

Kuzeybatı Anadolu'daki Ofiyolitlerin Jeolojisi ve Mavişist Metamorfizması (Tavşanlı - Kütahya)

The geology and blueschist metamorphism of the ophiolites in Northwest Turkey (Tavşanlı - Kütahya)

ARAL OKAY Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara

ÖZ: Çalışma alanı olan Tavşanlı'nın, kuzeydoğusuna giren bölge "İzmir-Ankara zonu" içindeki peridotit, ofiyolitli melanj, mavişist ve mermer kayalarını içerir. Bölgenin güneyinde büyük bir peridotit birimi tektonik olarak bir ofiyolitli melanj üstündedir. Bu ofiyolitli melanj çeşitli volkanik ve sedimanter kayalardan (spilit, aglomera, çört, şeyil, pelajik kireçtaşı vb.), ve serpantinit mercleklerinden yapılmıştır. Ofiyolitli melanja özgü kayalar, sahada hiç bir metamorfizma geçirmemiş gibi görünüyorsa da, petrografik olarak incelendiklerinde bir başlangıç yüksek basınç/düşük ısı metamorfizması (incipient metamorphism) geçirdikleri anlaşılmaktadır. Ofiyolit kayalarının daha kuvvetli metamorfizması sonucu gerçek mavişistler oluşur. Mavişist metamorfizması iki devrede gelişmiştir. Etkisi ofiyolitli melanjın çevresinde görülen ilk devrede, metabazik kayalarda lavsonit zonunun tipik mineral parajenezi olan lavsonit + sodik piroksen + klorit meydana gelmiştir. Sodik amfibol ikinci devrede, sodik amfibol içeren glokofan-lavsonit zonu mavişistleri çalışılan arazide en yaygın birimdir. Bunlar sahanın en kuzeyinde mermerler üzerinde uyumlu olarak yer alır ve mermerlerle birlikte metamorfizmaya ve deformasyona uğramışlardır.

ABSTRACT: Peridotite, ophiolite, blueschist and marble are the major rock types northeast of Tavşanlı. In the area studied a large peridotite massif tectonically overlies an ophiolite melange. This ophiolite melange consists of volcanic and sedimentary rocks (spilite, pyroclastic, chert, shale, pelagic limestone etc.), and lenses of serpentinite. Although rocks of the ophiolite melange appear unmetamorphosed in the field, a detailed petrographic study has revealed that all have undergone an incipient high pressure/low temperature metamorphism. Blueschists sensu stricto are produced by the progressive metamorphism of this ophiolite sequence. Two stages of blueschist metamorphism have been recognised in the field and by petrography. In the first stage the typical paragenesis of lawsonite-sodic pyroxene-chlorite is produced in the metabasites. Sodic amphibole develops in the second stage through a reaction between sodic pyroxene and chlorite. The subsequently produced glaucophane lawsonite blueschists are the most extensive lithology in the studied area. They lie conformably on a thick marble sequence, which has undergone the same high pressure/low temperature metamorphism and deformation as the surrounding blueschists.

GİRİŞ

Çalışmanın amacı Kuzeybatı Anadolu'nun önemli tektonik birimlerinden olan "İzmir-Ankara ofiyolit zonu" (Brinkmann, 1966) içerisindeki çeşitli kayaların petrolojilerini ve aralarındaki ilişkileri ortaya çıkarmak olmuştur. Bu nedenle "İzmir-Ankara ofiyolit zonu" nun Tavşanlı Kuzeydoğusuna düşen bir kesiti 1:25.000 ölçeğe haritalanmış (123 M, b3, el, d2 paftaları) ve bu bölgedeki kayaların petrolojileri, bini aşkın ince kesit ile ayrıntılı olarak incelenmiştir. Çalışılan yöreyi de kapsayan geniş bir bölge daha önceden Kalafatçıoğlu (1964) tarafından 1:100.000 ölçeğe çalışılmış ve sonuçlar 1:500.000 ölçekli İzmir jeoloji haritasında kullanılmıştır. Daha sonra bölgede başka bir çalışma olmamıştır.

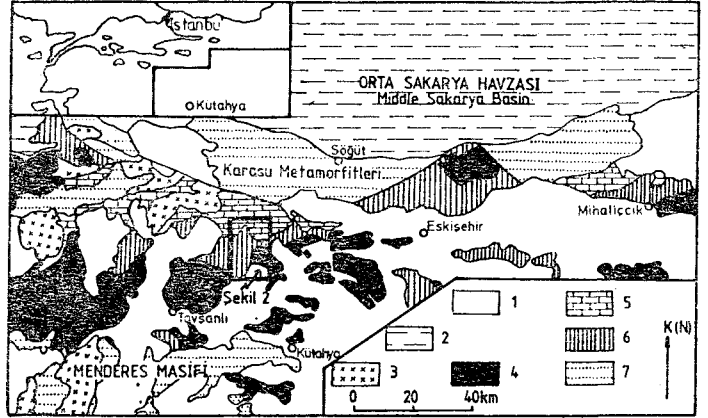
Çalışılan bölge ile ilgili ayrıntılı mineraloji ve petroloji bulguları daha önce yayınlanmıştı (Okay, 1978, 1980, a, b, c, 1981). Bu yazı sahanın genel jeolojisini açıklamak, mineralojik ve petrolojik gözlemleri kısaca özetlemek amacıyla hazırlanmıştır.

ÇALIŞMA ALANININ JEOLÖJİK KONUMU

Ofiyolitli melanjlardan ve geniş alanlara yayılmış ultramafik kayalardan oluşan ve İzmir'den Ankara yönüne uzanan bir kuşak Brinkmann (1966) tarafından "İzmir - Ankara zonu" diye adlandırılmıştı. Bu kuşak Bursa-Mihalıççık arasında doğu-batı yönünde uzanır ve Menderes Masifinin kuzey hududunu belirler. Bu bölgedeki kayabirimleri doğu-batı gidişli düzgün tektonik kuşaklar oluştururlar (şekil 1).

Menderes Masifi'ni Dağardı-Kütahya arasında belirleyen düşük dereceli metamorfizmler, dar bir tektonik zon oluşturan ofiyolit-mavişist kayaları ile, kuzeydeki peridotit kuşağından ayrılır (Kaya, 1972). Peridotitler 20 km eninde genellikle harzburgitlerin yaygın olduğu bir kuşak oluşturur (Özkoçak, 1969; Lisenbee, 1971; Okay, 1980d) ve kuzeye doğru değişik kalınlıkta bir ofiyolitli melanj-mavişist birimi üzerine itilmiştir. Ofiyolitli melanj-mavişist kuşağı Bursa'nın güneyinden Mihalıççık'a kadar uzanır (Holzer ve Colin, 1957; Kaaden, 1966; Çoğulu, 1967; Lünel, 1968; Kulaksız, 1977; Okay, 1980a, b). Bu kuşak içerisinde mavişist metamorfizmasının derecesi kuzeye doğru artar; peridotitlerin dokanaklarında hiç metamorfizmaya uğramamış gibi görünen volkanotortullar yer almakta, bunlar kuzeye doğru tümüyle metamorfikleşmiş glokofan-lavsonit şistlere dönüşmektedir (Çoğulu, 1967; Okay, 1980a). Glokofan-lavsonit şistlerin altında ise mavişistlerle birlikte metamorfizmaya ve deformasyona uğramış 8-10 km genişlikte katmanlanmasız bir mermer kuşağı yer alır. Önemli bir fay, bu mermerleri yeşilşist-amfibolit fasiyesindeki metamorfizmlerden oluşmuş (Gürpınar, 1976; Yılmaz, 1979; Ayaroglu, 1979) 200 km uzunluğunda ve 20 km eninde ikinci bir metamorfik kuşaktan ayırmaktadır. Karasu metamorfizmleri diye adlandırılan bu kuşak genellikle yeşilşist ve amfibolit fasiyesindeki metamorfizmlerden oluşmakla birlikte sodik amfibollu arajenezler de içerir. Bu metamorfik kuşak milonitlerle belirlenmiş tektonik bir dokanak ile Orta Sakarya hav-

zasından ayrılır (Yılmaz, 1977). Orta Sakarya havzasında Permiyenden Eosene kadar uzanan tortul ve volkanik kökenli kayalar yer alır (Altınlı, 1975; Saner, 1980). Doğu-batı yönünde uzanan bu tektonik kuşakların süreklilikleri Alt Tersiyer yaşlı granodiyoritler (Ataman, 1974) ve Neojen çökelleriyle gizlenmiştir.



Şekil 1: Kuzeybatı Anadolu'nun genelleştirilmiş jeotektonik haritası (M.T.A. Enstitüsü 1:500.000 Jeoloji haritalarından ve saha gözlemlerinden derlenmiştir). (1) Neojen örtüsü, (2) Permiyen ile Eosen arası sökelleri, (3) Alt Tersiyer yaşlı granodiyoritler, (4) ultramafik kayalar, (5) mermer, (6) ofiyolitli melanj ve mavişist kayaları, (7) yeşilşist ve amfibolit fasiyeslerindeki metamorfizmler.

Figure 1: Generalised geotectonic map of Northwest Turkey, compiled from the geological maps of Northwest Turkey (M.T.A. Enstitüsü, 1963, 1964) and the author's own observations. (1) Neogene cover, (2) Permian to Eocene sediments, (3) Early Tertiary granodiorites, (4) ultramafic rocks, (5) marble, (6) ophiolitic melange and blueschists, (7) greenschist to amphibolite facies metamorphic rocks.

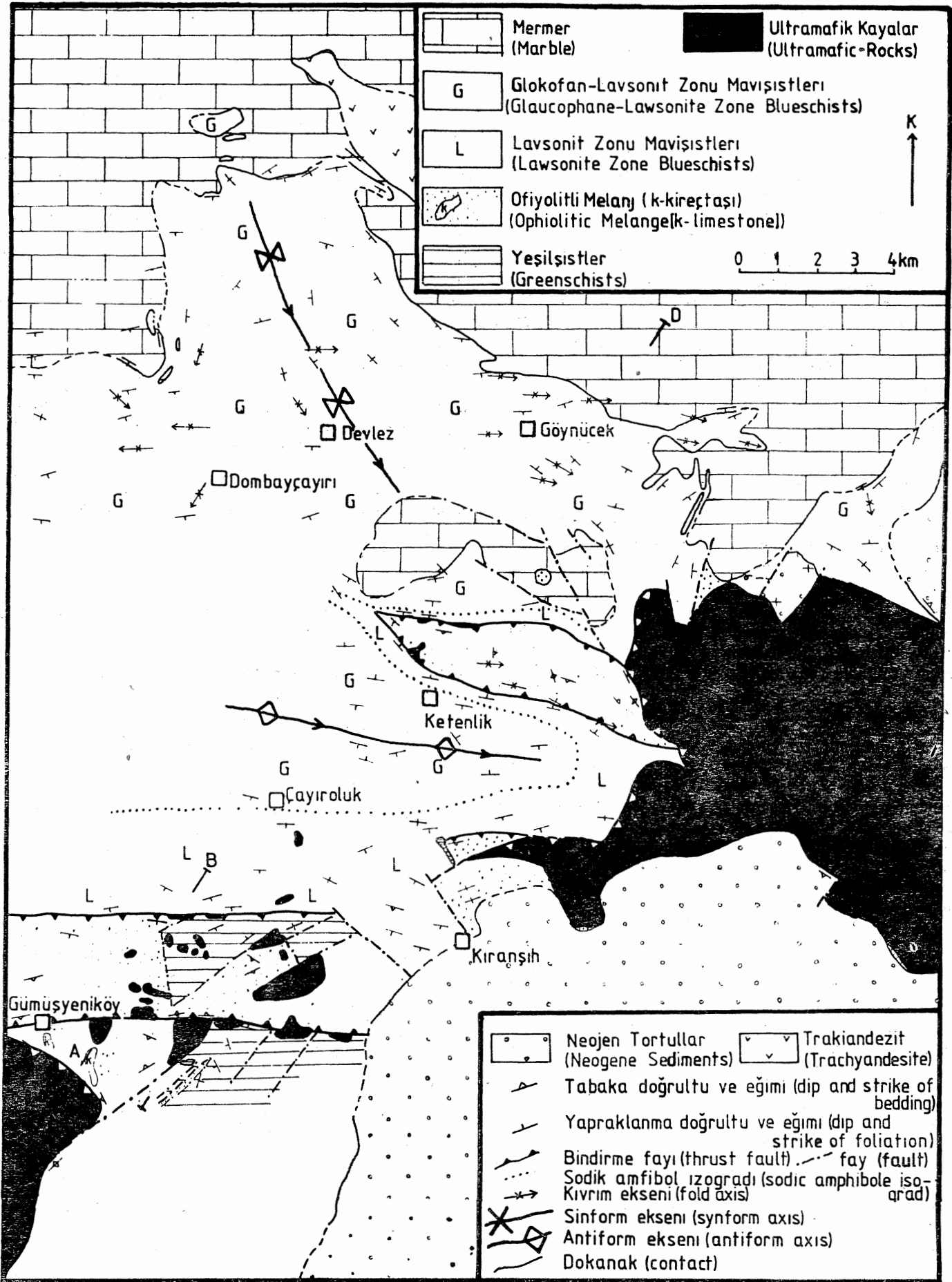
Çalışılan alan, "İzmir-Ankara zonu" nun üç ana kaya topluluğunun (peridotit; ofiyolitli melanj-mavişist; mermer) birlikte bulunduğu, Tavşanlı'nın kuzeydoğusunda yer alır (şekil 1). Burada büyük bir ultramafik masif tektonik olarak ofiyolitli melanj ve ofiyolit kayalarının metamorfizması sonucu oluşmuş bulunan mavişistler üzerinde yer alır. Glokofan-lavsonit şistleri ise geniş bir mermer kuşağı üzerinde uyumlu olarak görülür (şekil 2, 3). Bu birimlerin yapılan metamorfizmaları ve içerdikleri kaya türleri aşağıda açıklanmıştır.

PERİDOTİT BİRİMİ

Çalışılan alan dışında geniş bir bölgeyi kaplayan ve Yaylacık ultramafiki diye adlandırılan peridotit kütesinin küçük bir bölümü, haritalanan alan içerisine girmektedir (şekil 1). Ayrıca bölgenin doğusunda, KB - GD yönünde uzanan ve üç yanından Neojen çökelleriyle çevrili Yeşildağ ultramafiki yer alır. Bu iki ultramafik yapı ve petroloji batanından birbirlerine çok benzerler; olasılıkla Neojen altında birbirleriyle bağlantılıdır.

Ultramafik kayaların sahada yeşil ve çok parçalanmış bir görünümü vardır; herhangi bir magmatik tabakalaşma görülmez. Olivin, ortopiroksen ve spinelden oluşan ve bazan az oranda klinopiroksen de içeren harzburgitler en yaygın ultramafik kaya türünü oluşturur. Serpantinleşme masifin kenarlarına doğru ve fay zonlarında yüksek, diğer kesimlerde ise düşüktür (%20-30). Peridotitler yüzeye yakın ya da Neojen ile örtülü oldukları yerlerde silisleşmeye ve karbonatlaşmaya uğramış, ve opalimsi silika-karbonat kayaları oluşmuştur.

Ultramafik kayaların içlerinde boyları genellikle 20 metreyi geçmeyen gabro daykları vardır. Bu dayklar ultramafik



Şekil 2: Tavşanlı kuzeydoğu bölgesinin jeoloji haritası.
Figure 2: The geological map of Northeast Tavşanlı region.



Şekil 3: Tavşanlı kuzeydoğu bölgesinin jeoloji kesiti.

Figure 3: Geological cross-section of the Northeast Tavşanlı region

masifin kenarlarında kesilirler ve masifi çevreleyen ofiyolit melanjine girmezler. Bir çok yerde gabro dayklarının 10-20 cm kalınlıkta soğuma kenarları içerdikleri gözlenmiştir (Okay, 1980d). Bu gözlem, gabroların bir dayk demeti biçiminde soğumuş, peridotitlerin içerilerine yerleştiği fakat sonradan oluşan bir tektonizma sonucu parçalandığı biçiminde açıklanabilir. Daykların seyrek (her 100 metreden 1-3 dayk), süresiz ve iri taneli oluşu bunların bir levha dayk karmaşığı (kompleksi) olmadıklarını gösterir. Lisenbee (1971) tarafından Orhaneli ultramafik masifi içerisinde gözlenen "diyabaz" daykları bölgedekilerle eşkonumludur ve olasılıkla aynı magmatizma olayının ürünüdürler.

Gabro dayk petrografik olarak ojitin değişmesinden oluşan yeşil hornblend, plajiyoklasın değişmesi sonucu meydana gelen albit ve çok ince taneli pumpelyitten oluşur. Yan mineral olarak sifen, apatit ve artık (relict) ojit bulunur.

Yeşildağ ultramafik masifi gözlenebilen dokanaklarında ufak bir açıyla çevresindeki split-çört dizisi üzerinde tektonik ilişkilidir. Dokanağın hemen altındaki tüfler yeniden kristallenmiş ve belirgin bir yapraklanma kazanmıştır. Yaylacık ultramafik masifi ise, çevresindeki kayalarla arada ince amfibolit dilimleri olmak üzere, dik eğimli tektonik ilişkilidir.

OFİYOLİTLİ MELANJ VE MAVİŞİSTLER

Bölgede split, tüf, çört, şeyi gibi kayalardan oluşan bir öjeosinklinal istifin metamorfizması sonucu mavişistler oluşmuştur. Bunlar (a) başlangıç mavişist metamorfizması (incipient metamorphism) geçirmiş ve metazomatizmaya uğramış melanj özellikli ofiyolitler; (b) lavsonit mineralinin bol olduğu, sodik amfibolün ise az ya da hiç bulunmadığı lavsonit zonu mavişistleri; (c) sodik amfibol-lavsonit parajenezini tarafından tanımlanan glokofan-lavsonit zonu mavişistleri olmak üzere üç bölüme ayrılabilir.

Ofiyolitli Melanj

Melanj özellikli ofiyolit dizisi önem sırasına göre bazik lav, volkanik aglomera, tüf, radyolaryalı çört, kırmızı ve yeşil şeyl, serpantinit, grovak, pelajik kireçtaşı, tabakalı mangan ve yabancı (eksotik) kireçtaşı bloklarından yapılmıştır. Ayrıca bu birim içinde tektonik kamalar biçiminde yeşilşistler yer alır. Ofiyolit dizisinin önemli bir özelliği çeşitli volkanik kayaların ve pelajik çökellerin birbirleriyle sık araldanmış olmalarıdır; bu durumu gösteren ölçülmüş tipik bir kesit şekil 4'de gösterilmiştir. Kayatürü ve yapı bakımından ofiyolitli melanj, Tavşanlı'nın güneyinde yer alan Ovacık Gurubu'na

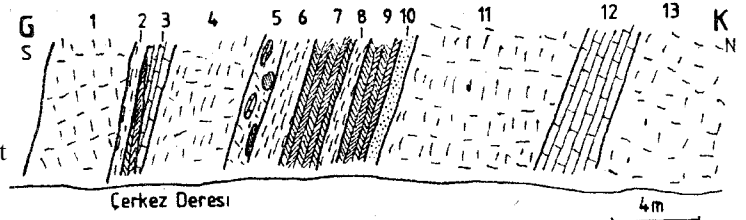
(Kaya, 1972), Sındırgı-Akhisar bölgesindeki "filiş-ofiyolit" dizisine (Uz, 1978) ve Orhaneli ultramafik masifi çevresinde bulunan ofiyolitlere (Lisenbee, 1971) büyük benzerlik gösterir.

Ofiyolit melanjını yapan kayalar bu yazıda üç ana bölüme ele alınmıştır. Bunlar sırasıyla: (a) volkanik kayalar;

(b) pelajik çökeller; (c) serpantinit ve talk.

Volkanitler. Bazik volkanik kayalar ofiyolitli melanjın en yaygın ögesidir. Dolerit, bazalt, piroklastik tipi kayalar, radyolaryalı çörtler ve kırmızı-yeşil şeyllerle arakatlı olarak bulunurlar (şekil 4). Bazalt ve dolerit 0.5 m ile 10 m kalınlıkları arasında değişen masif yeşil kayalar yaparlar. Yastık lavlar çok enderdir; yalnız Gümüşyeniköy güneyinde kırmızı kireçtaşları ile arakatlı olarak bulunurlar. Çeşitli tipte ve büyüklükte volkanik parçacıklardan oluşan piroklastikler çok yaygındır. Bütün volkanik kayalar tümüyle spilitleşmiş olup ana mineraller olarak albit, ojit ve klorit bulunur. Bu volkanik kayalarda bir başlangıç metamorfizmasına özgü çeşitli veriler aşağıda açıklanmıştır.

Pelajik Çökeller. Radyolaryalı çörtler kırmızı (ender olarak yeşil) ve iyi katmanlıdır; 1 ile 6 cm kalınlıkta tabaka aralarında ince siyah manganlı şeyller yer alır. İnce kesitte 0.1 - 0.2 mm çapında radyolaryalar çok ince taneli kırmızı bir kuvars-hematit hamuru üzerinde görünür. Çörtler, kuvars ve ender olarak albit, kalsedon, aragonit, pumpellit damarlarıyla kesilmiştir. Grovak katmanlamasız, siyah ya da koyu gridir; genellikle spilitlerle arakatlı olarak bulunur. Petrografik olarak köşeli kuvars, albit, karbonat, klorit ve epidot taneleri kapsar. Kırmızı ve yeşil şeyller çok yaygındır. Az be-



Şekil 4: Başlangıç metamorfizması gösteren ofiyolitli melanja özge volkanotortullarda tipik bir yerel kesit (Ketenlik köyünün 2 km kuzeyindeki Çerkez deresinde ölçülmüştür). (1) Yapısız, yeşil spilit; (2) yeşil şeyl; (3) pembe, ince tabakalı kireçtaşı; (4) ezilmiş (sheared) yeşil şeyl ve acık yeşil spilit (K731/3), feldisparca çengin trakitik bazalt, az miktarda bulunan ojitler sodik piroksen tarafından ornatılmış; (5) kireçtaşı ve çört parçacıklarının volkanik, yeşil bir hamurda yer aldığı konglomera; (6) mavi-gri şeyl; (7) tabakalı, kırmızı radyolaryalı çört; (8) mavi-yeşil ve kırmızı şeyl; (9) tabakalı, kırmızı radyolaryalı çört; (10) iri taneli grovak (K731/1): iri (>1mm), köşeli kuvars, plajiyoklas, kalsit, şeyl ve az oranda epidot, garnet ve klorit parçacıklarından yapılmış olup klastik kuvars parçacıkları ince taneli agregatlar biçiminde yeniden kristallenmiş; (11) yeşil spilit; (12) ince tabakalı kireçtaşı; (13) yapısız yeşil spilit (K/730): ojitler, yeşil renkli sodik piroksen damarlarıyla kesilmiş, ayrıca bol miktarda aragonit ve kuvars damarları var.

Figure 4: A typical local cross-section of the incipiently metamorphosed volcanosediments of the ophiolitic melange (Çerkez stream, 2 km north of the village Ketenlik) (1) Massive green spilit; (2) green shale; (3) pink, thinly bedded limestone; (4) sheared green shale and pale green spilit K731/3; feldspar-rich trachytic basalt with rare sodic pyroxene pseudomorphs after augite; (5) Konglomerate with rounded marble lenses and chert fragments in a green spilitic matrix; (6) bluish-grey shale; (7) bedded red radiolarian chert; (8) blue-green and red shale; (9) bedded red radiolarian chert; (10) coarse grained greywacke (K731/1): large (> 1mm), angular grains of quartz, plagioclase, calcite, shale with rarer grains of epidote, garnet and chlorite. All the clastic quartz grains have recrystallised to fine-grained aggregates; (11) green spilit; (12) thinly bedded limestone; (13) massive green spilit (K730): large augites are net-veined by green sodic pyroxene, there are also extensive aragonite-quartz veins.

lirgin bir yapraklanma gösterirler; bazik volkanitler ve dörtlerle ardalıdır. Kireçtaşları ince-orta tabakalı (5-30 cm), kırmızı - pembe renktedir. Gümüşyeniköy güneyinde yastık lavlar ile arakatlı olarak bulunur. Genellikle yeniden kristallenmeye uğramış olmalarına karşın yer yer radyolaryalar tanınabilmektedir. Manganezler sert, siyah 1-2 cm kalınlıkta katmanlar şeklinde çörtlerle aratabakalıdır. Eskiden ekonomik olarak kısmen işletilmişlerdir. Uzunca, yuvarlaklaşmış, boyları 40 metreye kadar ulaşabilen yabancı beyaz kireçtaşı blokları volkanitlerin içerisinde bulunur; aralarındaki dokanak ilkseldir.

Serpantinit ve Talk. Ofiyolitli melanj içerisinde çeşitli boyutlarda serpantinitler yaygındır. Serpantinitlerin çevrelerini saran çört, şeyl, spilit gibi kayalarla izlenen dokanakları tektoniktir. Serpantinitler dokanağa yakın yerlerde çok belirgin bir yapraklanma kazanmışlar, yer yer karbonatlaşmış ve silisleşmişlerdir.

Serpantinitlerde peridotit dokusu silinmiş ve ana serpantin minerali olarak antigorit gelişmiştir (Okay, 1980d). Yer yer andradit tipi gametler damarlar biçiminde serpantinitlerin içinde görülür. Ofiyolitli melanjın içindeki serpantinitlerde Yaylacık peridotinde görülen tipte gabro dayklar yer alır. Bunlar serpantinitin saran kayalar içine girmezler ve serpantinitin çeperlerinde kesilirler. Dayklarda ana mineraller olarak pumpellit ve ojit bulunur.

Serpantinitin değişmesinden oluşan talk, ezilme ve fay zonları boyunca, ekonomik olarak işletilmekte olan, yaygın küçük mercekler yapar. Mikroskopik olarak ufalanmış çok ince talk tanelerinden başka, çok az miktarda spinel, garnet, sifen ve serpantin mineralleri de bulunur.

Ofiyolitli Melanj Kayalarında Metamorfizma ve Metazomatizma. Ofiyolitli melanjı oluşturan kayalar sahada ilksel özelliklerini korurlar ve herhangi bir metamorfizma etkisi göstermezler. Ancak ayrıntılı petrografik incelemeler bu kayaların tümünün bir başlangıç yüksek basınç/düşük ısı metamorfizması ve bu metamorfizma ile ilgili bir metazomatizma geçirdiğini ortaya koymuştur (Okay, 1981). Bu başlangıç metamorfizmasının ve metazomatizmanın etkileri en iyi şekilde spilitlerde görülür. Bu kayalarda ilksel volkanik doku tam olarak korunmuş olmakla birlikte, metazomatizma ve metamorfizma etkisiyle çeşitli yeni mineraller oluşmuştur.

Gümüşyeniköy çevresinden incelenen 55 örnekten 44'ünde ojitler yeşil renkli sodik piroksenler tarafından kısmen ya da bütünüyle ornatılmıştır (levha 1, şekil 1). Bu ornatılma ojit iyonlarının sodik piroksen iyonlarıyla değişmesi sonucu oluşmuş ve ojitin dış hatları ile magmatik doku bütünüyle korunmuştur (Carpenter ve Okay, 1978). Bu ornatılmanın sonucu olarak sodik piroksen, albit ve klorit içeren, sodyumca çok zengin (%6-8 Na₂O) metazomatik kayalar oluşmuştur (Okay, 1981).

Yüksek basınç/düşük ısı metamorfizmasının en belirgin etkileri spilitlerdeki amigdoyillerde ve çok yaygın olan mineral damarlarında görülür. Kalsit, aragonit, kuvars, pumpellit, albit, lavsonit ve sodik piroksen mineralleri spilitlerdeki damarlarda ve amigdoyillerde bulunur (levha 1, şekil 1-3). Bu mineraller içinde öncelikle lavsonit ve aragonit yüksek basınç/düşük ısı metamorfizmasının özgün mineralleridir. Yapılan çeşitli laboratuvar deneyleri aragonitin duraylı olabil-

mesi için 200°C bir sıcaklıkta 5kb veya daha yüksek bir basıncın gerektiğini göstermiştir (Jamieson, 1953; Crawford ve Fyfe, 1964; Johannes ve Puhan, 1971).

Lavsonit bazı spilitlerde albitler içinde (levha 1, şekil 2), damarlarda ve amigdoyillerde küçük tabletler biçiminde görülür. Aragonit ise amigdoyillerde ve damarlarda büyük kristaller oluşturur (levha 1, şekil 4) ve yer yer kalsite dönüşüm gösterir. Ofiyolitli melanj içindeki kayaların yüksek basınç koşullarından etkilendiğini gösteren diğer bir ilginç veri ise kırmızı pelajik kireçtaşlarının iri kristallerden (1-2 cm) oluşan aragonit kireçtaşlarına dönüşmüş olmalarıdır.

Ofiyolitli melanj içindeki kayalarda lavsonit, sodik piroksen ve aragonit gibi minerallerin bulunuşu, dış görünüşüyle hiç bir metamorfizmaya uğramamış gibi görünen bu kayaların gerçekte yaklaşık 6kb basınç ve 250-300 °C ısı koşullarında metamorfizma etkisinde kaldığını gösterir (Okay, 1980d).

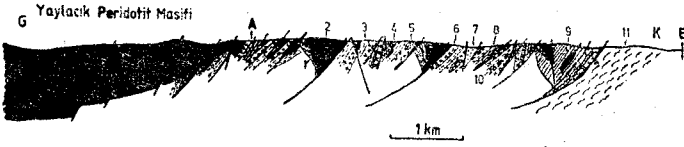
Ofiyolitli Melanjın Yapısı. Çalışılan bölge içinde ofiyolitli melanj iki ayrı yerde görülür. Ofiyolitli melanj kayaları Kentenlik köyü kuzeyinde 1.5 km eninde ve 5 km uzunluğunda tektonik bir kama içinde yer alır; çevrelerini lavsonit zonu mavişistleri ve peridotitler sarar (şekil 2). Daha güneyde Gümüşyeniköy yöresinde ofiyolit melanjı Yaylacık peridotit masifi ve lavsonit zonu mavişistleri arasında geniş bir alana yayılır. Bu iki bölgede de ofiyolit kayaları melanj özellikli karmaşık bir yapı gösterir. Bu karmaşık yapı iki yönde ele alınabilir: a) sedimanter ya da ilksel, b) tektonik.

Yabancı kireçtaşı mercekleri sedimanter karmaşığın en belirgin özelliğidir. Bunlar olasılıkla denizaltı volkanlarının tepelerinde çökelmiş ve sonradan olistolitler biçiminde kendilerini çevreleyen pelajik havzalara volkanizmanın etkisiyle kaymışlardır. Sedimanter karmaşığın diğer bir özelliği ise tabakalı kırmızı çörtlerde görülen sedimanter kökenli yıkılma kıvrımlarıdır (slumping folds).

Görülen karışıklığın ana nedeni ise tektoniktir. Ofiyolit kayalarının sürekliliği sık sık görülen ve çeşitli büyüklüklerde talk ve serpantinler tarafından belirlenen faylar ve ezilme zonları kesilmektedir. Bu fayların doğrultuları gelişigüzel olmayıp, Gümüşyeniköy yöresinde Yaylacık peridotit masifinin çeperlerine koşut olan D-B ve KD-GB yönlerindedir (şekil 2). Fayların ve ezilme zonlarının Yaylacık peridotit masifinin çeperlerine koşut durumda olması, ve ofiyolitli melanj içindeki serpantinitlerin Yaylacık peridotit masifinden kuzeye doğru gittikçe azalması (şekil 2), ofiyolitli melanjı etkileyen bu kuvvetli tektonizmanın, Yaylacık peridotinin ofiyolit dizisi üzerine bindirmesi sonucu geliştiğini belirtir. Bu bindirme sırasında Yaylacık peridotinin ön kısmından kopan ultramafik parçacıkların ana faylar boyunca pelajik volkanotortul istifi içine katılmış oldukları düşünülmektedir. Bu durumda ofiyolitli melanj ana peridotit masifleri önünde dilinme zonu (schuppen zone) oluşturmaktadır (şekil 5).

Yeşilşistler

Yeşilşistler Gümüşyeniköy yöresinde faylarla sınırlanmış kama şeklinde iki bölgede bulunur. (Şekil 2). Her iki bölgede de yeşilşistlerle birlikte bol miktarda serpantinit bulunur; çevrelerini ofiyolitli melanjı ait pelajik çökeller ve volkanik kayalar sarmıştır. Yeşilşistler kuvvetli bir yapraklanma gösterirler Ana kayatürü olan "aktinolit + epidot + klorit + albit + kuvars" görülür. Bazı metabaziklerde kalıntı lavsonit ve pumpellit de rastlanmıştır.



- Şekil 5: Gümüşyeniköy yöresindeki ofiyolitli melanjın iç yapısını açıklayan şematik kesit: 1/25.000 ölçekli jeoloji haritasından alınmıştır; (1) amfibolit; (2) ultramafik kaya; (3) şeyl; (4) radyolyaralı çört; (5) yabancı kireçtaşı merceği; (6) bazik volkanik kaya; (7) grovak; (8) pelajik kireetaşı; (9) yeşilşist; (10) manganez -çört kayası; (11) lavsonit zonu şistleri.

Figure 5: Schematic cross-section of the ophiolitic melange showing its internal structure in the Gümüşyeniköy area: taken from the 1/25,000 scale geological map; (1) amphibolite; (2) ultramafic rock; (3) shale; (4) radiolarian chert; (5) exotic limestone block; (6) basic volcanic rock; (7) greywacke; (8) pelagic limestone; (9) greenschist; (10) manganese-chert rock; (11) lawsonite zone blueschists.

Lavsonit Sonu Mavişistleri

Ofiyolitli melanj, önemli tektonik atılımlarla bolca lavsonit içeren kayaların üzerinde yer alır. Lavsonit zonu diye adlandırılan bu kayalar ofiyolitli melanjın çevresinde 50 m ile 2 km arasında değişen bir kuşak oluşturur (şekil 2). Bunlar kayatürü bakımından ofiyolitli melanj kayalarıyla aynı olup yalnız serpantinler miktar olarak daha azdır ve ofiyolitli melanjda rastlanmayan metagabrolar bulunur.

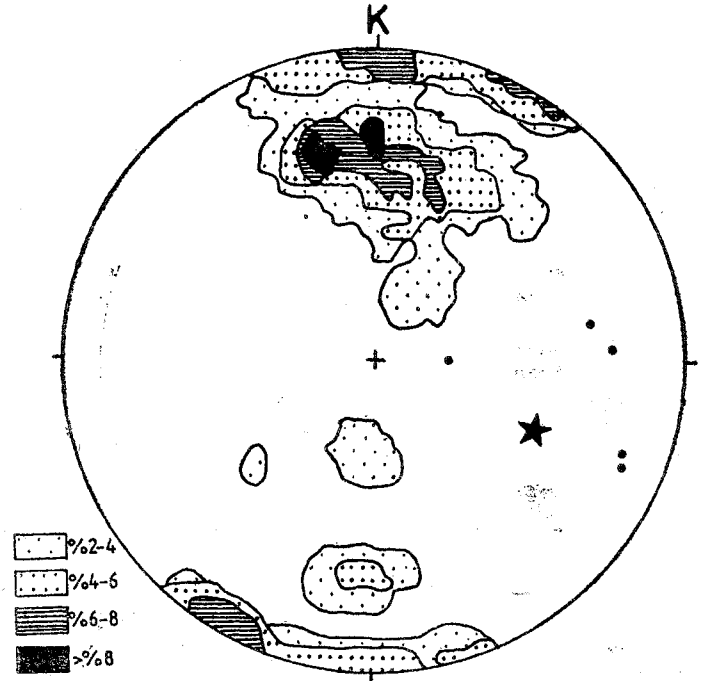
Spilitler ve çörtler ilksel özelliklerini korurlar; dış görünüş olarak bir metamorfizmanın etkisi görülmez. Bunlarla arakatlı şeyller ise mavileşmiş ve belirgin bir yapraklanma kazanmıştır. Lavsonit zonu ve Çayıroluk-Ketenlik köyleri arasındaki glokofan-lavsonit zonu mavişistlerinde yapraklanma genellikle D-B yönünde olup, dik açılarla güneye eğilimlidir (şekil 6). Bu bölgede büyük bir antiform yapısı vardır (şekil 3). Ölçülen küçük kıvrım eksenleri D-B yönündedir ve dik açılarla doğuya dalarlar (şekil 6). Kıvrımlar genellikle kapalı veya izoklinal tipindedir.

Spilitlerin dış görünüşlerinden metamorfizma ile ilgili herhangi bir ipucu yoksa da, mikroskop altında bütünüyle değişmiş oldukları görülür. Ojitler yeşil renkli sodik piroksenler tarafından ornatılmışlar, plajiyoklazların yerini ise lavsonit, klorit ve kuvars almıştır. Sodik amfibol yer yer ve az miktarda bulunur. İlksel magmatik dokü büyük ölçüde korunmuştur (levha 1, şekil 5). Metaspilitlerdeki anamorfik mineraller şunlardır:

lavsonit + klorit + sodik piroksen + kuvars + sodik amfibol

Lavsonit, klorit ve sodik piroksen metaspilitlerde yaklaşık aynı oranlarda bulunup toplam olarak kayanın %80'ini kapsar. Sifen ve kuvars modal olarak % 15'den daha azdır (çizelge 1). Sodik amfibol, sodik piroksenlerin çeperlerinde ya da idiomorf kristaller olarak görülür. Ayrıca fengit, pirit, magnetit, aragonit ve kalıntı ojitte de metaspilitlerde yer yer rastlanır.

Lavsonit zonu kayalarından glokofan-lavsonit zonu şistlerine geçiş derecelidir. Yapraklanmanın artmasıyla sodik amfiboller gelişir ve metaspilitler mavileşmeye başlarlar. Şekil 2'de gösterilen sodik amfibol izogradı, lavsonit zonu metabazik kayalarını glokofan-lavsonit zonu metabazik kayalarından ayırır. Lavsonit zonu metabazik kayaları masif ve yeşil renkli-



Şekil 6: Çayıroluk-Ketenlik belgesi lavsonit ve glokofan-lavsonit zonu mavişistlerine özgü küçük kıvrım eksenleri (küçük daireler), ve yapraklanma düzlemlerinin kontur diyagramı (68 ölçü, konturlar yüzde 2, 4, 6 ve 8 yoğunluklarında, Schmidt ağı). Yıldız ana kıvrım ekseninin kutbunu gösterir.

Figure 6: Minor fold axes (filled circles) and foliation planes (contours at 2, 4, 6 and 8 percent per one percent area) of the lawsonite and glaucophane-lawsonite zone blueschists in the Çayıroluk-Ketenlik area (68 readings, Schmidt net).

dir; sodik amfibol az ya da hiç bulunmaz. Buna karşın glokofan-lavsonit zonu nda metabazikler belirgin bir yapraklanma gösterir ve koyu mavi renktedir; sodik amfibol kayanın %30-dan fazlasını yapar. Sodik amfibol yapan mineral reaksiyonu ayrıntılı araştırılmış ve lavsonit zonu metabaziklerinde bolca bulunan sodik piroksen ve kloritin reaksiyonu sonucu sodik amfibolün meydana geldiği ortaya konmuştur (Okay, 1980b): sodik piroksen + klorit + klorit + kuvars = lavsonit + sodik amfibol

Metagabro masif ve iri tanelidir, yüzleklerin %5'den azını oluşturur. İri taneli (3-10 mm) aktinolit, değişmiş plajiyoklaz ve ilmenit ana minerallerdir. İçlerinde ince taneli klinozoisit, çubuklar biçiminde lavsonit ve serisit bulunan büyük albit kristalleri plajiyoklazın yerini almıştır. Aktinolitlerin çevrelerinde yer yer mavi sodik amfiboller büyümüştür. Ayrıca az miktarda klorit, sifen, pirit ve pumpelyit bulunur. Aktinolit içeren metagabrolar kuzeye doğru, albik ve klinozoisitin kaybolması ve aktinolit sodik amfibole dönüşmesiyle sodik amfibol ve lavsonitten oluşan glokofan-lavsonit zonu metagabrolarına dönüşür.

Glokofan-Lavsonit Zonu Mavişistleri ve Mermer

Glokofan-lavsonit zonu mavişistleri çalışılan alanda en geniş yeri kaplar (şekil 2). Bu zondaki kayalar ilksel özelliklerini bütünüyle kaybetmişler ve kuvvetli bir metamorfik doku kazanmışlardır. Ana kaya türleri mavi renkli, masif metabazik kayalar, beyaz bantlı metaçörtler ve kuvvetli yapraklanmalı bol mikali metaşeyllerdir. Metabazik kayalarda

örnek no. (specimen no.)	lavsonit zonu (lawsonite zone)			glokofan - lavsonit zonu (glaucophane - lawsonite zone)			
	metabazik kayalar (metabasic rocks)			metaçört (metachert)			
	K625	K761	K782	K33	K643	K460	K473
Sodik amfibol	—	—	0.9	45.4	36.6	9.8	4.5
Lavsonit	20.2	23.8	15.0	36.3	27.7	5.9	1.3
Sodik piroksen	33.3	42.0	45.2	0.8	22.4	—	—
Klorit	27.5	18.6	26.7	—	1.0	—	—
Kuvars	14.1	4.1	0.1	—	—	70.7	72.7
Sifen	4.4	11.2	10.1	6.0	9.2	—	—
Fengit	—	—	1.0	5.0	2.9	3.6	19.4
Granat	—	—	—	—	—	5.2	0.3
Karbonat	—	—	—	6.3	—	—	—
Hematit	—	—	—	—	—	4.8	1.8
Magnetit	0.5	—	—	0.2	—	—	—
Pirit	—	0.3	—	—	0.2	—	—
Artık ojit	—	—	1.0	—	—	—	—
Toplam (Total)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Çizelge 1: Lavsonit ve glokofan-lavsonit zonu mavişistlerinin modal mineral analizleri. Her modal analiz için binin üstünde nokta sayılmıştır.

Table 1: Measured modes of lawsonite and glaucophane-lawsonite zone blueschists. Over 1000 points have been counted for each modal analysis.

"sodik amfibol + lavsonit + fengit + sifen + sodik piroksen + klorit + kuvars" parajenezi yaygındır. Sodik amfibol ve lavsonit metabazik kayaların %80'den fazlasını oluşturur (levha 1, şekil 6). Fengit ve sifen çok yaygın olmakla birlikte modal olarak %10'un altındadır. Sodik piroksen %25'e kadar ulaşabilen değişik oranlarda bulunur. Klorit ve kuvars tali minerallerdir (çizelge 1). Bazı metabazik kayalarda kalsit, aragonit, almandin granat ve magnetit de saptanmıştır (levha 1, şekil 7).

Metaşeyl ve metaçörtlerde ise "kuvars + fengit + granat + sodik amfibol + hematit + lavsonit + epidot + klorit" parajenezi yaygındır. Çört kökenli ince tabakalı kuvarsitlerin tabaka yüzeylerinde iri sodik amfibol ve hematit kristalleri koşut dizilimli olduğundan, kayada belirli bir çizgisellik (lineation) gelişmiştir; fengitçe zengin metaşeyllerde ise kuvvetli bir yapraklanma vardır. Kuvars, metaçört ve metaşeyllerde kayanın %70-90'nını kapsar. Fengit ikinci önemli mineral olup modal olarak %5-10 arasında değişen oranlardadır. Spesartın granat, sodik amfibol, hematit, lavsonit ve epidot değişik fakat %5'i geçmeyen oranlarda bulunur (levha 1, şekil 8; çizelge 1). Sodik piroksene metaçörtlerde ender olarak rastlanır. Bu ana katatürlerinden başkaca az miktarda metagabro ve metamanganez kayaları da bulunur.

Glokofan-lavsonit şistler çalışılan bölgenin kuzey yarısında KKB-GGD gidişli ve eksenine güneye eğimli geniş bir sinform biçiminde mermerler üzerinde yer alır (şekil 2). Güneyde D-B doğrultusundaki yapraklanma ile karakterize edilen deformasyon, bu bölgede ikinci bir deformasyon fazından etkilenmiştir. Yapraklanma genellikle KB-GD doğrultusundadır. D₂ ufak kıvrımları, ana sinform eksenine koşut bir şekilde, 20-30° bir eğimle GGB yönüne dalarlar (şekil 2,7). D₁ fazına ait kıvrımların D₂ tarafından tekrar kıvrıldıkları gözlenmiştir (Okay, 1980 d).

Glokofan-lavsonit şistlerle mermerler arasında 5-10 metre kalınlıkta yapraklanmış bir kuvars-kalsit-mikaşist birimi bulunur. Görülen noktalarda mermer-mavişist dokanakları düşük eğimli, uyumlu ve geçişlidir. Arada herhangi bir ezilme ya da tektonizma gözlenmemiş, mavişistler mermerlerle birlikte kıvrılmıştır (şekil 2). Mermerlerin içinde yer alan küçük mavişist yüzlekleri (şekil 2), izoklinal kıvrımların uçları olduğu düşünülmektedir.

Mermerler beyaz ve katmanlanmasızdır; zayıf bir tektonik tabakalaşma ve kalsitlerin dizilmesinden oluşan belirgin bir çizgisellik gösterirler. Mermerlerde ölçülen tektonik tabakalaşma ve mineral çizgisellikleri şekil 8'de gösterilmiştir. Glokofan-lavsonit zonundaki metaçörtlerde glokofan taneciklerinin dizilişimiyle gelişmiş çizgisellik yönlerinin, mermerlerde ölçülenlerle uyumu olması (şekil 8), mermerlerin glokofan - lavsonit şistlerle birlikte deformasyona uğradığının diğer bir kanıtıdır. Ayrıca çalışılan bölgenin dışında kuzeyde mermerler içinde küçük mavişist mostralalarına rastlanmıştır. Bu veriler kalın mermer kuşağının bir yüksek basınç/alçak ısı metamorfizması geçirdiğini gösterir.

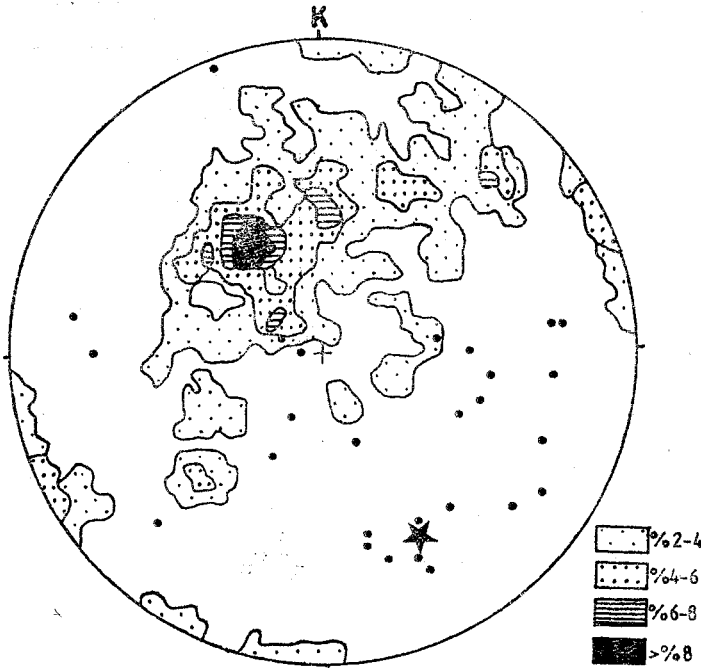
SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Saha ve laboratuvar çalışmalarının ortaya koyduğu önemli bir sonuç ofiyolitli melanjin bir başlangıç yüksek basınç/alçak ısı metamorfizması olduğu ve ofiyolit melanjindeki kayaların tedrici metamorfizması (progressive metamorphism) sonucu mavişistlerin oluştuğudur. Yaylacık ve Yeşildağ peridotitleri içindeki gabro daykların da mavişist metamorfizmasının izlerine rastlanmaması, peridotit masiflerinin metamorfizma sonrası bir dönemde ofiyolitli melanjin ve mavişistler üzerine tektonik olarak geldiğini gösterir.

Çalışılan alanda görülen ofiyolitli melanja benzer kaya toplulukları Kuzeybatı Anadolu'da ultramafik masiflerin çevrelerinde yer alır (Çoğulu, 1967; Özkoçak, 1969; Lisenbee, 1971; Kaya, 1972). Bu ofiyolitli melanjların hepsi de büyük bir olasılıkla Tavşanlı kuzeydoğusunda görüldüğü gibi bir başlangıç mavişist metamorfizması geçirmişlerdir. Gerçek mavişistlerin bu gibi ofiyolit kayalarıyla yakından ilişkili olmaları bu varsıymı güçlendirir. Ana kayatürü bakımından birbirlerine çok benzeyen mavişist ile ofiyolitli melanj kayaları arasındaki tek fark mavişistlerin ofiyolitli melanj kayalarına nazaran yüksek basınç/düşük ısı metamorfizmasından daha çok etkilenmiş olmalarıdır.

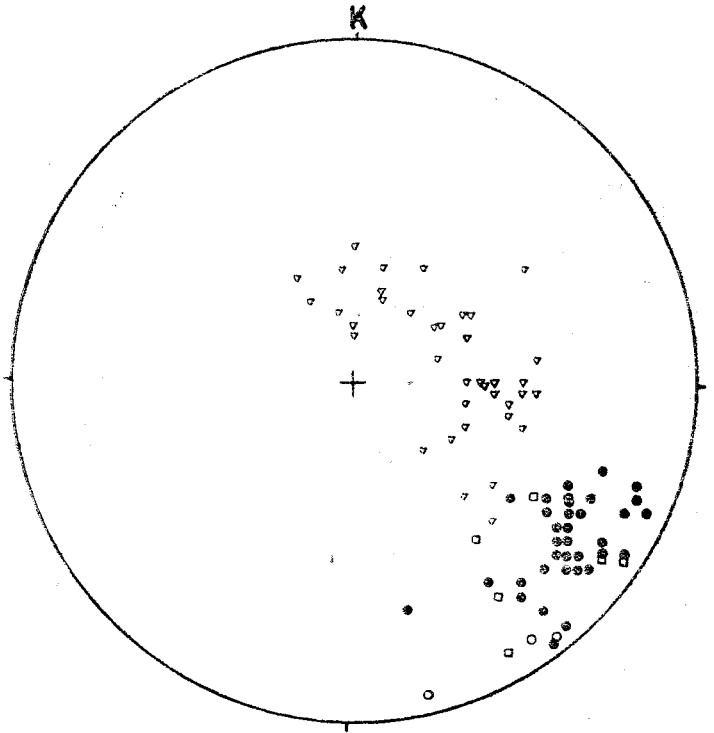
Günümüzde mavişistlerin yüksek basınç/düşük ısı metamorfizması sonucu oluştuğu genel olarak kabul olunmaktadır. Mavişistlere özgü birçok mineralin (yadeyit, lavsonit gibi) ancak yüksek basınç/düşük ısı koşullarında duraylı olduğu deneysel olarak saptanmıştır (örneğin; Göncüoğlu, 1980). Mavişist metamorfizması sırasında metasomatizmanın yerel olarak etkin olduğu bir gerçekse de, bölgesel ve sistemli olarak yapılan analizler, mavişistlerin kimyasal olarak bir değişikliğe uğramadıklarını göstermiştir (örneğin; Lünel, 1967). Mavişistlerin serpantinitle sürekli olarak beraber bulunmaları, bu iki kayatürünün aynı tektonik ortamda, başka bir deyişle yitim kuşaklarında oluştuklarından kaynaklanır.

Ofiyolitler, levha tektoniği kuramında okyanus kabuğunun ve üst mantonun bir parçası olarak düşünülmektedir. Penrose Konferansı'na (1974) tanımlanan ofiyolit kavramı, alttan üste doğru peridotit, gabro, levha daykları, diyabaz ve yastık



Şekil 7: Devlez bölgesi glokofan-lavsonit zonu mavişistlerinde küçük kıvrım eksenleri (küçük daireler) ve yapraklanma, düzlemleri kontur diyagramı (170 ölçü, konturlar yüzde 2, 4, 6 ve 8 yoğunluklarında çizilmiştir, Schmidt ağı). Yıldız ana kıvrım ekseninin kutbunu gösterir.

Figure 7: Minor fold axes (filled circles) and foliation planes (contours at 2, 4, 6 and 8 percent one percent area) of the glaucophane-lawsonite zone blueschists in the Devlez area (170 readings, Schmidt net). The star shows the pole of the major fold axis.



Şekil 8: Mermerlerde tabakalanma düzlemlerinin (üçgenler) ve çizgisellik yönlerinin (küçük daireler) kutupları, İçi boş kareler glokofan-lavsonit zonu metaçörtlerindeki çizgisellik, içi boş daireler ise Göynücek güneyindeki büyük mermer yüzleğindeki çizgisellik kutuplarını belirtir (Schmidt ağı)

Figure 8: Banding planes (empty triangles) and lineation directions (filled circles) in the marble; the empty squares denote lineation directions from the southern isolated marble, south of Göynücek (Schmidt net).

lavlardan oluşan, Kıbrıs'taki Troodos masifinin örnek diye gösterildiği düzgün bir istifi tanımlamaktadır. Kuzeybatı Anadolu'da ofiyolit diye adlandırılan kaya toplulukları bu tanıma uymazlar. Genellikle peridotitlerin ve volkanotortulların yoğun olduğu karışık bir dizi yaparlar. Levha daykları yoktur, bazik volkanitler tekdüze bir dizi oluşturmayıp, pelajik tortullarla arakatkılıdır, gabrolar ofiyolit kayalarının %5'den azını oluşturur. 1974'den beri yürütülen Derin Deniz Sondaj Projesinden (Deep Sea Drilling Project) çıkan sonuçlar, okyanus üst tabakalarının Kuzeybatı Anadolu'daki ofiyolitlere büyük benzerlik gösterdiğini ortaya koymuştur. Okyanuslarda yapılan sondajlarda bazik volkanitler pelajik çökellerle arakatkılı olarak bulunmuş, tek bir kesitte bile magma tipinin sık sık değiştiği saptanmış ve okyanus tabanında beklenmedik derecede kuvvetli bir tektonizmanın var olduğu gözlenmiştir (Cann ve Moore, 1978). Bu sonuçlar Tavşanlı bölgesinde ofiyolitli melanji meydana getiren kayaların bir okyanus tabanında oluştuğunu belirtir. Fakat ofiyolitli melanj içindeki volkanotortulların temeli belirsizdir. Brinkmann (1972) bu tip kayaların temelini ultramafik masifler olduğunu söylerse de, sahada görülen ultramafik masiflerle volkanotortullar arasında gözlenen bütün sınırlar tektoniktir.

Mavişist metamorfizması için gerekli olan yüksek basınç/düşük ısı koşulları levha tektoniği kuramında yitim kuşaklarında bulunmaktadır. Okyanus kabuğunun üst tabakalarını oluşturan volkanotortullar yitim kuşağında mavişist metamorfizmasına uğrarlar. Sahada görülen mavişist metamorfizmasının değişik tipleri, değişik derinliklere inen okyanus ta-

ban malzemesinin metamorfizması sonucu oluştuğu biçiminde yorumlanabilir.

İzmir-Ankara, zonu'ndaki, ofiyolit-mavişist; kayaları için üç tip yaş söz konusudur: a) çökeltme yaşı, b) mavişist metamorfizması yaşı, c) yerleşme yaşı. Çalışılan alanda bu yaşlarla ilgili herhangi bir veri bulunmamıştır. Anrak Orhaneli ultramafik; masifinin çevresindeki bir ofiyolit dizisi içinde Özkoçak (1969) Globotuncana bulmuş, ve aynı yörede Lisenbee (1971) tüfler içinde Üst Kretase-Paleosen yaşlı pollenler saptanmıştır. Çalışılan bölgedekine çok benzer bir ofiyolit-mavişist dizisinin yer aldığı Mihaliçcik çevresinde ise Çoğulu ve Krummenacher (1967) başlangıç metamorfizmasında uğramış doleritlerdeki ojitlerin yaşlarını K/A yöntemiyle 60 my (Üst Kretase-Paleosen) olarak saptamıştır. Tamamen metamorfizmaya uğramış mavişistlerdeki muskovitlerde yapılan K/A yaş belirlemeleri ise 65 ve 82 my yaşlarını vermiştir. Tavşanlı'nın güneyindeki ofiyolit-mavişist dizisinin Maestrihtiyen yaşlı kireçtaşlarıyla örtülmesi (Kaya, 1972), ofiyolit-mavişist yerleşmesi için bir üst yaş verir.

Bu veriler Kuzeybatı Anadolu'daki ofiyolitlerin çökeltme, mavişist metamorfizması ve yerleşme yaşlarının Üst Kretase-Paleosen dolayında olduğunu belirtir.

KATKI BELİRTME

Saha ve laboratuvar çalışmaları M.T.A. Enstitüsünün sağladığı mali olanaklarla gerçekleştirilmiştir. Bu yazıyı eleştirel bir gözle irdeleyen Dr. Okan Tekeli'ye teşekkür ederim.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Altınlı, E., 1975, Orta Sakarya Jeolojisi: Türkiye Cumhuriyeti 50. yılı uluslararası jeoloji kongresi tebliğleri, Ankara, 159-191.
- Ataman, G., 1974, Revue geochronologique des massifs plutoniques et metamorphiques de l'Anatolie: Hacettepe Bull. Nat. Sci. and Engineering, 3, 75-87.
- Ayaroğlu, H., 1979, Bozüyük metamorfizmasının petrokimyasal özellikleri: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 22, 101-108.
- Brinkmann, R., 1966, Geotektonische Gliederung von Westanato Hen: N. Jb. Geol. Palaeont. Mh., 603-618.
- Brinkmann, R., 1972, Mesozoic troughs and crustal structure in Anatolia: Geol. Soc. America Bull., 83, 819-826.
- Cann, J.R. ve Moore, D.G., 1978, Oceanic basement probed: Geotimes, 23, 17-19.
- Carpenter, M. A ve Okay, A. I., 1978, Topotactic replacement of augite by omphacite in a blueschist rock from NW Turkey: Min. Mag., 42, 435-438.
- Crawford, W.A. ve Fyfe, W.S., 1965, Calcite, aragonite equilibrium at 100°C: Science, 144, 1569-1570.
- Çoğulu, E., 1967, Etude petrographique de la region de Mihaliçcik (Turquie): Schweiz. Min. Petrogr. Mitt. 47, 683-824.
- Çoğulu, E. ve Krummenacher, D., 1967, Problemes geochronometriques dans la partie NW de l'Anatolie Centrale (Turquie): Schweiz. Min. Petrogr. Mitt. 47, 825-833.

- Göncüoğlu, C., 1980, Yüksek basınç mineral parajenezleri: Yeryuvar ve İnsan, 5, 21-80.
- Gürpınar, O., 1976, Bilecik-İnegöl-Yenişehir arasındaki jeolojisi ile Bilecik Kireçtaşının mühendislik özellikleri: İstanbul Univ. Fen Fak. Mec. Seri B, 40, 83-113.
- Holzer, H.F. ve Colin, H., 1957, Beitrage zur Ophiolithfrage in Anatolien: Jb. Geol. Bundesanst., 100, 231-237.
- Jamieson, J.C., 1953, Phase equilibrium in the system calcite-aragonite; J. Chem. Phys., 21, 1385-1390.
- Johannes, W. ve Puhar, D., 1971, The calcite-aragonite transition, reinvestigated: Contrib. Mineral. Petrol., 81., 28-38.
- Kaaden, G., 1966, The significance and distribution of glaucophane rocks in Turkey: M.T.A. Dergisi, 67, 37-67.
- Kalafatçıoğlu, A., 1964, Balıkesir Kütahya arasındaki bölgenin jeolojisi: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 9, 46-62.
- Kaya, O., 1972, Tavşanlı yöresi ofiyolit sorununun ana çizgileri: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 15, 26-108.
- Kulaksız, S., 1977, Sivrihisar kuzeybatı yöresinin jeolojisi: Doktora tezi, yayınlanmamış, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Lisenbee, A., 1971, The Orhaneli ultramafic-gabbro thrust sheet and its surroundings: Campbell, A.S. ed., Geology and History of Turkey de: Petroleum Exploration Society of Libya, Tripoli, 840-368.
- Lünel, T., 1967, Geology of Sübren, Karaalan-Yukarı Çağlayan area, Eskişehir county, Turkey: Doktora tezi, yayınlanmamış, Bristol Üniversitesi, İngiltere.
- MTA Enstitüsü, 1968, 1:500.000 ölçekli Ankara jeoloji haritası: Maden Tetkik Arama Enst, Ankara.
- MTA Enstitüsü, 1964, 1:500.000 ölçekli İstanbul, İzmir ve Zonguldak jeoloji haritaları: Maden Tetkik Arama Enst, Ankara.
- Okay, A. I., 1978, Sodic pyroxenes from metabasites in the Eastern Mediterranean: Contrib. Mineral. Petrol., 68, 7-11.
- Okay, A. I., 1980a, Mineralogy, petrology and phase relations of glaucophane-lawsonite zone blueschists from the Tavşanlı region, Northwest Turkey: Contrib. Mineral. Petrol., 72, 243-255.
- Okay, A. I., 1980b, Lawsonite zone blueschists and a sodic producing reaction in the Tavşanlı region, Northwest Turkey: Contrib. Mineral. Petrol., 75, 179-186.
- Olcay, A. I., 1980c, Sodic amphiboles as oxygen fugacity indicators in metamorphism: J. Geology, 88, 225-232.
- Okay, A. I., 1980d, The petrology of blueschists in Northwest Turkey, Northeast of Tavşanlı: Doktora tezi, yayınlanmamış, Combridge Üniversitesi, İngiltere.
- Okay, A. I., 1981, Incipient blueschist metamorphism and metasomatism in the ophiolitic rocks of the Tavşanlı region, Northwest Turkey: Contrib. Mineral. Petrol. (yayımda).
- Özkoçak, O., 1969, Etude geologique de massif ultrabasic d'Orhaneli et de sa proche bordure: Doktora tezi, yayınlanmamış, Paris Üniversitesi, Fransa.
- Penrose Ophiolite Conference, 1973, On the symposium on ophiolites in the earth's crust: Geological Newsletter, 3, 8.
- Saner, S., 1980, Mudurnu-Göynük havzasının Jura ve sonrası çökeltim nitelikleriyle yorumlanması: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 23, 39-52.
- Uz, B., 1978, Sındırgı-Âkhisar bölgesi ofiyolit birliğinin petrografik, petrojenetik ve jeokimyasal incelenmesi: Doçentlik tezi, yayınlanmamış, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Yılmaz, Y., 1977, Bilecik-Söğüt dolayındaki eski temel karmaşığının petrojenetik evrimi: Doçentlik tezi, yayınlanmamış, İstanbul Üniversitesi.
- Yılmaz, Y., 1979, Söğüt-Bilecik bölgesinde polimetamorfizma ve bunların jeotektonik anlamı: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 22, 85-100.

Yazının yayıma verildiği tarih 4.6.1981

LEVHA1.

Şekil 1 Sodik piroksen psödomorfları (px) ve albit (ab) içeren metazomatik dolerit (K733/1); sodik piroksenler ojitleri bütünüyle ornatmıştır. Monomineralik bir sodik piroksen damarı da görülmektedir.

Şekil 2: Bir piroklastik kayada (K301) küçük lavsonit kristallerinin (lav) albitleşmiş plajiyoklaz (ab) içinde büyümeleri.

Şekil 3: Doleritte klorit (chl) - lãoksen (siyah) dokanağında olağan pumpelyit (pp). Albitleşmiş plajiyoklaz da (ab) görülmektedir.

Şekil 4: Spilit (K860) isindeki amigdo yıldı özgün (110) ikizlenmes gösteren aragonitin (ar) kalsit (cc) tarafından ornatılması.

Şekil 5: Spilit (K860) isindeki amigdoyıda özgün (110) ikizlenme (lav) içeren lavsonit zona metadoleriti (K833). Sodik piroksen ojiti ornatmıştır.

Şekil 6: Lavsonit (lav), sodik amfibol (gl) ve az oranda kuvars içeren tipik glokofan-lavsonit zona metabazik kayası (K311).

Şekil 7: Almandin granat (gr), lavsonit (lav), sodik amfibol (gl) ve fengit (fen) içeren glokofan-lavsonit zona metabazik kayası K446/1).

Şekil 8: Lavsonit (lav), sodik amfibol (gl), fengit (fen) ve bol oranda kuvarstan olağan glokofan-lavsonit zona metaşeyli.

PLATE 1

Figure 1: Completely sodium metasomatised dolerite (733/1) with sodic pyroxene pseudomorphs px) after aagite and albite (ab). A monomineralic sodic pyroxene vein is also present.

Figure 2: Small lawsonite (lav) crystals grown in the albitised plagioclase. The rock is a metasomatised pyroclastic (K301).

Figure 3: Radiating pumpellyite (pp) grains have formed at the leucoxene black) - chlorite (chl) contact. Albitised plagioclase (ab) crystals are also present.

Figure 4: Aragonite (ar) with the characteristic (110) twinning in an amygdale of a spilit (K860) is extensively replaced by smaller grains of calcite (cc).

Figure 5: Metadolerite (K833) with partially resorbed sodic pyroxene pseudomorphs px) after aagite set on a groundmass of chlorite (chl) and small lawsonite (lav) tablets.

Figure 6: Typical glaucophane-lawsonite zone metabasite (K311) with sodic amphibole (amp), lawsonite (lav) and minor inter-stitial quartz.

Figure 7: Glaucophane-lawsonite zone metabasite K446/1) with almandine garnet (gr), lawsonite (lav), sodic amphibole (gl) and phengite (fen).

Figure 8: Glaucophane-lawsonite zone metashale (K384) with the mineral assemblage of sodic amphibole (gl) lawsonite (lav), phengite (fen) and quartz (kv).

