

MENDERES MASİFİ (TÜRKİYE'NİN SW sı) METAMORFİK KAYAÇLARINDAKİ GRENALARIN YAPISI HAKKINDA

P. de GRACIANSKY

Ecole Nationale Supérieure des Mines, Paris

ÖZET. — Milas civarında Menderes masifine ait kayaçlardan toplanmış grena numunelerinin mineralojik etüdü, bu grenaların alüminyumlu ve demirli almandin grupunkine yakın bir kompozisyona malik olduklarını ortaya koymuştur; bu determinasyon da, genel metamorfizma mesozon grenalarına ait neşriyattaki donelere uymaktadır.

Yirmibeş numunenin fiziksel özelliklerinin ölçüleri (kırılma indisi ve kristalografik parametre) ve beş örnek grenanın kimyasal analizleri, dış ve derin zon grenalarının daimî aynı kompozisyona malik olduklarını göstermiştir.

GİRİŞ

SW Anadolu Toroslar'ı Menderes masifi veya Menderesler masifi ismi ile tanıyan, merkezî kristalofilien bir eksen zonu arzeder; masif, granitten ve gnaystan yapılu bir dom teşkil eder. Üzeri konglomera, kuarsit, pelit ve kalkıştlerden mürekkep bir detritik topluluk ve bu da içinde bir zımpara seviyesi bulunan kalın bir mermer kitlesi ile örtülüdür. Gnaysların üzerindeki serinin tabanı çok rekrystalizedir ve minerallerinin parajenezi, genel metamorfizma parajenezine tamamen tekabül etmektedir. Bunlar arasında pelitik orijinli kayaçlarda, dıştan içe doğru sırayla, klorit, epidot, kloritoid, biotit ve grenalara raslanmaktadır (Tablo 1). Bu mineral topluluklarıyla teşekkül etmiş olan metamorfik fasiesler, bin metrelilik bir kalınlık gösteren çemberler halinde, gnays çekirdeği etrafında dağılmışlardır; biotit ve grenaların tezahürleriyle karşılaşan izogradlar, çok kere birbirlerine çok yakındırlar.

Bazı minerallerin dağılımı bir özellik taşımaktadır: biotit, kloritoid, mat mineraller (ilmenit) gibi bazıları her yönde şistozite ve mikropliler yönünde veya bunlara dik olarak gelişmişlerdir; yön kazanmamış ve deforme olmamış olan bu kristaller, içinde teşekkül ettikleri kayacın deformasyonuna sebep olan yönlü manialardan kurtulduktan sonra artık gelişmelerini tamamlamış gibi görünürler; grenalar da böyledir: hiçbiri kırılmış veya uzamış değildir ve inklüzyon çizgileri, foliasyona nazaran, pek az yer değiştirmiştir.

Bu strüktürlerle beraber, zonların gnays masifi etrafında sıkışması, genel olarak kontakt metamorfizma şartlarında müşahede edilir.

Menderes masifi, böylece, iki tip metamorfizma arasında geçit karakterler arz etmektedir: düzgün bir Zoneografi ve genel metamorfizmanın yayılımı, diğer bölgelerde birbirinden iyice tefrik edilebilen¹ kontakt metamorfizma oreolleri gibi karakterler arz

¹ Buna benzer bir örnek Montagne Noire çevresinde (Fransız Masif Santrali'nin SW sı) mevcuttur; bu hususta, M. Roques (1941), yanyana bulunan bölgesel metamorfizma ile migmatit domu kontaktında husule gelmiş bir metamorfizmadan bahsetmiştir; fakat müşahede edilen parajenezler iki halde birbirlerinden farklıdır.

Tablo - 1**Menderes masifinin güney kıyısında minerallerin ve metamorfik fasieslerin dağılımı.**

(Şema, tabakaların kalınlıkları gözönünde tutularak çizilmiştir.)

(+ = R. D. Schuiling tarafından determinasyonları yapılmış mineraller.)

<i>Eskola sınıflandırması</i> (1939)	<i>Turner ve Verhoogen sınıflandırması</i> (1960)	<i>Klorit</i>	<i>Epidot</i>	<i>Kloritoid</i>	<i>Biotit</i>	<i>Almandin</i>	<i>Storotid +</i>	<i>Disten +</i>	<i>Muskovit</i>	<i>Kuars</i>
Yeşil şist fasiesi	Yeşil şist fasiesi	Kuars, albit, msc. ve kloritli alt fasies								
		Kuars, albit, epidot ve biotitli alt fasies								
		Kuars, albit, epidot ve almandinli alt fasies								
Epidot - amfibolit fasiesi										
Amfibolit fasiesi	Almandin-amfibolit fasiesi									
		Storotid ve almandinli alt fasies								
		disten, almandin ve muskovitli alt fasies								

Tablo 1 ve 2 nin izahı

Numuneler, masifin kenar kısmından geçen iki kesitle örtünün mikaşistlerinden ve diğer taraftan, mikaşistlerin septalarından toplanmıştır.

Listeler, dış zonlardan iç zonlara doğru toplanmış numune sırasına göre düzenlenmiştir; her numune için grena porfiroblâstlarının mevcudiyeti tekrar edilmemiştir.

1) Örtü grenaları :

MG serisi (Milas) :

MG 45 : Beyaz mika, klorit ve kuars ihtiva eden serisitli mikaşistler.

MG 44 : Beyaz mika, biotit, klorit ve kuars ihtiva eden serisitli mikaşistler.

MG 43, 42, 41 : Beyaz mika, kloritoid ve kuars ihtiva eden serisitli mikaşistler.

MG 38, 37, 33, 32 : Beyaz mika, biotit, kuars ve mat mineralli (ilmenit, manyetit) mikaşistler.

MG 27 : Beyaz mika, biotit kuars, mat mineraller, zirkon ve zonlu turmalinli mikaşistler.

MG 26 : Beyaz mika, serisit ve kuarslı mikaşistler.

MG 23, 15, 8, 6 : Beyaz mika, biotit, kuars, turmalin, zirkon, apatit ve mat mineralli (manyetit) mikaşistler.

MK serisi (Milas) :

MK 15, 17 : Beyaz mika, kloritoid, klorit ve kuars ihtiva eden serisitli mikaşistler.

MK 20 : Beyaz mika, biotit ve kuars ihtiva eden serisitli mikaşistler.

MK 23 : Kuars ve mat mineraller ihtiva eden serisitli mikaşistler.

Çeşitli yerlerden toplanmış numuneler :

MB 11 : Kuars ve mat mineraller ihtiva eden serisitli mikaşistler.

Abd 2 ve Abd 11 : Yatağan'dan toplanmış, biotit ve beyaz mikalı mikaşistler (Milas'ın 40 km ENE sundan Ş. Abdüsselamoğlu tarafından gönderilen numune).

2) *Gnayslar içindeki mikaşit «septa» larının grenaları :*

X2 : Biotit, beyaz mika, turmalin, kuars, albit, kloritli mikaşist (Labraunda).

X4 : Biotit, beyaz mika, klorit, turmalin, kuars, küçük feldspatlı mikaşist (Labraunda).

44M : Biotit, beyaz mika, klorit, kuars, küçük plâjioklaz (An % 30) ve apatitli, ince taneli mikaşist (Beypınar).

72M : Biotit, beyaz mika, küçük feldspat ve kuarslı mikaşist (Yatağan-Aydın yolunun 34 üncü kilometresi).

Tablo - 2
Grenaların kimyasal analizleri

	Mg26		Mg8		X2		X4		44M	
SiO ₂	36.00		39.75		37.45		38.70		45.50	
Al ₂ O ₃	21.30		21.30		21.40		18.70		18.70	
Fe ₂ O ₃	1.15		2.30		eser		eser		0.50	
FeO	31.30		26.70		30.10		32.90		24.50	
TiO ₂	0		0		0		0.60		0	
MnO	0.50		1.95		2.05		0.95		0.80	
CaO	4.30		6.30		6.80		4.50		7.10	
MgO	3.30		2.30		2.60		3.10		2.00	
Na ₂ O	0.20		0.20		0.20		0.20		0.30	
K ₂ O	0.05		0.15		0.10		0.10		0.20	
H ₂ O+	0.15		0.10		0.05		0.90		0.50	
0=24 bazına göre hesaplanmış katyon sayısı										
Si	5.88		5.74		5.94		6.19		5.73	
Al	0.12	6.00	0.26	6.00	0.04	6.00	—	6.19	0.27	
Al ₃₊	3.98		3.97		3.97		3.67		3.97	
Fe	0.14	4.12	0.28	4.11	—	3.97	—	3.67	0.07	
Fe ₂₊	4.27		3.76		4.01		4.51		3.94	
Mn	0.07		0.28		0.28		0.13		0.13	
Ca	0.75	5.89	1.14	5.85	1.16	6.07	0.79	6.19	1.42	
Mg	0.80		0.67		0.62		0.76		0.51	
Moleküler yüzdeler										
alm	72.5		71.7		66.4		72.9		65.0	
gross	9.1		3.9		19.1		12.7		21.5	
pyr	13.6		11.0		10.2		12.2		9.4	
spes	1.1		5.3		4.2		2.1		2.1	
and	3.6		8.0		—		—		1.8	
indis	1.797		1.797		1.797		1.797		1.797	
ölçülmüş	±0.003		±0.003		±0.003		±0.003		±0.003	
parametre	11.52		11.558		11.54		11.515		11.545	
ölçülmüş	±0.01		±0.002		±0.01		±0.005		±0.005	

Not: İyon sayıları, tetraedrik olarak bulunan alüminyumun mevcudiyeti ile, kuarsın yarıda kalmış ayrışımı sebebiyle, kimyasal analizde ortaya çıkan silis fazlalığı gözönünde tutularak hesaplanmıştır.

eder; metamorfizmanın oluşum şartları ile, grenaların kompozisyonu arasında varlığı bilinen ilgi gözönünde tutularak, raslanılan grenaların mineralojik tabiatını gayet kesin olarak meydana çıkarmak faydalıdır.

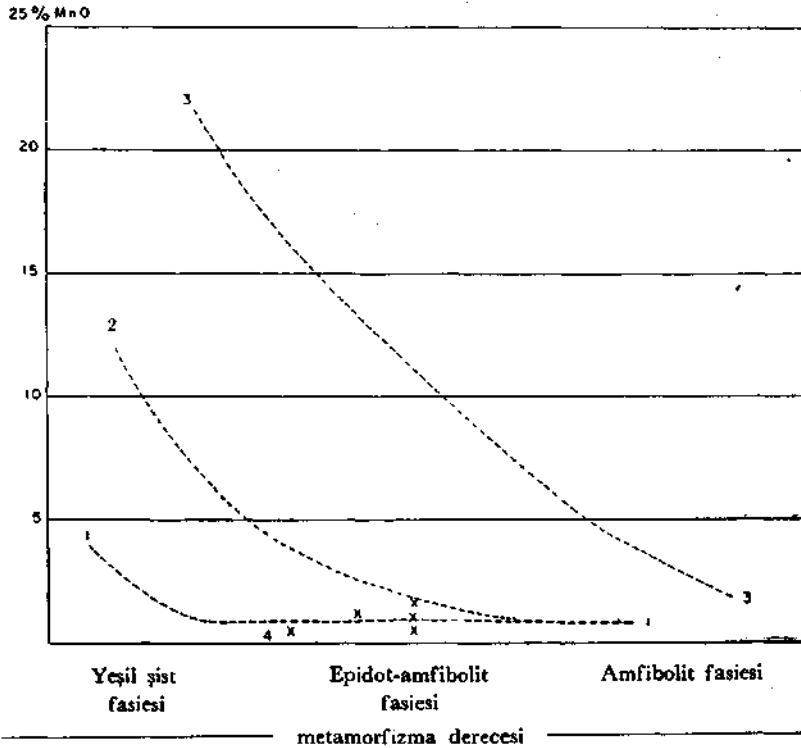
Bu gayeyle, ya aynı bir seri içinde metamorfizma şiddeti gittikçe artan mütaakıp fasieslerden toplanmış grenaların kompozisyonlarındaki farklar etüd edilebilir veya çeşitli fasieslere ait grenaların tabiatı ve bu grenaların teşekkülüne sebep olan metamorfizmanın tipi arasındaki münasebetler araştırılabilir.

1. Neşriyatlardan elde edilen bilgiler

Sollas (1891) ve Tilley (1926) den beri, rejyonel metamorfizmanın orta ve yüksek dereceli zonlarındaki pelitik şistler içinde çok bulunan, iki değerli demirce zengin grenaların umumiyetle alüminli-Mn lı spessartin şeklinde olan kontakt metamorfizmanın daha yüksek bir sıcaklık ve daha az bir basınç altında kristalleşmiş kayalarda nadiren raslandığı bilinmektedir.

Termik oreoller ihtiva eden genel metamorfizma mikaşistlerinde ise, grenaların parçalanmış veya kordierit ve manyetite, psödomorfozlar haline çevrilmiş olduğu dahi görülebilir (A. Harker, 1950; G. A. Ghinner, 1962).

A. Miyashiro 19(35), dünyanın çeşitli yerlerinden toplanmış grenaların kimyasal analizleri yardımı ile, bu müşahedeleri genelleştirerek, raslanan piralspitlerin² kompozisyonlarına göre metamorfizma tiplerini sınıflandırabilmiştir.



Şek. 1 - Piralspitlerin değişimini gösterir diyagram (MIYASHIRO'ya göre)

- 1 - Dutchess County (BARTH, 1936), genel metamorfizmanın tipik eğrisi;
 2 - Stavanger, Norveç (GOLDSCHMIDT, 1920); 3 - Gosaisyo-Takanuki bölgesi, Japonya (MIYASHIRO, 1953), termal metamorfizmaya doğru yönelmiş tip; 4 - Menderes masifi kıyısı.

² Pirop (Al-Mg), almandin (Al-Fe 2+), spessartin (Al-Mn) serisini gösterir Winchell'in bir terimi olduğunu hatırlatırız.

Bu sınıflandırma, grenaların her tipe has manganez yüzdelerinin değişmesine göre yapılmıştır (Şek. 1).

Spessartince fakir, fakat iki değerli demirce zengin grenalı genel metamorfizma ile, manganezli grenalarla karakterize olan kontakt metamorfizması arasında geçit tipleri mevcuttur.

Bütün bunlara, her tip metamorfizmada, dış zonlardan iç zonlara doğru manganez yüzdesinde bir azalmanın ve buna karşılık iki değerli demir yüzdesinde ise bir artmanın görüldüğünü ilâve etmek lâzımdır (Şek. 1).

Bu arazi gözlemlerine istisna teşkil eden haller hemen hemen yok denecek kadar azdır. Grenaların yapılarına tesir eden faktörler arasında, metamorfizma şartlarına karşı olarak, kayacın kimyasal kompozisyonunun oynayabileceği mühim rolü de zikredebiliriz; bazan bu kompozisyonun etkisi, fiziksel şartların etkisinden daha fazla olabilir. Bu nokta bilhassa Chinner (1961) in fikridir; fakat problem hakikatte çok karışıktır : spessartinsiz, manganezli korneenlere nadir olarak raslanmakla beraber ve manganezin mevcudiyeti spessartinin bulunmasına hemen hemen kâfi bir sebep olmakla beraber, spessartinin yüksek yüzde ile bulunması şart değildir; Goldschmidt ve Miyashiro'nun yapmış oldukları analizler, manganez yüzdesi % 0.40 olan kayaçların, % 50 spessartin ihtiva edecek dereceye kadar grenaca zengin olduklarını göstermiştir.

2. Menderes masifi metamorfik kayaçlarından alınan grenaların determinasyonları

Mikaşistlerden toplanmış iki ve gnays septalarından toplanmış üç grena numunesinin ayırımı ve saflaştırılması, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris Mineraloji Laboratuvarında Asistan olan G. Matharan'ın sayesinde,³ analizleri ise M. Grillot

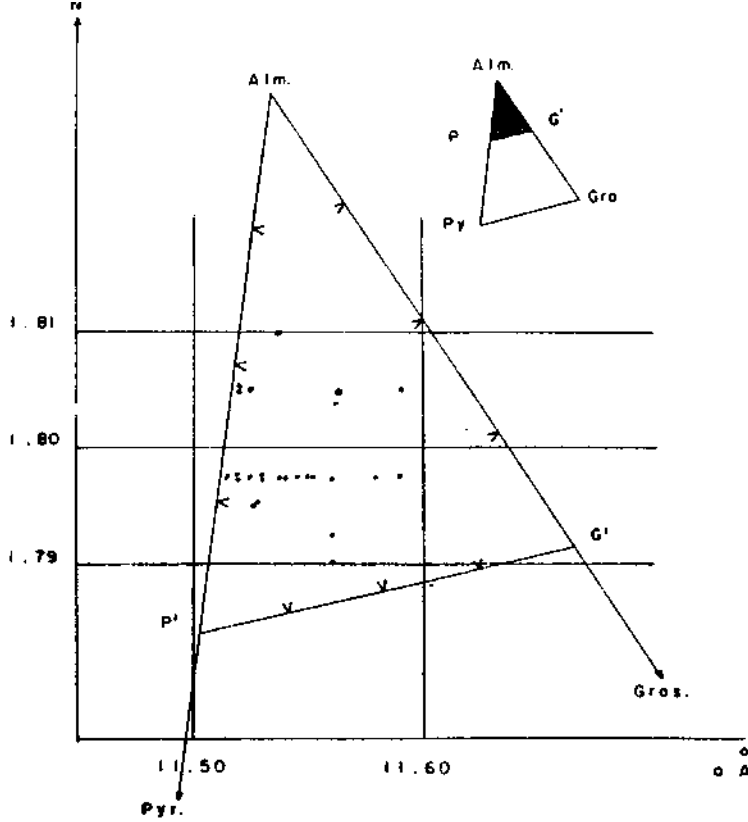
Tablo - 3

Numunenin numarası	Kırılma indisi	Parametre	Numunenin numarası	Kırılma indisi	Parametre
MG45	1.797 \pm 0.003	11.53 \pm 0.005	MK15	1.805 \pm 0.005	11.59 \pm 0.002
MG44	1.797 \pm 0.003	11.57 \pm 0.006	MK17	1.805 \pm 0.005	11.56 \pm 0.01
MG43	1.797 \pm 0.003	11.53 \pm 0.002	MK20	1.805 \pm 0.005	11.52 \pm 0.004
MG42	1.797 \pm 0.003	11.53 \pm 0.004	MK23	1.805 \pm 0.005	11.52 \pm 0.01
MG41	1.797 \pm 0.003	11.52 \pm 0.01			
MG38	1.797 \pm 0.003	11.59 \pm 0.001	MB11	1.797 \pm 0.005	11.53 \pm 0.005
MG37	1.797 \pm 0.003	11.55 \pm 0.005			
MG33	1.797 \pm 0.003	11.55 \pm 0.005	X2	1.797 \pm 0.003	11.54 \pm 0.01
MG32	1.797 \pm 0.003	11.56 \pm 0.005	X4	1.797 \pm 0.003	11.51 \pm 0.005
MG27	1.810 \pm 0.005	11.47 \pm 0.02	44M	1.797 \pm 0.003	11.54 \pm 0.005
MG26	1.797 \pm 0.003	11.52 \pm 0.01	72M	1.795 \pm 0.005	11.50 \pm 0.02
MG23	1.805 \pm 0.005	11.52 \pm 0.01			
MG15	1.810 \pm 0.005	11.53 \pm 0.02	Abd 2	1.790 \pm 0.005	11.56 \pm 0.02
MG8	1.797 \pm 0.003	11.55 \pm 0.002	Abd 11	1.805 \pm 0.005	11.57 \pm 0.02
MG6	1.792 \pm 0.003	11.52 \pm 0.02			

³ B.R.G.M. ve Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris mineralojist ve kimyagerlerinin, bu satırlar arasında, kıymetli yardımlarından ve göstermiş oldukları ilgiden dolayı en derin teşekkürlerimin ifadesini bulmalarını rica ederim.

ve arkadaşları tarafından, Bureau de Recherches Geologiques et Minieres Kimya Laboratuvarında yapılmıştır. Neticeler de Tablo 2 de gösterilmiştir.

Kimyasal analizlerden başka, G. Matharan, gnaysları örten mikaşistler içindeki bir kesit üzerinden sırayla alınmış yirmi kadar numunenin grenalarının kırılma indislerini ve kristalografik parametrelerini ölçmüştür; bu sistematik ölçüler, kimyasal yolla etüdü edilmiş «şahit» numunelere nazaran aradaki muhtemel farklara ait endişeleri ortadan kaldırmaya yaramıştır; bundan başka, fiziksel metodlar,⁴ mineralojik ayırım ve saflaştırmaadaki önüne geçilemeyen hataların etkisini ortadan kaldırma avantajını sağlarlar.



Şek. 2 - Etüdü yapılan grenaların indis ve parametrelerinin dağılımı (almandin kutbu civarında noktalar sıklaşmaktadır).

Almandin-pir-gross' üçgeni, WINCHELL (1958) donelerine göre, a-N diyagramında düzenlenmiştir; noktaların durumu, molekül yüzdeleri ile doğrudan doğruya tefsir edilemez : spessartin ve andradit yüzdelerinin gözönünde tutmak lâzımdır. İndisler, gittikçe daha büyük indisli likörler seçilip karşılaştırma usulüyle ölçülmüştür; parametre eksenine paralel çizgiler üzerinde bulunan noktaların durumu, belli ve birbirinden kolayca ayırdedilebilen serilerin varlığına değil, elde ettiğimiz neticelere tekabül etmektedir.

Filhakika, gelişi güzel toplanmış olan grenalar, sabit değerli fiziksel karakterler arzemişlerdir ve bu değerlerin ortalamaları, kırılma indisi için $n = 1.80$ civarı (tam olarak $1.798 + 0.003$) ve parametre içinse $a = 11.55$ A° (tam olarak $11.545 + 0.005$) dir (Tablo 3 ve Şek. 2).

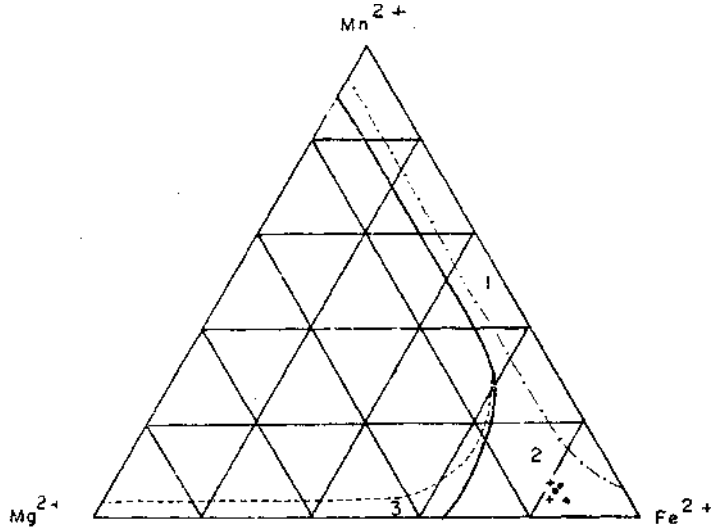
⁴ Mikroskopik inklüzyonların çok olmaları sebebiyle, yoğunluk ölçüsü neticeleri daima aldatıcı olmuşlardır.

Grenaların tabiatı böylece tamamen belli olmuştur: iki değerli Fe in belli bir dereceye kadar Ca, Mg ve daha az Mn ile ikame edilmiş bir almandin bahis konusudur.

3. Netice

Yapılan determinasyonlardan elde edilen neticeler orta, derecede genel metamorfizma zonları grenaları üzerinde yapılmış diğer gözlemlerden elde edilmiş olan neticelere tamamen uymaktadır; almandin, kuars, albit ve epidotla beraber, Turner ve Verhoogen'in zoneografik sınıflandırmasındaki «green schist facies» tâbir edilen, en derin alt fasiesin karakteristik minerallerini teşkil eder.

A. Miyashiro (1953) nun genel metamorfizma serileri için işaret olduğu MnO yüzdesinin düşüklüğü ye daimî varlığı, Menderes masifinde de aynen görülmektedir (Şek. 1).



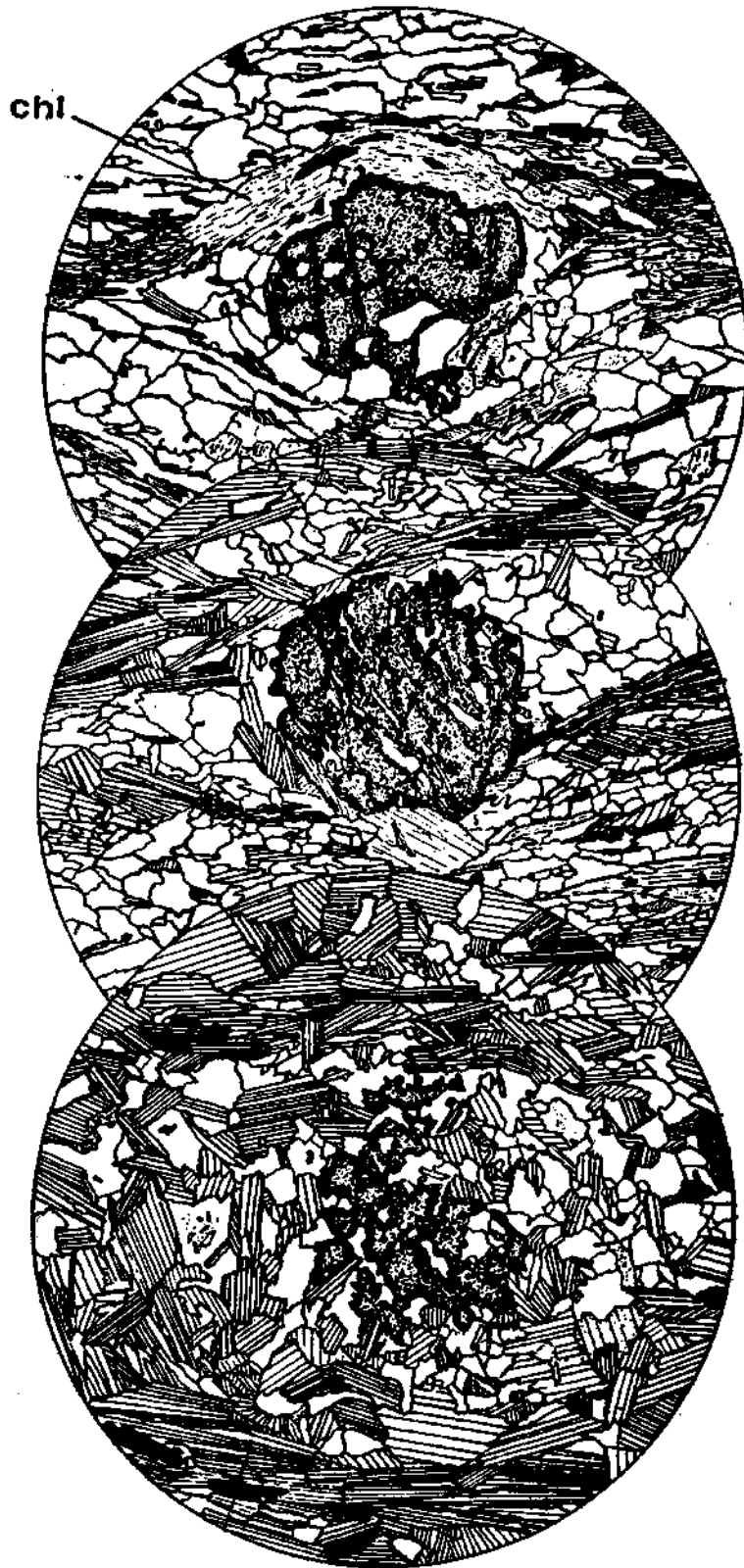
Şek. 3 - A. MIYASHIRO (1953) ya göre, metamorfik fasieslere bağlı ve kalsiyumca fakir olan grenaların kompozisyonu.

1 - Yeşil şist fasiesi sahası; 2 - ESKOLA (1939) tarafından tarif edilmiş epidot-amfibolit ve amfibolit fasiesi sahası; 3 - granülit ve eklojit fasiesi sahası; (+) mikaşistlerden toplanmış grenaların kompozisyonuna tekabül eden nokta; (.) Menderes masifi gnaysları içindeki mikaşist septalarından toplanmış grenaların kompozisyonuna tekabül eden nokta.

Kristalleşme esnasındaki fiziksel ve kimyasal şartların değişmediğini gösteren «nokta gruplanmaları»na okuyucunun dikkatini çekeriz : bu noktaların 2 numaralı sahadaki yerleri, parajenezlere tamamen uymaktadır.

Tablo - 4

	Mg26	Mg8	X2	X4	44M
% Mn ²⁺	1.3	6.0	5.6	2.4	2.8
% Fe ³⁺	82.8	81.5	81.8	83.5	84.8
% Mg ²⁺	15.5	12.5	12.6	14.1	12.3
Ağırlıkça % CaO	4.3	6.3	6.8	4.5	7.1



Mg^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} üçgenli diyagramında bu grenaları temsil eden noktalar, neşriyat donelerine göre, Eskola'nın «epidot-amfibolit fasiesi» ve «amfibolit fasiesi» ne tefrik olunan sahada iyice sıkışmıştırlar (Şek. 3).

Grenaların kompozisyonunu veya fiziksel özelliklerini karakterize eden noktaların diyagram üzerindeki gruplaşmaları (Şek. 2 ve 3), neticelerin homojenliğini gösterir ve grenaları teşkil eden iyon yüzdelerinin iç ve dış zonlar arasında değişmesine imkân bırakmazlar; bunun aksi, örtü grenalarında çok az miktarda görülmektedir, fakat çok küçük bir bölgeye has olduğundan, ehemmiyet arzetmez.

Metamorfizma şartlarının, grenaların kimyasal kompozisyonları üzerinde bir tesiri olduğu doğru olsa bile,⁵ Menderes masifi gnayslarının septaları içindeki grenalarla, örtü grenalarının yüksek yüzdelerinin, çok dar sınırlılar arasında değişmeleri dikkate değer. Bu sebepten, mikaşitlerden gnayslara geçiş, grenaların kompozisyonunu etkilemeye yetecek derecede bir metamorfizma sıçrayışına tekabül eder gibi görünmemektedir; o halde, gnays çekirdeği çevresi ile örtünün tabanının, birbirine çok yakın zoneografik pozisyonda bulduklarını düşünebiliriz.

⁶ Moine şistlerinde (Inverness bölgesi), R. Lambert (1959) in müşahede ettiği, şiddeti gittikçe artan metamorfizmadaki MgO nun artışı ve CaO nun azalışında olduğu gibi.

Neşre verildiği tarih 18 Haziran, 1965

B İ B L İ Y O G R A F Y A

- EARTH, T. (1936) : Structural and petrological Studies in Dutchess County, New-York. 2 eme Partie, *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 47, pp. 775-850.
- CHINNER, G.A. (1962) : Almandine in thermal aureoles. *Journal of Petrology*, vol. 3, no. 1, pp. 316-340.
- HARKER, A. (1950) : Metamorphism. 3d Edition - Methuen Ed., London.
- LAMBERT, R.St.J. (1959) : The mineralogy and metamorphism of the Moine schists of the Morart and Knoydart districts of Invernessshire. *Trans. Roy. Soc. Edin.*, vol 63, p. 566.
- MİYASHİRO, A. (1953) : Calcium-poor garnet in relation to metamorphism. *Geoch. et Cosmoch. Acta.* vol. 4, no. 4, pp. 179-208.
- ROQUES, M. (1941) : Les schistes cristallins de la partie SW du Massif Central français. *Mem. Carte Gfol. France.*

Şek. 4 - Grenalı kayaçların mikrofilimleri.

1 - Biotit, beyaz mika, klorit, kuars, plâjioklaz ve apatitli, ince taneli mikaşit (gnays içindeki septadan alınmış numune). Büyümekte olan grenalar, araları, kuarsla dolmuş sünger sekimde görünmektedirler; 2 - Beyaz mika, biotit, kuars ve mat mineralli mikaşit (gnaysların üzerindeki örtü tabakası içinden, gnays üst sınırından 220 m üstte toplanmış numune). Kuarslı ve mat anklav çizgilerinin foliasyonu göre eğik durumları, kristalin, kendi büyüme çevresinde dönmüş olduğunu gösterir. 3 - Kuars ve mat mineral ihtiva eden serisitli ve kloritli mikaşit; (Chl) grenaya bakan tarafı deforme olmuş büyük bir klorit kristali (gnaysların üzerindeki örtü tabakası içinden, gnays üst sınırından 220 m üstte toplanmış numune). Kristal büyümeleri (tamamlanmış olmamalarına rağmen) sebebiyle büyük anklavlardan yalnız kenardakiler kalabilmişlerdir.

SOLLAS, (1891) : On a fragment of garnet hornfels. *Sci. Proc. Roy. Dubl.* (2), vol. 7, p. 49.

SCHÜLING, R.D. (1958) : On petrology, age and structure of the Menderes migmatite complex. *M.T.A. Bull.*, 58, p. 71.

TILLEY, C.E. (1926) : On garnet in pelitic contact zones. *Miner. Mag.*, 21, p. 47.

TURNER, FJ. & VERHOOGEN, J. (1960) : Igneous and metamorphic petrology. McGraw - Hill Ed.

WINCHELL, H. (1958) : The Composition and physical properties of garnet. *Am. Min.*, vol. 43. p. 595.