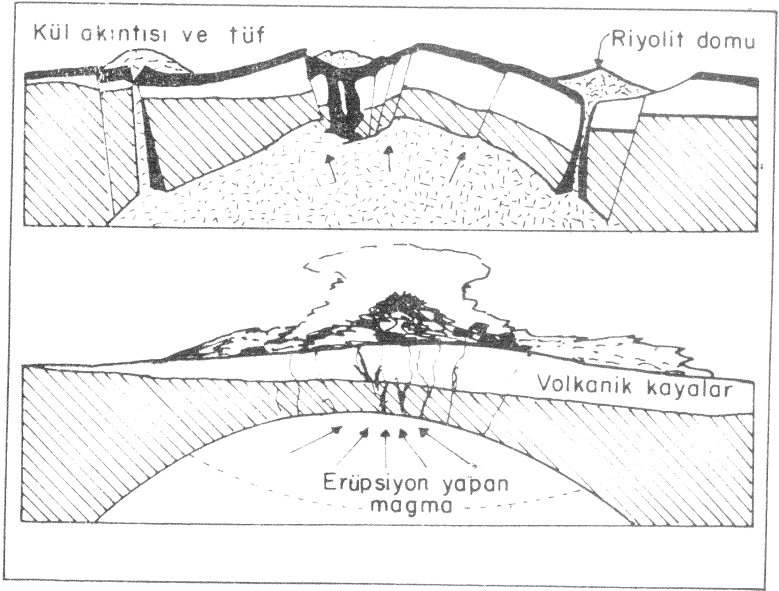
a — Komşu kayaların granit dokanağına kısmen konkordan hale getirilişi (Şekil 6).

b — Komşu kayada görülen kıvrımların granit dokanağına doğru giderek sıklaşması.

c — Plutonun kenar zonunda iyi gelişmiş düzlem yapıların görünüşü ve bunların kontak zonundaki yapılarla uyumluluğu. Epizona doğru ilerleyen magma birbirini izleyen intrüzyonlar (pulstar) halinde yükselir. Aslında kırılğan (brittle) çevre kayaları (Şekil 2) eklem fay vb, gibi zayıflık zonları nedeniyle yükselen magma etkisiyle yerlerinden oynatılarak bağımsız bloklar haline gelerek magma odasına düşerler (Şekil 8). Düşen blokların hacmi oranında yükselen magma bu etkiyle ilerlemesine devam eder.

Tavan kayalarının yükselen magma etkisi ile zorlanarak yenilmeleri, otocamlarının darbe ile işınsal ve çembersel kırılmaları örneğine benzer kırık düzlemlerinin gelişmesine yol açar. Alta yeralan stok biçimli magma

gövdesi, bu zayıflık zonları boyunca ilerliyerek çember-  
sel ve ışımsal dayk sistemlerini, levha dayk kompleksle-  
rini oluşturur (Şekil 7). Çevre kaya ile granit dokanak-  
larının birbirine birleşen düz ve düzlemsel veya yay bi-  
çimli kırık sistemlerinden oluşumu, magma yerleşimine  
çoğun blok çökmelerinin olanak verdiği şekilde yorum-  
lanmaktadır. Bu tür çokgen biçimli dokanaklar pegma-  
tit, grayzen ve apilit daykları ile sıvanmış olabilir.



Şekil 8. Blok geçmesi, Kaldere gelişimi ve volkanizma ile pluto-  
nizma arasındaki ilişkiyi gösteren şematik kesit.

Dokanağın keskin oluşu, komşu kayadaki yapı un-  
surlarının granit tarafından aykırı bir biçimde veya ani-  
den kesilmesi, dokanakta metasomatik element transfe-

rinin belgelerinin olmayışı, plutonun kaya tipleri açısından belirli bir homojenlik sunuşu, granit magmasının çevreye nazaran durgun (statik) olduğunu belgeler. Keskin dokanağın yanısıra, yaygın bir kontak metamorfizma zonunun varlığı (hornfels gelişimi) kısmen sindirilmiş ksenolitlerin granitin çeper zonunda varlığı ve bunların komşu kayalardan derlenmiş oluşu magmanın yutma yeteneğinin etkin olduğunun işaretleridir. Örneğin Barnesmore plutonu (Donegal graniti, İngiltere) Dalradion meta pelitlerini uyumsuz olarak keser. Dokanak keskin olup, komşu kaya dokanak düzlemine kadar kendi yapı ögelerini koruyabilmiştir. Dokanak düzlemi çoğunlukla granit gövdesinden dışa doğru 50°C kadar eğimli olup bu açı yer yer düşeye varan değerler gösterir. Bazı kesimlerde tavan kayalarının kenar kayalarıyla yanal ilişkisi ve devamlılığı görülebilmektedir. Dokanak ilişkilerinin araştırılması plutonun dom biçimli olduğunu göstermektedir.

Çevre kayalarının, granit sokulumundan yapısal olarak etkilenmeyişi, ksenolitlerin azlığı, breşlenmiş dokanakların gelişmemiş oluşu; granit magmasının diya-pirik yolla yükseldiğinin, yerleşme sırasında kısmi yutma mekanizmasının da etkili olduğunun verileridir. Çünkü dokanak keskin olmakla birlikte granitik apofizler komşu kayalara sokulmuşlardır. Araştırmacılara göre (Pitcher ve Berger, 1974) granit büyük şist bloklarının çember dayklar boyunca koparak, magma odasına çökmesi sonucunda yerleşmiştir.

Komşu kayalarda damar, dayk sistemlerinin görülme-yişi, dokanakta reaksiyonu işaret eder verilerin eksikliği, Ardara plutonu örneğinde olduğu gibi, yerleşme





sırasında granit magmasının çeper kesiminin hemen hemen katı (yarı katı; semi-solid) bir kristal yığını halinde olduğunu belgeler. Bu kesimin, plutonun orta kesimine nazaran olasılıkla daha erken evrede yerleştiği kabul edilmektedir.

Pluton yerleşmesinin çevre kayaların itilmesiyle ilişkili oluşu, plutonun dokanak zonu ile komşu kayadaki yapı unsurların uyumundan anlaşılabilir. Örneğin Gümüşhane granitinde dokanakların incelenmesi yapılarada plutondan dışarı doğru bir itilmenin geçtiğini işaret eder (Yılmaz, 1972). Bu itilme magmanın akışından çok genişlemesine bağlıdır, yüksek açılı linear dokuların granitin dış zonunda görünüşü ise yerleşme esnasındaki bir erken evrede plutonun yükselip komşu kaya içine ilerlediğini göstermektedir. Daha sonra katılaşmanın son dönemlerinde olasılıkla uçucuların ayrılması sırasında magmanın şişerek genişlediği sonucuna varılmıştır. Çeperde granit dokanağı ve çevre kaya birkaç yüz metreyi aşkın bir zonda birlikte deforme olmuş, granit kenar zonu gnaysik yapraklanma kazanmış, komşu metapelitik kayalarda ise bunlara uyumlu şistler gelişmiştir.

Granit sorunu aslında kıta kabuğu evrimine özdeş bir sorun olarak ele alınabilir. Granit magmasının yerleşmesi konusunda önemli bilgiler ise granitin kendinden çok yerleşme derinliğinde komşu kayalarla olan ilişkisinin araştırılmasından türetilir. Bununla birlikte ilk kristal gelişimi ile yerleşme derinliği arasında, magmanın hareketi, komşu kayalarla ilişkileri, kimyasal kirlenmesi, farklılaşması, intruzif gücüyle olan etkisi, yerleştiği ortamla olan enerji düzeyindeki farklılık gibi faktörler yerleşme sorununu tanıttıcı belgeler oluşturur. Bu

konuların ayrı ayrı tanıtılmaları ve tartışımı yerine, başlıca 4 faktör ve bunları denetliyen asfaktörler ile bu faktörlerin birbiri ile olan olası ilişkileri Şekil 9'da bir çizelge ile özetlenmeğe çalışılmıştır. Bu çizelgede vurgulanmağa çalışılan konu, granit magması yerleşmesinin granit ile yerleşme derinliğinin ilişkilerini fiziksel (yapısal, nitelikler, sıcaklık ve basınç koşulları, termodinamik parametreler vb.) ve kimyasal olarak karşılaştırma şeklinde özetlenebilir.

## YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Buddington, A. F.: 1959; Granite emplacement with special reference to North America. Geol. Soc. Am. Bull. 70, 671-747.
- Chapman, R. W. ve Chapman, C. A.: 1940; Cauldron subsidence at Ascutney mountain, Vermont. Geol. Soc. Am. Bull. 51, 191-212.
- Cloos, H.: 1941; Bau und Taetigkeit von Tuffschloten. Untersuchungen an dem Schwabischen Vulkan. Geol. Rundschau 32, 709-800.
- Daly, R. A.: 1914; Igneous rocks and their origin. McGraw Hill Co., New York.
- : 1933; Igneous rocks and the depths of the earth. McGraw Hill Co., New York.
- Grout, F. F.: 1945; Scale models of structures related to batholiths. Am. J. Sci. 243A, 260.
- Hamilton, W. ve Myers, W. H.: 1967; The nature of batholiths. Geol. Surv. Prof. Pap. 554-C, 1-26.
- Hamilton, D. L., Burnham, C. W. ve Osborn, E. F.: 1964; The Solubility of water and the effects of oxygen fugacity and water content on crystallization in mafic magmas. Jour. Petrol. 5, 21-59.
- Harris, P. G., Kennedy, W. Q., Scarfe, C. M.: 1969; Volcanism versus plutonism - the effect of chemical composition. Liverpool Geol. Soc. Symp. Mechanism of Igneous Intrusion.

- Marmo, V.: 1967; On the granite problem. *Earth-Sci. Rev.* 3, 7-29.
- Mayo, E. B.: 1941; Deformation in the interval Mt. Lyell-Mt Whitney, California. *Geol. Soc. Am. Bull.* 52, 1001-1084.
- McConnel, R. B.: 1969; The association of granites with zones of stress and shearing. *Geol. Soc. Am. Bull.* 80, 115-120.
- Oxburgh, E. R. ve Turcottle, Dul: 1968; Problem of high heat flow and volcanism associated with zones of descending mantle convective flow. *Nature.* 218, 1041-3.
- Pitcher, W. S. ve Read, H. H.: 1968; The main Dornegal granite. *Quart. Jour. Geol. Soc. London* 114, 259-305.
- Pitcher, W. S. ve Berger, A. S.: 1974; The Geology of Donegal: A study of granite emplacement and unroofing. Wiley Interscience New York, London.
- Piwinskii, A. J.: 1968; Experimental studies of igneous rock series; Central Sierra Nevada Batholith, California. *Jour. Geology* 76, 548-70.
- Rast, N.: 1969; The initiation, ascent and emplacement of magmas. *Liverpool Geol. Soc. Symp. Mechanism of Igneous Intrusion.*
- Ramberg, H.: 1969; Model studies in relation to intrusion of plutonic bodies. *Liverpool Geol. Soc. Sym. Mechanism of igneous intrusion.*
- Read, H. H.: 1957; The Granite Controversy. Thomas Murby. London.
- Tuttle, O. F. ve Bowen, N. L.: 1958; Origin of granite in the light of experimental studies in the system  $\text{NaAl Si}_3\text{O}_8$ - $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ - $\text{SiO}_2$ - $\text{H}_2\text{O}$ . *Geol. Soc. Am. Mem.* 74.
- Walton, M.: 1955; The Emplacement of "granite". *Amer. Jour. Sci.* 253, 1-18.

- Wingler, H. G. F.: 1962; Viel Basalt und wenig Gabbro-wenig Rhyolith und viel Granit. Heidelberger Beitr. Miner. Petr. 8, 222-31.
- Yılmaz, Y.: 1972; Petrology and structure of the Gümüşhane granite and the surrounding rocks, N. E. Anatolia (Ph. D. Thesis. Univ. London).
- Yoder, H. S. ve Tilley, C. E.: 1962; Origin of basalt magmas an experimental study of natural und synthetic rock systems Jour. Petrol. 3, 342-532.