



Menderes Masifi'nde granulit, eklojit ve mavi şist kalıntıları: Pan-Afrikan ve Tersiyer metamorfik evrimine bir yaklaşım

Granulite, eclogite and blueschist relics in the Menderes Massif: An approach to Pan-African and Tertiary metamorphic evolution

Osman CANDAN
O. Özcan DORA

Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 35100 Bornova-İzmir
Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 35100 Bornova-İzmir

Öz

Menderes Masifi'nin metamorfik evrimi konusundaki yeni bulgulara çekirdek ve örtü serileri içerisinde yaygın olarak rastlanmaktadır. Genç olaylarla büyük oranda silinmiş sözkonusu bulgular; i) Çekirdek serisi içerisinde gözlenen yüksek basınç eklojit ve yüksek sıcaklık granulit fasiyesi metamorfizmaları ve ii) Örtü serileri içerisinde gözlenen Tersiyer yaşlı yüksek basınç/düşük sıcaklık epidot-mavi şist-eklojit fasiyesi metamorfizması olarak özetlenebilir. Genelde ortopiroksen ve pseudo-kordiyeritin varlığı ile karakterize olan granulit fasiyesi kalıntılarında çekirdek serisine ait çarnokit, ortopiroksen gnays, ortopiroksen ve/veya pseudo-kordiyerit leptit-gnays, metatonalit ve metagabrolarda yaygın olarak rastlanmaktadır. Çekirdek serisi içerisindeki yüksek basınç metamorfizması ana hatlarıyla metagabro stok ve damar kayaçları çevresinde gözlenen eklojitlerle karakterize olmaktadır. 650 °C sıcaklık ve 13 kbar basınç koşulları altında gelişen bu orta sıcaklık eklojitleri "Omfasit (Jd 25)+Granat+Rutil±Disten" topluluğu içermekte olup etkilendikleri Barrow türü almandin-amfibolit fasiyesi metamorfizması sonucu granatlı amfibolitlere yaygın geri dönüşümler sunmaktadır. Eklojit, granulit ve migmatizasyonun eşlik ettiği almandin-amfibolit fasiyesi koşullarında gerçekleşen bu çok evreli olaylar dizisinin Bitlis Masifi'ndekine benzer şekilde Pan-Afrikan orojenezi ile bağlantılı olduğu düşünülmektedir. Epidot-mavi şist/eklojit fasiyesi koşullarında gelişen, Tersiyer yaşlı metamorfizmaya ait kalıntı verilere Menderes Masifi'nin kuzeybatı kesimlerinde, Dilek Yarımadası, Selçuk ve Gölarmara çevresinde yüzlek veren Mesozoyik yaşlı örtü serileri içerisinde rastlanmaktadır. Bu olayı izleyen evrede yeşilşist fasiyesi koşullarında gelişen Barrow türü metamorfizma yüksek basınç/düşük sıcaklık metamorfizması topluluklarında yaygın geri dönüşümlere neden olmuştur. Minimum 10 kbar basınç ve 470 °C'nin altındaki sıcaklık koşullarında gelişen, Na-amfibol ve "Omfasit (Jd37)+Granat+Epidot" toplulukları içeren bu kayaçlar bir yitme zonuna bağlı olarak gelişmiştir. Söz konusu bulgular Neo-Tetis-Varadar okyanusunun genel evrimi içerisinde Menderes Masifi'nin bir yitme zonu boyunca Tersiyer'de (Eosen ?) yaklaşık 35 km'lik bir derinliğe gömüldüğünü göstermektedir. Özellikle Tersiyer yaşlı bu metamorfizmalara ait yeni bulgular Menderes Masifi'nin metamorfik evrim ve litostratigrafik kaya istifi açısından Kikladik Kompleks'le korele edilebileceğini açıkça ortaya koymaktadır. Anahtar sözcükler: Eklojit, Granulit, Mavişist, Menderes Masifi, Metamorfik evrim, Pan-Afrikan, Tersiyer.

Abstract

Some new evidence about the metamorphic evolution of the Menderes Massif mostly obscured by the young events, has been recognized from both of the core and cover series. These can be given as i) Pan-African high-pressure and high-temperature metamorphisms under eclogite and granulite facies conditions in the core series and ii) Tertiary high-pressure/low temperature metamorphism under epidote-blueschist/eclogite facies conditions in the cover series. The relics of granulite facies metamorphism which are mostly characterized by the orthopyroxene and pseudo-cordierite occur in most of the core units such as charnockite, orthopyroxene and/or pseudo-cordierite leptite-gneiss, orthopyroxene gneiss, metatonalite and metagabbro. The high-pressure relics in the Precambrian core series are defined by the eclogite occurrences which are related to the metagabbro stocks. These medium temperature eclogites under 650 °C and 13 kbar conditions which are made up of "omphacite (Jd20-25)+Garnet+Rutile±Kyanite" pass gradually to the garnet amphibolites resulted from the Barrowian-type overprint under upper amphibolite facies conditions. This multi stage sequence of events which follow a metamorphic path under eclogite, granulite and almandine-amphibolite facies conditions with migmatization and

partial melting are regarded to be related to the Pan-African orogeneses similar to the Bitlis Massif. Tertiary HP/LT metamorphism under epidote-blueschist/eclogite facies conditions which was mostly obliterated by the subsequently following Borrowian-type overprint are recognized in the Mesozoic cover units around Dilek peninsula, Selçuk and Gölarmara, NW part of the Mendere Massif. The P-T estimations, less than 430 °C and minimum 10 kbar, and mineral assemblages mainly consisting of blue amphiboles and omphacite (jd37)+Garned, clearly reveal the subduction related character of this metamorphism. In the general evolution of the Neo-tethyan-Vardar ocean, the Mendere Massif should have been buried down at about 35 km along a subduction zone during Tertiary (Eocene ?) time. Based on this new evidence about the two-fold Tertiary metamorphism, the Mendere Massif can be obviously correlated with the Cycladic Complex in terms of the metamorphic evolution and lithostratigraphical rock succession.

Key words: Blueschist, Eclogite, Granulite, Mendere Massif Metamorphic evolution, Pan-African, Tertiary.

GİRİŞ

Batı Anadolu'da geniş alanlarda yüzlek veren Mendere Masifi, kuzeybatıda Bornova-Filiş Zonu, güneyde ise Likya Napları tarafından tektonik olarak üstlenen Türkiye'nin sayılı kristalin masiflerinden biridir. Bu metamorfik temelin, batıya doğru küçük ve birbirinden bağımsız yüzlekler şeklinde, Ege Denizi içerisinde Kiklad adalarında devam ettiği kabul edilmektedir (Dürr ve diğ. 1978).

Uzun yıllardan bu yana sürdürülen çalışmalar sonucu günümüzde araştırmacılar arasında, Mendere Masifi'nin kaya istifinin ana hatlarıyla çekirdek serisi olarak adlandırılan Pan-Afrikan temel ve onu üzerleyen Erken Paleozoyik-Paleosen yaşlı örtü serilerinden oluştuğu görüşü ağırlık kazanmıştır. Pan-Afrikan temel başlıca kırıntılı sedimentler kayaçlardan yapıları, yer yer olası riyolit bileşiminde volkanik düzeyler içeren leptitgnays; bunların kısmi ergimesinden oluşmuş, çeşitli yapılarıdaki migmatit ve çekirdek şisti olarak adlandırılan pelitik metasedimentlerden yapıdır (Dora ve diğ. 1992; 1996). Bu kırıntılı seri günümüzde uğradıkları çoklu metamorfizma ve deformasyon sonucu çeşitli yapılarıdaki gnayslara dönüşmüş Pan-Afrikan granitler ve gabrolar tarafından kesilmektedir (Şengör ve diğ. 1984; Satır ve Friedrichsen 1986; Dora ve diğ. 1990; Loose ve Reischmann 1995; Candan 1996-a). Bu temel alt düzeylerinde kırıntılı, üst düzeylerinde ise karbonatların baskın olduğu metasedimentlerden yapıları bir seri tarafından üstlenir (Dürr 1975; Konak ve diğ. 1987). Masifin çeşitli yörelerinde belirlenmiş fosil bulgularına dayanarak bu örtü serisinin sedimentasyon yaşının Erken Paleozoyik-Tersiyer arasında değiştiği kabul edilmektedir (Onay 1949; Kaaden ve Metz 1954; Boray ve diğ. 1973; Dürr 1975; Çağlayan ve diğ. 1980; Konak ve diğ. 1987; Özer 1993, 1997).

Son yıllarda özellikle Mendere Masifi'nin polime-

tamorfik tarihçesi üzerinde yoğunlaştırılan araştırmalar sonucu masife günümüzdeki yapısını büyük oranda kazandıran Tersiyer yaşlı son orta basınç/orta-yüksek sıcaklık Barrow türü metamorfizmanın etkisiyle büyük oranda silinmiş, yaşlı metamorfizmalara ait birçok kalıntı parajenez, doku ve kay aç türünün masifin çeşitli yörelerinde yaygın bir şekilde varlığı ortaya çıkartılmıştır (Şekil 1). Bunlar iki grup altında toplanabilir: *i) Pre-Kambriyen çekirdeği etkileyen Pan-Afrikan yaşlı yüksek sıcaklık granulit fasiyesi ve yüksek basınç eklojit fasiyesi* (Candan ve diğ. 1994; Candan 1995; Oberhänsli ve diğ. 1995/a-b, 1996; Dora ve diğ. 1996) ve *ii) Tersiyer yaşlı yüksek basınç epidot-mavi şist/eklojit fasiyesi* (Candan ve diğ. 1994; Oberhänsli ve diğ. 1996) metamorfizmal arıdır.

Bu çalışmanın amacı, Mendere Masifi'nde son yıllarda ortaya çıkartılıp yeni bulgularla geliştirilen çekirdek ve örtü serilerindeki metamorfizmaların P-T koşulları, yaşları ve olası tektonik modellerini tartışmaktır. Bu amaçla 1000'den fazla örnek mineralojik, petrografik ve dokusal özellikler açısından incelenmiştir. Bunlar arasından seçilen tipik granulit, eklojit ve mavişist metabazitlerine ait minerallerin analizleri Mainz Üniversitesi'nde (Almanya) Camebox electron mikroprob aygıtıyla, 15 kV ve 12 Namp koşullarında yapılmıştır. Analizlerde doğal ve sentetik standartlar kullanılmış olup hem verilere PAP matrix düzelticisi uygulanmıştır.

Şekil 1. Mendere Masifi'nin genelleştirilmiş jeoloji haritası üzerinde Pan-Afrikan yaşlı granulit ve eklojit; Tersiyer yaşlı epidot-mavi şist/eklojit fasiyesi metamorfizmalarına ait kalıntıların gözlemlendiği lokasyonlar.

Figure 1. Simplified geological map of the Mendere Massif and the localities of the relics of the Pan-African granulite and eclogite facieses and Tertiary epidote-blueschist/eclogite facies metamorphisms.

JEOLOJİK DURUM

Menderes Masifi 'nde farklı yaş ve koşullardaki bu metamorfizmalara ait kalıntı kayaçların temel jeolojik özellikleri aşağıda ayrı başlıklar altında sunulmaktadır.

Pan-Afrikan yaşlı metamorfizma

I- Yüksek sıcaklık-granulit fasiyesi metamorfizması

Menderes Masifi'nin jeolojik evrimi içerisinde bu metamorfizmayı karakterize eden kalıntı kayaç türleri ve mineral parajenezleri günümüze değin sadece Pre-kambriyen yaşlı çekirdek serisi birimleri içerisinde saptanmıştır. Bu parajenezlerin gözlemlendiği kayaç türleri *I) Çarnokit, II) Metatonalit, III) Ortopiroksen gnays, IV) Pseudo-kordiyerit ve/veya ortopiroksen leptit-gnays ve V) Metagabro'lardn.*

Çarnokitler. Ödemiş-Kiraz Asması'nın orta kesimlerinde, Tire'nin doğusunda Küre Köyü çevresinde gözlenmektedir. Bu yörede Menderes Masifi'nin çekirdek serisine ait birimlerden oluşan 4 km x 5 km boyutlarındaki bir klip, çekirdek serisine ait mika şistler üzerinde tektonik bir dokanakla yer almaktadır (Çetinkaplan 1995). Allokton topluluk başlıca gnays, migmatitleşmiş leptit-gnays ve metagabrolardan yapıldır. Küre Köyü'nün 3 km batısında, İbi Tepe'nin doğu yamacında yaklaşık 2 x 2 km'lik bir alan içerisinde çarnokitik bileşimli kayaçlar yüzlek vermektedir. Granoblastik dokulu, grimsi renkli bu kayaçlarda yer yer 1 cm boyuta ulaşabilen granat porfiroblastları bulunmaktadır. İnce/orta taneli çarnokitler içerisinde siyah renkli ortopiroksenler yaklaşık 4-5 mm boyuta ulaşabilmektedir. Ayrıca kayaçlar sillimanit oranına bağlı olarak yer yer sarımsı bir renk de alabilmektedir.

Ortopiroksen içeren gnayslar masifte sadece Tire/Küre Köyü batısındaki küp içerisinde, çeşitli lokasyonlarda saptanmıştır. Granitik/gözlü gnays karakterindeki, iri kristalli bu kayaçlar orto kökenli olup yer yer içerisine sokuldukları leptit-gnayslara ait, boyutları birkaç yüz metreye kadar ulaşabilen irili ufaklı çevre kaya kapammları kapsarlar. Arazi gözlemlerinde ortopiroksenlerin gözle saptanabilmesi mümkün olmamaktadır. Bu yöreden sistematik olarak toplanmış gnays örnekleri içerisinde 5 ayrı noktada kısmen biyotit tarafından ornatılmış kalıntı ortopiroksenlerin varlığı saptanmıştır. Dokusal veriler yöredeki gnays kütlelerindeki ortopiroksenlerin granulitik kökenli olduğunu fakat bu kayaçları etkileyen orta basmç/B arrow türü metamorfizmanın retrograd etkileriyle ortopiroksenlerin büyük oranda biyotitlere dönüşerek ortadan kalktıklarını göstermektedir. Son derece benzer bir yapı ve mineralojik bileşime sahip olmaları nedeniyle bu retrograd gnaysların korunmuş or-

topiroksen kapsayan gnayslardan ayrımı arazide mümkün olmamaktadır.

Menderes Masifi'nin Birgi yöresinde, Yukarı Semit Köyü'nün 1.5 km kuzeydoğusunda, Kesat mevkiinde metagabro stoğunu keser konumda granodiyorit/tonalit bileşiminde bir magmatik kütlelen varlığı belirlenmiştir. Bazı magmatizmayı izleyen evrede sokulduğu düşünülen bu kayaçlar uğradıkları çoklu deformasyon ve metamorfizma nedeniyle yer yer gözlü gnays yapısı kazanmış tir. Metamorfik kökenli ortopiroksen kapsayan bu metatonalitlere benzer özelliklere sahip bazı kayaçlara ayrıca Tire/Küre köyü batısındaki klip içerisinde de rastlanmaktadır.

Menderes Masifi'nin tüm asmasıflerinde geniş alanlarda yüzlek veren leptit-gnaysların önceki çalışmalarda volkanik kökenli olarak yorumlanmalarındaki temel dayanaklardan biri kayaçların içerisinde bulunan ve boyutları yer yer 4-5 cm'ye ulaşabilen porfiroblastların varlığıdır. Bu porfiroblastlar ilksel volkanite ait kalıntı plaj iyoklas fenokristalleri olarak kabul edilmiştir (Kun 1983; Candan ve Kun 1991; Dora ve diğ. 1988). Günümüzde, yüksek derece metamorfizması koşullarına özgü "Sillimanit+Kuvars+Biyotit+Granat+Muskovifdan yapılabili pseudomorfik topluluk tarafından replase edilen, çoğu kez gri-siyah renkli bu minerallerin masifin çekirdek serisini etkileyen granulit fasiyesi metamorfizması ürünü kordiyerit porfiroblastları oldukları düşünülmektedir (Dora ve diğ. 1996). Sözkonusu tipik kordiyerit pseudomorfllarına Çine Asması'nın Çine kuzeydoğusu Kırkışik Köyü çevresinde; Ödemiş-Kiraz Asması'nın Birgi kuzeyi Hacı Hasan Köyü yolu üzerinde ve Demirci-Gördes Asması'nın Kula güneyi Konurca Köyü çevresinde yaygın olarak rastlanmaktadır. Leptit-gnayslardaki diğer bir yüksek sıcaklık metamorfizması verisi bu kayaçlar içerisinde son derece yaygın olarak gözlenen, olasılıkla karbonatça zengin sedimanter düzeylerden türemesi "Klinopiroksen+Ortopiroksen+Anortit+Granat+Kuvars" parajenezine sahip kalsilikatik kayaçlardır. Yine aynı yüksek sıcaklık metamorfizmasını simgeleyen ortopiroksenlerin leptit-gnayslar içerisindeki varlığı masifin iki noktasında belirlenmiştir. İlk lokasyon Alaşehir güneydoğusunda, Bahadır Köyü'nün 4 km kuzeyinde gözlenen, kısmen migmatitleşmiş leptit-gnayslardır. Kırmızı-kahverenkli, kaba foliasyona sahip, ince taneli bu kayaçlar içerisinde ortopiroksenin varlığı saptanmıştır. Piroksenlerin mikroskopik boyutta olmaları nedeniyle arazi çalışmalarında gözlenmesi mümkün olmamaktadır. Bu yörenin yanı sıra Küre Köyü batısındaki klipde yeralan gnaysların içerisindeki birçok leptit-gnays kapamında da Alaşehir yöresindeki benzer özelliklere sahip ortopiroksenin varlığı saptanmıştır.

MENDERES MASIFI'NDE GRANULİT, EKLOJİT VE MAVİ ŞİST KALINTILARI

Çekirdek serisi içerisinde granulit fasiyesi metamorfizması ürünü parajenezlerin gözleendiği diğeri bir kayaç türü *metagabrolardır*. Menderes Masifi 'nin her üç aşamasında, sadece çekirdek serisine ait birimler içerisinde irili ufaklı stok ve damarlar şeklinde yüzlek veren metagabroların (Candan 1994; 1996a-b) özellikle deformasyondan korunmuş kesimlerde bu metamorfizmanın etkileri son derece sınırlı gelişmiştir. Yüksek sıcaklık metamorfizması etkileri bu kayaçlarda ilksel magmatik fazlar arasında gelişen reaksiyon kuşakları ve bazı magmatik ortopirosenlerin metamorfik ortopirosenler tarafından kuşatılması ve/veya replase edilmesi ile sınırlı kalmaktadır.

//- Eklojit fasiyesi metamorfizması

Günümüze değin masifin Prekambriyen yaşlı çekirdek serisi içerisinde belirlenen yüksek basınç metamorfizması verileri sadece metagabroların çeperlerinde gelişen eklojit oluşumları ile sınırlı kalmıştır. Önceki birçok çalışmada Miyosen yaşlı genç magmatizma ürünü post-metamorfik plutonlar olarak yorumlanan (Kun ve diğ. 1988) bu kayaçlar masifin hemen her yöresinde çekirdek serisine ait gnays ve leptit-gnayslar içerisinde sokulmuş, boyudan 1.5 km'ye kadar ulaşabilen, irili ufaklı stok ve damarlar şeklinde gözlenmektedir. Son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalar önceki görüşlerin aksine bu kayaçların olası Kambriyen yaşlı olduklarını (Candan 1996/b) ve masifin polimetamorfik evrimi içerisinde yüksek* sıcaklık, yüksek basınç ve orta basınç-B arrow türü metamorfizmadan etkilendiklerini açıkça ortaya koymuştur (Candan 1995; 1996 a-b; Candan ve diğ. 1994; Dora ve diğ. 1996; Oberhanslı ve diğ. 1995/a-b; 1996). Metagabroların çeperlerindeki eklojit oluşumları masifin altı ayrı lokasyonunda saptanmıştır. Bunlar Tire doğusu Küre Köyü; Birgi doğusu Yukarı Semit Köyü, Kiraz güneyi Yenişehir Köyü, Alaşehir güneybatısı Kestanelik Deresi mevki, Salihli güneydoğusu Gödeli mahallesi ve Alaşehir kuzeyi Yahyaalçı Köyü çevresidir. Bu lokasyonların dışında Çine Asmasıfi'nde Karıncalı Dağ yöresinde (Candan 1996a) ve Ödemiş-Kiraz Asmasıfi'nde Bozdağlar ve Alaşehir/Sarıgöl çevresinde çekirdek serisine ait Prekambriyen yaşlı şistler içerisinde yer alan amfibolüerde eklojit kalıntılarının bulunamamasına karşın, yüksek basınç metamorfizmasından geri dönüşümü simgeleyen yaygın dokusal verilerin varlığı saptanmıştır.

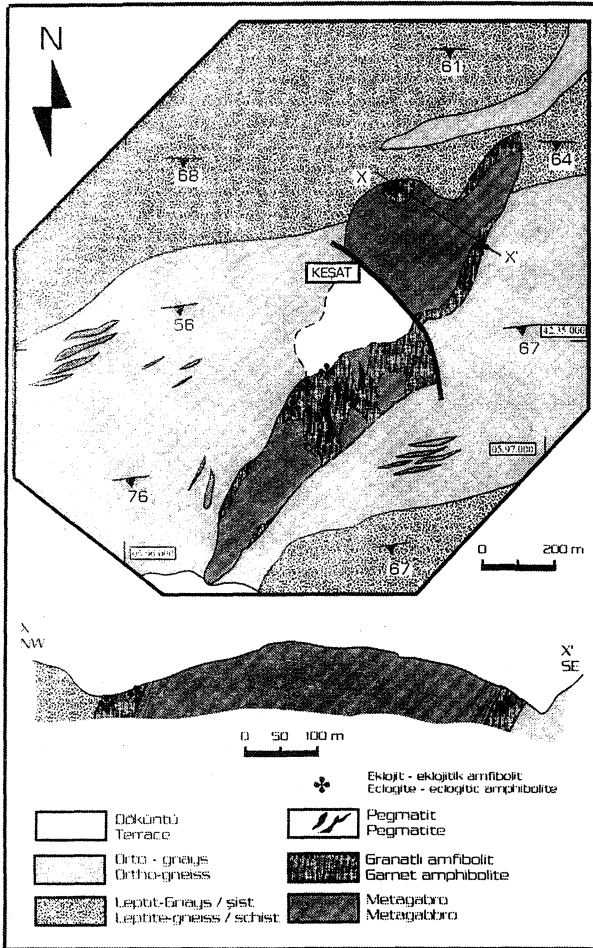
En iyi korunmuş eklojit örnekleri Tire yöresinde yer almaktadır (Çetinkaplan 1995). Burada, gnays, migmatit, leptit-gnays ve çarnokitten yapıları, klip konumundaki çekirdek serisine ait topluluk içerisinde sokulmuş, gab-

ro/norit bileşiminde çok sayıda stok ve damar kayası bulunmaktadır. Uğradıkları çoklu deformasyon ve metamorfizma sonucu gabroların ilksel intruzif dokanak özellikleri büyük oranda silinmiş ve dokanaklar yeniden düzenlenmiştir. Yöredeki metagabroların hemen hemen tümünün çeperlerinde eklojit oluşumları belirlenmiştir. En iyi korunmuş örnekler Erdede Tepe'nin 750 m güney kesiminde, metagabro stoğunu kesen patika üzerinde gözlenmektedir. Burada, iri kristalli koyu renkli granatlı amfibolit çeper zonu içerisinde açık yeşil renkleri ile kolaylıkla ayırtedilebilen ince taneli, kaba foliasyonlu eklojitler yer alır. Bu kayaçlar etkilendikleri son metamorfizmanın retrograd etkileri sonucu düşey ve yatay yönde eklojitik amfibolit olarak adlandırılan geçiş kayaları ile dereceli bir şekilde granatlı amfibolitlere dönüşüm göstermektedir.

Eklojit kalıntılarının gözleendiği Ödemiş-Kiraz Asmasıfi'ndeki ikinci lokasyon Birgi'nin 3 km doğusunda yer alan Kesat yöresidir. Bu bölgede de Tire yöresine benzer şekilde leptit-gnays, yüksek dereceli metapelit ve bunlar içerisinde sokulmuş granitik kökenli gnayslar, ortopirosen içeren metatonalitler ve sillimanit-granat metagranitlerden yapıları, masifin çekirdek serisine ait metamorfikler yüzlek vermektedir. Yörede, gnays ve leptit-gnayslar içerisinde sokulmuş gabro, olivinli gabro ve noritik gabro bileşiminde üç stok ve çok sayıda damar kayası belirlenmiştir (Candan 1996b). Boyutları bir km'ye kadar ulaşabilen stokların iki tanesi Cevizalanı Köyü'nün 1 km kuzeyinde Yeltepe dolaylarında, bir tanesi ise Yukan Semit Köyü kuzeyinde, Kesat yöresinde yüzlek vermektedir. Bu metagabroların özellikle deformasyondan etkilenmemiş iç kesimlerinde ilksel magmatik kayaca ait doku, yapı ve mineral bileşimi son derece iyi korunmuştur. Buna karşın deformasyonun daha etkin olduğu çeper kesimlerinde, etkilendikleri çoklu metamorfizma sonucu bu kayalarda yaygın dönüşümler gelmiştir. Özellikle orta basınç koşullarında gelişen son metamorfizma nedeniyle hemen hemen tüm yüzleklerde yaygın bir şekilde çekirdekten çepere doğru metagabro-amfibolitik metagabro-granath amfibolit zonları ile temsil edilen kesiksiz dönüşümler gerçekleşmiştir. Yüksek basınç metamorfizmasının metagabrolar üzerindeki etkileri ise çeperleri boyunca gözlenen eklojit oluşumları ile karakterize olmaktadır. Bu yörede eklojit oluşumları sadece Yukan Semit Köyü kuzeyindeki metagabro stoğımın çeperinde saptanmıştır. Gnays ve leptit-gnayslar içerisinde sokulmuş bu kütlelerin çeperindeki granatlı amfibolit zarfı içerisinde birçok lokasyonda, kısmen granatlı amfibolitlere dönüşmüş, boyutları 2 x 4 m'yi geçmeyen, merceksi ve düzensiz şekillerde eklojit kalıntıları göz-

lenmektedir (Şekil 2). En iyi korunmuş eklojit yüzleleri Kesat mevkiindeki düzlüğün 200 m güneyinde bulunmaktadır. Bunların yanı sıra metagabro kütesini kesen 30-50 cm kalınlığındaki iç makaslama zonları boyunca, özellikle gablo-eklojit dönüşümüne ait geçiş kayaçlarına sıkça rastlanmaktadır.

Metagabrolarla bağlantılı eklojit oluşumlarının gözlemlendiği üçüncü lokasyon Salihli'nin 6 km güneydoğusunda yer alan Göldeli Köyü'nün 750 m kuzeydoğusudur. Bu bölgede Kemalpaşa-Alaşehir arasında, D-B yönde yaklaşık 100 km'lik uzanım gösteren ayrılma (detachment) fayı (Hetzl ve diğ. 1995) üzerinde tektonik dokanaklarla yer alan çekirdek serisi kayaçlarının varlığı bilinmektedir (Akal 1993; Dora ve diğ. 1994). Bun-

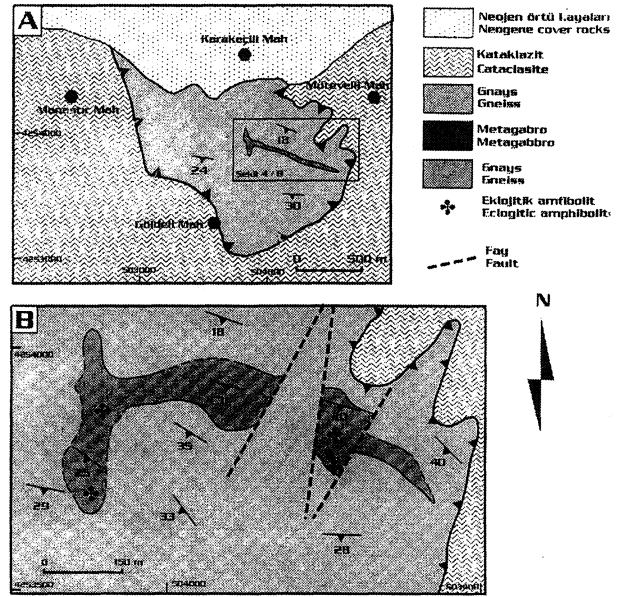


Şekil 2. Birgi doğusunda yer alan metagabro stoğunun jeoloji haritası ve kalıntı eklojit lokasyonları (Candan 1996 b).

Figure 2. Geological map of the metagabbro stock and the localities of the eclogite remnants in the eastern part of Birgi (Candan 1996 b).

lardan Göldeli Köyü kuzeyinde yer alan ve tümüyle gnaistan yapılı olanında 600x100 m boyutlarında, damar kayası niteliğinde bir metagabro yüzleği saptanmıştır (Şekil 3). Bölgedeki gnaistlerin şiddetli deformasyon nedeniyle ileri derecede milonit ve kataklastik yapı kazanmaları ve kalın döküntü örtüsü nedeniyle metagabroların çevre kayaçlarla olan sınır ilişkilerinin çoğu yerde net olarak saptanması mümkün olmamaktadır. Retrograd etkilerle çok büyük oranda granatlı amfibolitlere dönüşmüş bu kütle içerisinde bir noktada 2x5 m boyutlarında korunmuş gabroyik çekirdeğin varlığı saptanmıştır. Granatlı amfibolitler içerisinde birçok lokasyonda amfibolitik eklojit olarak adlandırılabilir, kısmen korunmuş yüksek basınç metamorfizması kalıntıları saptanmıştır. Daha açık yeşil renkleri ve masif yapıları ile granatlı amfibolitlerden kolaylıkla ayırtedilebilen bu kayalardaki omfazitlerin tümü orta basınç metamorfizmasının şiddetli retrograd etkileri ile "Klinopiroksen+Plajiyoklas" simplektik büyümesinden yapıları pseudomorfik bir topluluk tarafından replase edilmiştir.

Çekirdek serisine ait dördüncü eklojit lokasyonu Demirci-Gördes Asması'nın güney kesiminde, Alaşehir'in 10 km kuzeyinde yer almaktadır. Bu lokasyonda eski Alaşehir-Kula ana yolu üzerinde, Yahyaalçı Kö-



Şekil 3. Salihli güneydoğusunda, kataklastitler üzerinde yer alan çekirdek serisine ait allokton birimlerin jeoloji haritası ve kısmen korunmuş kalıntı eklojit lokasyonları.

Figure 3. Geological map of the allocthonous core units resting upon the cataclazites in the southeast part of Salihli and partly preserved relic eclogite localities.

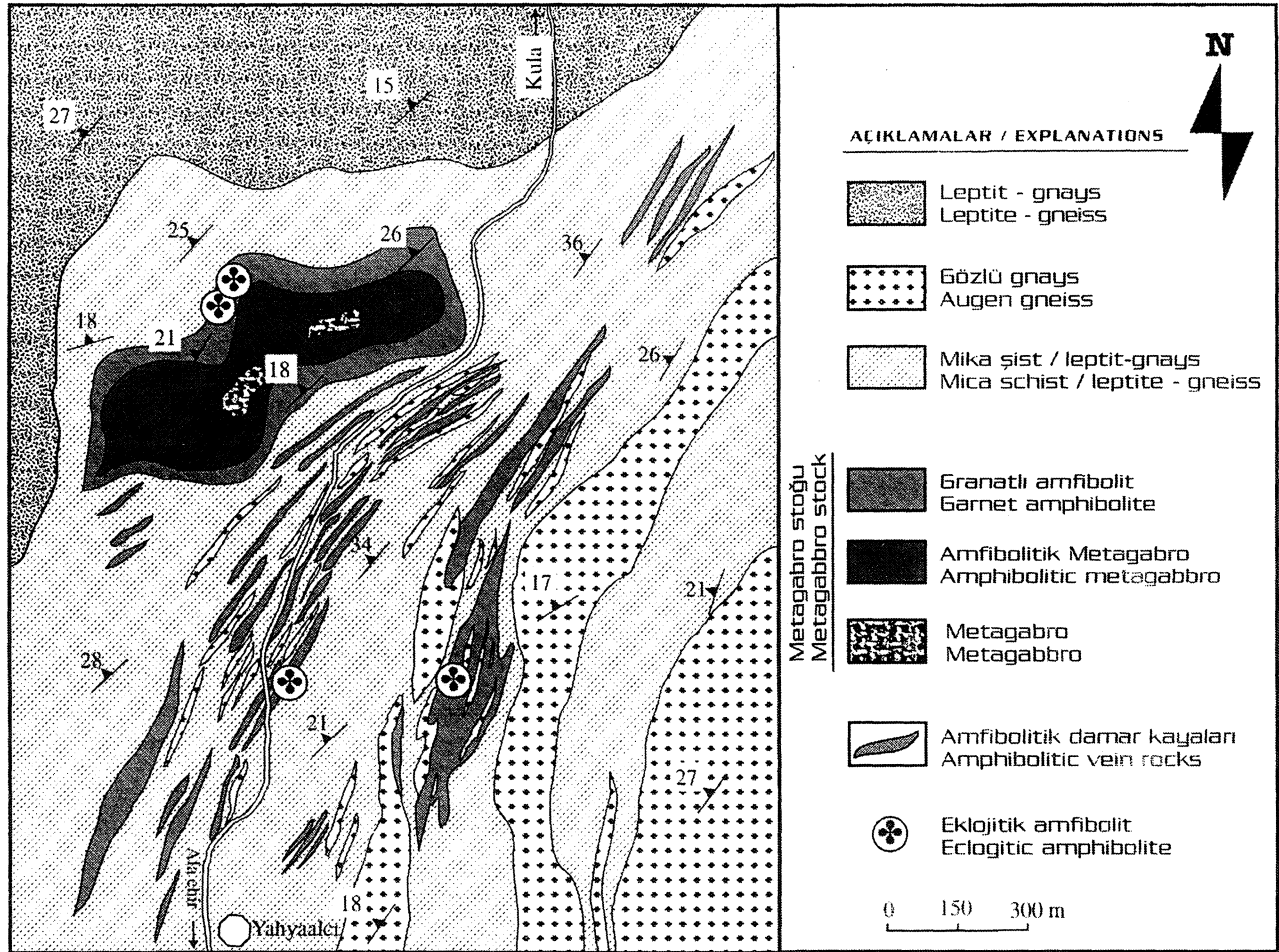
MENDERES MASİFİ'NDE GRANULİT, EKLOJİT VE MAVİ ŞİST KALINTILARI

yü'nün 1.5 km kuzeyinde leptit-gnays içerisine sokulmuş yaklaşık 800 m x 300 m boyutlarında bir metagabro stoğu bulunmaktadır. Ayrıca yolun her iki yanında şist/leptit-gnayslar içerisine yerleşmiş, yer yer kalınlıkları 10 cm'ye kadar düşen çok sayıda amfibolit ve gnays düzeyleri gözlenmektedir (Candan 1994). Arazi verileri gabro stoğu ve bu amfibolit damarlarının aynı bazik aktiviteleri ürünleri olduklarını göstermektedir. Özellikle metagabro stoğunun çekirdeğinden çeperine doğru, Menderes Masifi'ndeki en tipik metagabroamfibolitik metagabro-granatlı amfibolit dönüşümü gelişmiştir. Orta basınç metamorfizması ürünü bu dokusal ve mineralojik değişim sonucu stoğun çeperinde siyah renkli, kuvvetli penetratif foliasyona sahip granatlı amfibolitler oluşmuştur. Candan (1994), bu amfibolitik çeper içerisinde eski bir yüksek basınç metamorfizmasına ait olabilecek bazı ender kalıntı dokusal verilerin varlığından

sözetmektedir. Son zamanlarda gerçekleştirilen çalışmalarda özellikle gabroyik stoğun kuzeybatı kesiminde, patika üzerinde eklojitik karakteri net olarak gözlenebilen kesimlerin varlığı saptanmıştır. (Şekil 4). Açık yeşil renkli, çoğunlukla simplektik dönüşüme uğramış, omfazit/Na-ojit bileşimindeki klinopiroksenlerin varlığı ile simgelenen bu kayaçlar bir el örneği boyutunda granatlı amfibolitlere geçebilmektedir. Bu lokasyonun yanı sıra ana yolun doğu kesiminde yüzlek veren amfibolü damarları içerisinde eklojitik amfibolit-amfibolit arasındaki geçiş terimlerine karşılık gelen çok sayıda lokasyon bulunmaktadır.

Tersiyer yaşlı yüksek basınç düşük sıcaklık metamorfizması

Menderes Masifi'ne günümüzdeki yapısını büyük oranda kazandıran Tersiyer yaşlı Barrow türü son orta



Şekil 4. Alaşehir kuzeyi, Yahyaalçı Köyü çevresinde gözlenen metagabro stoğu ve kısmen korunmuş eklojit lokasyonları (Candan 1994'den değiştirilerek).

Figure 4. Metagabbro stock exposed around Yahyaalçı, north of Alaşehir and the localities of the partly preserved eclogites (modified after Candan, 1994).

basınç metamorfizması çok sayıda araştırmacı tarafından detaylı olarak incelenmiştir. Bu bölümde söz konusu metamorfizma ile büyük oranda silinmiş Tersiyer yaşlı yüksek basınç/düşük sıcaklık metamorfizmasına ait temel jeolojik özellikler sunulmaktadır.

Örtü serisine ait birimler içerisinde kalıntı yüksek basınç verileri günümüze değin sadece Mendere Masi-fi 'nin batı-kuzeybatı kesiminde, Akhisar/Gölmarmara ve Selçuk-Kuşadası-Dilek Yarımadası çevresinde belirlenmiştir. Bunlar i) *Blok karakterindeki eklojit ve metagabrolar*; II) *Sodik amfibol kapsayan metabazit ve metakarbonatlar*; ve III) *Disten+Kloritoid topluluğu içeren metaçakıltaşlarıdır*. Bu yöredeki örtü serisine ait kaya istifi ana hatlarıyla alttan üste doğru şist, mermer ve bloklu seri (metaolistostrom ?) birim olarak verilebilir. Düşük dereceli şistler başlıca granat mika şist, mika şist ve klorit-albit şist bileşimindedir. Şistlerin mermerlerle olan üst dokanaklarında metaçakıltaşları yer alır. Sözkonusu *metaçakıltaşları* yörede birçok lokasyonda yüzlek vermektedir (Şekil 1). En tipik yüzlekler Şirince Köyü yolu üzerinde, Selçuk-Çamlık asfaltında, Pamucak sahilinin güney ucunda deniz kenarında ve Dilek Yarımadasında Tuzabat köyünden kuzeye doğru giden ormanyolu üzerinde Manastır yıkığı ve Değirmen tepede gözlenmektedir. Ortalama 4-5 cm boyutunda, deformasyon nedeniyle belirgin uzama gösteren kuvarsit çakıllarından yapılu bu çakıltaşı gümüşimsi-gr? renkli fillitik bir matrikse sahiptir. Bu fillitik matriks yüksek basınç metamorfizmasını karakterize eden korunmuş disten+kloritoid parajenezi içermektedir. Dişten kristallerinin boylan 2 cm'ye; koyu yeşil renkli kloritoid kristalleri ise 4-5 mm'ye ulaşmaktadır. Yer yer bazik volkanizma ürünü katkıların da gözleendiği bu kayalar tabanda olasılı Triyas yaşlı (Konak ve diğ. 1987; Dürr ve diğ. 1995) sarı renkli dolomitlerle başlayan kaim bir karbonat istifi tarafından üstlenir. Yaygın meta-boksit düzeyleri kapsayan bu metakarbonatlar içerisinde birçok lokasyonda iyi korunmuş rudist fosilleri bulunmaktadır (Özer 1997). Mermerler Selçuk-Tire-Kuşadası dolaylarında bloklu seri (metaolistostrom ?) tarafından üstlenir (Erdoğan ve Güngör 1992).

Selçuk-Şirince çevresinde gözlenen bloklu birim (metaolistostrom ?) içerisinde çok sayıda lokasyonda *blok karakterindeki yüksek-basınç kayalarında* varlığı belirlenmiştir. 30x13 km boyutlarında bir alanda, KD/GB uzanım sunan bu birim platform türü mermerleri üzerler konumdadır (Erdoğan ve Güngör 1992). Uzunlamları 6 km'ye kadar ulaşabilen metabazik volkanit katkıları içeren, olasılıkla glaukofan şistlerin retrograd metamorfizması ile türemiş, klorit-albit şistten yapılu bir

matrikse sahip bu birim içerisinde baskın blok türünü metaserpantiniüer oluşturur (Candan ve Kun 1989). Metaserpantinitlere çoğu kez Ti'ca zengin metagabro, zoisit metagabro, smaragdit-omfasit metagabro, eklojit ve omfasit-epidotitten oluşan, son derece iyi korunmuş yüksek basınç metamorfizması parajenezlerine sahip kayalar eşlik etmektedir (Candan ve diğ. 1995; 1997). Bu birim içerisindeki en tipik eklojit oluşumları Şirince Köyü kuzeyinde, Yılanlı Tepede ve Şirince'ye 2 km kala Şirince-Selçuk yolu üzerinde gözlenmektedir.

Yılanlı Tepe'deki yüzlekte metaserpantinit ve metagabrodan yapılu, 220x60 m boyutlarındaki blok klorit-albit şist bileşimindeki matriks tarafından sarılmaktadır. Bloğun gabroik bileşimdeki kesiminde uğradığı yüksek basınç ve onun üzerine gelişen orta basınç-B arrow türü metamorfizmalara bağlı olarak gelişen prograd gabro-eklojit ve retrograd eklojit-amfibolit dönüşümleri net olarak izlenebilmektedir. İri kristalli gabro, eklojite geçişin ara aşamasında önce smaragdit-omfasit metagabroya dönüşmektedir. Kaba bir foliasyona sahip, 1-2 cm boyutlarında ot yeşili omfasit ve smaragdit kristalleri içeren bu kayaçta kısmen düzenlenmiş ilksel gabroik doku hala net olarak izlenebilmektedir. Kayaçtaki beyaz kristallerin tümü ilksel plajioloklası replase eden zoisitlerden oluşmaktadır. Bloğun kuzey ucunda, yaklaşık 20 m kalınlığında eklojit yer alır. Açık yeşil renkli, yer yer ileri derecede silisifiye olmuş bu kayalarda kaba bir foliasyon gözlenmektedir. Bu bloktaki smaragdit-omfasit metagabro, retrograd metamorfizma sonucu flaser/amfibolitik metagabroya dönüşüm gösterir. Kuvvetli penetratif foliasyon gösteren bu kayalarda omfasitler yerini koyu yeşil renkli amfibollere bırakmıştır. Aynı etkilere bağlı olarak eklojitler de yanıl yönde granatlı amfibolitlere dereceli geçiş göstermektedir. Bölgede, sözkonusu bloğun yakın çevresinde şist matriks içerisinde yüzen, tümüyle eklojitten yapılu irili ufaklı bağımsız blokların varlığı da saptanmıştır.

Selçuk yöresinde yüksek basınç metamorfizması verileri içeren diğeri iki blok Şirince'nin 2 km kuzeyinde ve batısında yüzlek vermektedir. Yaklaşık 600x300 m boyutlarındaki kuzeydeki metaserpantinit bloğunun iki noktasında eklojit oluşumu saptanmıştır. Diğeri bloktaki eklojit oluşumlarının doğrudan metaserpantinitle olan ilişkileri açık değildir. Bu kayalar yaklaşık 6x1 km boyutundaki bir metaserpantinit kütesinin kuzey ucunda yer alan, çok şiddetli deformasyona uğramış ve tümüyle rekristalize olmuş gabrolardan türeme fuksit-albit şistler içerisinde üç ayrı noktada yüzlek vermektedir. Özellikle ana yola yakın yüzlekte hiçbir retrograd etki içermeyen, şistle doğrudan dokanak yapan bu eklojit ve omfasit-

MENDERES MASIFI'NDE GRANULİT, EKLOJİT VE MAVİ ŞİST KALINTILARI

epidotitleri bulunmaktadır. Doğuda, matriksi oluşturan şistle doğrudan dokanak yapan bu eklojit kütlelerinin çevresinde, tümüyle eklojit ve omfasit-epidotit çakıllarından yapılmış geniş bir döküntü bulunmaktadır.

Menderes Masifi'nin Kiki adlara en yakın noktası olan Dilek Yarımadası'nda (Samsun Dağları) çok sayıda lokasyonda mavi amfibollerin varlığı net olarak saptanmıştır (Candan ve diğ. 1997). İzoklinal kıvrım tektoniğinin etkin olduğu bu yarımada'nın kaya istifi ana hatlarıyla altta metaçakıllar ve onları üstleyen, yer yer klorit-şist arakatmanlı, diasporit ve zımpara yatakları içeren metakarbonatlardan yapılmıştır. Mermerlerin arasında yer alan pelitik düzeylerde boyutları 20 m'ye kadar ulaşan, bazik bileşimle volkanitlerden türemiş metabazitlere rastlanmaktadır. Bu metabazitlerde son derece iyi korunmuş Na-amfibollerin varlığı saptanmıştır. En tipik lokasyon Dilek Yarımadası'nın kuzey kıyası boyunca uzanan orman yolu üzerinde ve Kömürçü gediğinde yer almaktadır (Şekil 1). "Krossit-Epidot-Albit-Fengit" bileşimindeki bu metabazitler mavimsi renkleriyle son derece tipiktir. Özellikle merceğimsi epidotit düzeylerinde boyutları 3-4 mm'ye ulaşan bireysel krossit kristalleri gözle rahatlıkla tanınabilmektedir. Ayrıca yarımada'nın batı ucunda, Gözetleme Tepe'nin 200 m kuzeydoğusundaki koyda yüzlek veren, olasılıkla bazik volkanizma materyali katkılı metapelitlerde de krossit kristallerinin varlığı belirlenmiştir.

PETROGRAFI

Bu bölümde, masifteki Pan-Afrikan ve Tersiyer yaşlı yüksek sıcaklık ve yüksek basınç metamorfizmalarını karakterize eden tipik kay aç türlerine ait petrografik, mineralojik özellikler ve fazlar arasındaki dokusal ilişkiler sunulacaktır.

Pan-Afrikan metamorfizması

I-Yüksek sıcaklık granulit fasiyesi metamorfizması

Carnokit: Menderes Masifi'ndeki yüksek sıcaklık-granulit fasiyesi metamorfizmasına ait en tipik kay aç türlerini çarnokitler oluşturmaktadır. İnce/orta taneli, granoblastik dokuya sahip bu kay açlarda gerçekleştirilen detaylı petrografik ve dokusal gözlemlerde sözkonusu kay açlarda granulit fasiyesi metamorfizmasına ait parajenezler ve bunlarda retrograd etkilere yolaçan yüksek amfibolit fasiyesi koşullarında gerçekleşmiş Barrow türü metamorfizmaya özgü dokusal ve mineralojik değişimler net olarak ortaya konmuştur (Candan 1995). Granulit-amfibolit fasiyesi dönüşümü, granulitik parajeneze ait mafik fazların granat kristallerinden yapılmış halkalarla çevrelenme aşaması (granat korona aşaması) ile başla-

Çizelge 1. Menderes Masifi'nin çekirdek serisi birimleri içerisinde gözlenen yüksek sıcaklık granulit fasiyesi metamorfizmasına ait kalıntı kay aç türleri ve bunların modal analiz değerleri.

Table 1, Modal analyses of the granulite facies rocks from the core series of the Menderes Massif

	Çarnokit	Ortopiroksen	Metatantalit	Ortopiroksen	Pseuro-kord. metagabro	
	326	Gnays 385	463	Leptit-gnays 437	Leptit-gnays 456	
KUVARS	13	16	19	8	12	-
K-FELDSPAT	21	28	21	9	9	-
PLAJIYOKLAS	18	13	14	12	21	43
ORTOPIROKSEN	(i)	-	-	-	-	3
	(g)	16	6	11	13	-
	(gc)	-	-	-	-	5
KLİNOPIROKSEN	(i)	-	-	-	-	30
Ca-AMFİBOL	(r)	E	-	5	-	4
ORTOAMFİBOL	(r)	E	-	3	-	-
AMF+SPN	(e)	-	-	-	-	8
OLİVİN	-	-	-	-	-	2
BIOTİT-I	(g)	8	21	12	4	24
	(r)	3	5	6	14	-
	(i)	-	-	-	-	3
MUSKOVİT	(r)	-	E	-	-	E
GRANAT-I	(g)	7	-	-	4	11
	(e)	4	11	9	12	-
SİLLİMANİT	(f)	2	-	-	11	4
PSEUDO-KORD. (Bio+Sil+Gr+Mus)	(p)	8	-	-	13	19
İLİMENİT	E	E	E	2	-	2
RUTİL	-	-	E	E	-	-
ALLANİT/EPİDOT	-	E	E	-	-	-

NOT: 326,385 Nolu örnekler Tire/Küre Köyü; 463,76 nolu örnekler Birgi; 437 nolu örnek Alaşehir güneyi; 456 nolu örnek Çine Bölgesinden alınmıştır
[i= Magmatik; g= Granulit fasiyesi metamorfizması; gc= Olivin çevresi korona; r= Petrograd metamorfizması; f= Fibrolit; p= Pseudomorfik replasman; c= Korona E= Eser].

makta ve ortopiroksenlerin hidroksilli fazlara (biotit ve amfibol) dönüşümü ile son bulmaktadır. Granulitik evre, "Ortopiroksen (Hipersten; En 47-54)+Biyotit-I+Kuvvars+Plajiyoklas (An 29-31)+Ortoklas+Granat-I+Kordiyerit (?)+İlmenit+Rutil" parajenezi ile temsil edilmektedir (Çizelge 1). Oligoklas/andezin bileşimindeki plajiyoklaslarda granulitlerde yaygın olarak gözlenen antiperititik; ortoklaslarda ise perititik yapılar gelişmiştir. Bu evre ürünü granatlar 1 cm'ye kadar ulaşan porfiroblastlar oluşturmaları ve genelde özşekilsiz kristal formları ile karakterize olmaktadır. Çarnokitler içerisinde pseudomorfik yapıda bazı minerallerin yaygın olarak bulunduğu belirlenmiştir. Özşekilli bu yuvalar, yüksek amfibolit fasiyesine özgü granat, sillimanit, biyotit ve ayrıca adı belirlenemeyen Fe-Mg alüminosilikat bileşimindeki bir mineralden yapılmış topluluk tarafından doldurulmuştur (Şekil 5/A). Pseudomorfik topluluğu oluşturan fazların toplam kimyasal bileşimi metamorfizma derecesinin granulit fasiyesi koşullarına kadar ulaşmış olması ve leptit-gnayslarda yine benzer topluluk tarafından replase edilmiş kordiyerit yuvalarının varlığına dayanarak çarnokitlerdeki bu yuvalar kordiyerit pseudomorfik olarak yorumlanmıştır (Candan 1995).

Retrograd dönüşümün ilk aşaması, mafik granulitik fazlar çevresinde ufak, polikristalin granatlar yapı koronaların gelişmesi ile karakterize olmaktadır. Ortopiroksen, biyotit-I, granat-I, ilmenit ve rutillerin feldspatlarla olan dokanaklarında gelişen bu genç granatlar zonu bir iç yapı sunarlar. Mafik faza yakın kesimlerde yaygın inklüzyonlardan kaynaklanan bulutsu yapıya sahip granat halkaları dış kesimlerinde inklüzyonsuz olup feldspatların içerisine doğru uzanan özşekilli kristaller oluştururlar. Retrograd dönüşümün ilerleyen evreleri hidroksilsiz mafik faz olan hipersten bileşimindeki ortopiroksenin hidrasyonu yolu ile ortadan kalkışı ve yerini hidroksilli fazlar olan biyotit ve hornblendin alması ile karakterize olmaktadır. Hidrasyon aşamasında oluşan yaygın faz biyotit-IF'dir. Bu mineral retrograd çarnokitlerde baskın ortopiroksen/biyotit I dokanaklarında ortopirokseni replase eder şekilde ve kordiyerit pseudomorf/ilmenit dokanağında ilmeniti kuşatan ve bir merkezden yayılan kuşaklar şeklinde gelişir. Bunun yanı sıra biyotit-IFlerin porfiroblastlar oluşturan graniitik evre ürünü biyotit-IFleri replase ederek de geliştikleri saptanmıştır. Ortopiroksenler, biyotit-IFlere dönüşümlerinin yanı sıra ender olarak amfiboller tarafından da replase edilmektedir. Bu tür dönüşümlerde hiperstenler feldspatlarla olan dokanaklarında yeşil hornblendden yapı bir zon ile çevrelenmekte, içeriye doğru ise poissentetik ikizlenmeleri ile tipik olan kummingtonitik ortoamfiboller gelişmektedir. Dokusal veriler, sillimanit oluşumlarının en son evrede ortaya çıktıklarını göstermektedir. Fibrolitik karakterli sillimanitler kordiyeritten dönüşme topluluk içerisinde ağimsı yapılarda, biyotit-IFleri replase eden "biyotit-II+sillimanit" topluluğu şeklinde ve feldspat/feldspat/kuvars dokanaklarında saçörgüsü yapılarında gözlenmektedir.

Metaonalit: Metatonalitlerde gözlenen granulit fasiyesi metamorizmasına ait topluluk "Ortopiroksen (hipersten+Hortoklas+fSillimanit+fKuvats+Plajiyoklas+Biyotit-Ilmenit+RutiP olarak saptanmıştır (Çizelge 1). İri kristalli granoblastik dokunun gözleendiği bu kayalarda çarnokitlerdeki benzer şekilde plajiyoklaslar yaygın antipertitik yapılar içermektedir. Metatonali Üerdeki retrograd dönüşüm ortopiroksenlerin ortadan, kalkışı ile simgelenmektedir. Hipersten bileşimindeki (En 50-56) ortopiroksenler ilk aşamada çarnokiüere benzer bir şekilde bir granat koronası ile çevrelenmekte ileriki evrelerde ise "Biyotit-II+Amfibol (hornblend+Kummingtonit)+Kuvats+Granat"tan yapı bir topluluk tarafından replase edilmiştir (Şekil 5/B).

Ortopiroksen Gnays: Petrografik gözlemlerde Tire yöresindeki orto kökenli gnaysların içerisinde ender olarak

ortopiroksenlerin varlığı saptanmıştır. Yer yer 4-5 cm boyutlarına ulaşabilen ortoklas gözleri içeren bu kayada yaygın mortar doku gelişmiştir (Şekil 5/C). Gnaysların mineralojik bileşimleri "Kuvars+Plajiyoklas+Ortoklas+Biyotit-fGranat+Ortopiroksen+Sillimanit+Allanit/Epidot" olarak belirlenmiştir (Çizelge 1). Bu kayaların masifin hemen her yerinde gözlenen gnayslardan ayırımı yararlanılabilecek temel veri ortopiroksen içermelidir. Yüksek amfibolit fasiyesi koşullarında gerçekleşen retrograd metamorfizma bu kayadaki En 43-47 bileşimindeki (demirli hipersten) ortopiroksenlerin biyotit tarafından replasınanma neden olmuştur. Ortopiroksenler ilk aşamada çeperleri boyunca bir biyotit zarfı ile çevrelenmekte daha sonra ise tümüyle, ince taneli biyotit-IF den yapı topluluk tarafından tüketilmektedir. Ortopiroksenlerin bu şekilde kolaylıkla ve yaygın bir şekilde ortadan kalkışları Menderes Masifi 'nde ortopiroksen içeren gnaysların son derece ender olarak gözlenme nedenini açıkça ortaya koymaktadır.

Şekil 5. A) Çarnokitlerde gözlenen "sillimanit+biyotit+granat+Fe-Mg silikat(?)" tan yapı pseudomorf kordiyerit yuvaları (P-kord); B) Metatonalitlerde granulitik ortopiroksenlerin (Ps-oprx) biyotit+orto/klinopiroksen+granat+kuvars"tan yapı bir topluluk tarafından replasmanı; C) Gnayslarda gözlenen milonitik doku ve kalıntı ortopiroksen kristalleri; D) Ortopiroksen leptit-gnayslarda gözlenen poligonal-granoblastik doku; E) Leptit-gnayslarda gözlenen "Sillimanit+biyotit+granat+kuvars"tan yapı pseudo-kordiyerit yuvaları; F) Metagabbrolarda magmatik ortopiroksenlerin metamorfik ortopiroksenler (m-oprx) tarafından tümüyle replasmanı ve/veya kısmen kuşatılması. Çizgisel ölçek 200 mikron; A, E, F: Paralel nikol; B, C, D= Haç nikoller; Ps-Kord= Pseudo-Kordiyerit. oprx=Ortopiroksen, Ps-oprx= Pseudo-ortopiroksen, grn= Granat. Kf=K-feldspat, Q= Kuvars. Bio= Biyotit, Plj= Plajiyoklas. Amf= Amfibol; m-oprx= Metamorfik ortopiroksen.

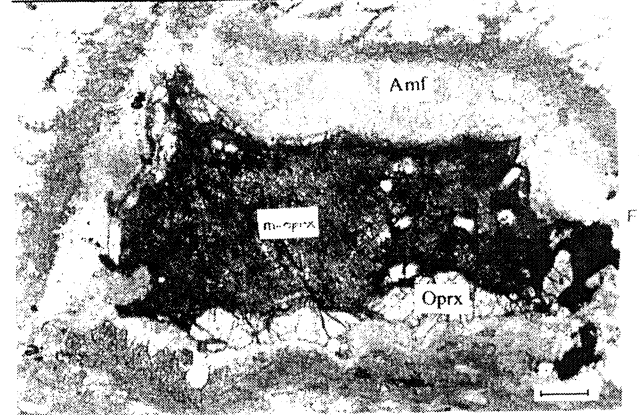
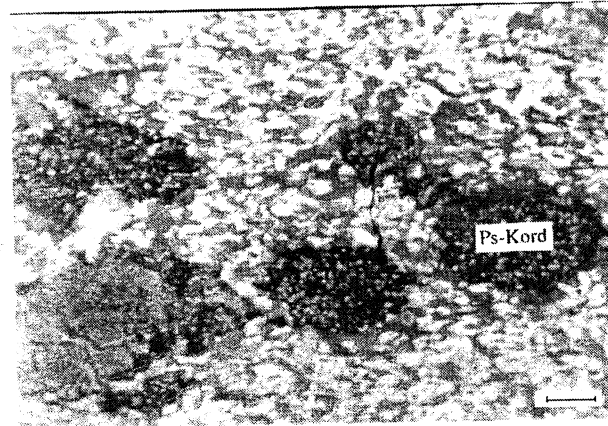
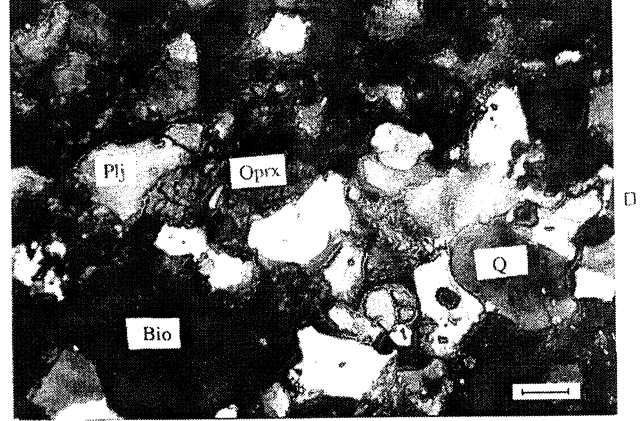
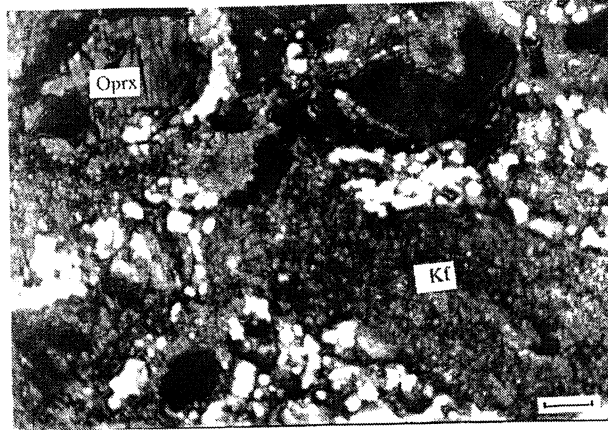
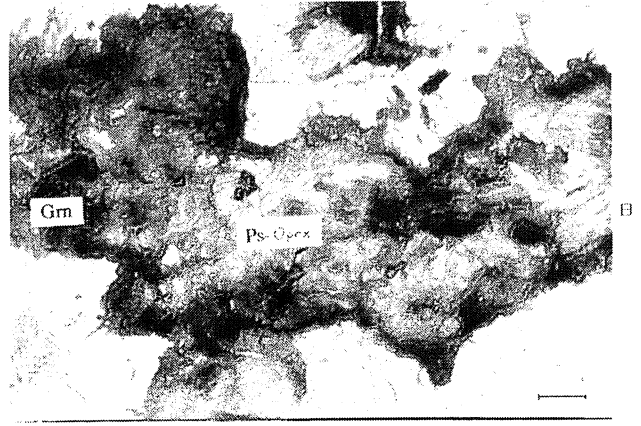
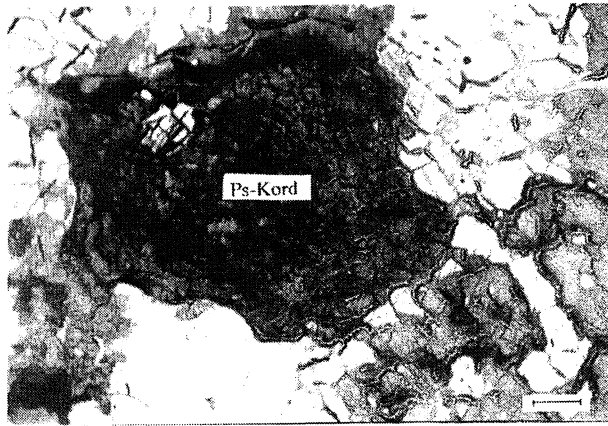
Figure 5. A) Pseudomorphic replacement of cordierite (Ps-kord) by "sillimanite+biotite+garnet+Fe-Mg silicate(?)" in charnockites; B) Replacement of the granulitic orthopyroxene (Ps-opx) by "biotite+orthoclinoamphibole+garnet+quartz"; C) Milonitic texture in the gneisses and relict orthopyroxene crystals; D) Granoblastic-polygonal texture in orthopyroxene leptite-gneisses; E) Pseudomorphic replacement of cordierite (Ps-kord) by "sillimanite+biotite+garnet+quartz" in leptite-gneisses; F) Igneous orthopyroxene which are completely replaced and/or partly rimmed by the metamorphic orthopyroxenes (m-oprx) in metagabbros. Bar is 200 micron; A, E, F: Plain polarized light, B, C, D: Crossed polar s, Ps-Kord-Spseudocordierite, oprx= Orthopyroxene, Ps-oprx= Pseudo-orthopyroxene, grn= Garnet, Kf= K-feldspar, Q= Quartz, Bio= Biotite, Plj= Plagioclase, Amf= Amphibole; m-oprx= Metamorphic orthopyroxene.

MENDERES MASİFİ'NDE GRANULİT, EKLOJİT VE MAVİ ŞİST KALINTILARI

Çünkü ortopiroksenin yokluğunda kayacın granülit metamorfizmasını karakterize edecek başka bir güvenilir veri kalmamaktadır.

Ortopiroksen leptit-gnays/pseudo-kordiyerit leptit-gnays: Ortopiroksen leptit-gnays ve kordiyerit leptit-gnayslar gerek makroskopik gerekse dokusal ve mineralojik bileşim açısından birbirlerine büyük benzerlik göstermektedir. Bu iki kayacın ayırımıdaki temel kriter ortopiroksenin varlığıdır (Çizelge 1).

"Kuvars+Plajiyoklas+Ortoklas+Biyotit-I-II+Granat-I-II+Ortopiroksen+ilmenit+Sillimanit+Pseudo-kordiyerit (?)" bileşimindeki ortopiroksen leptit-gnayslar yüksek sıcaklık metamorfizmasını yansıtan tipik ince/orta taneli poligonal-granoblastik doku ile karakterize olmaktadır (Şekil 5/D). Hipersten/demirli hipersten bileşimindeki ortopiroksenler büyük oranda genç biyotitlere dönüşmektedir. Bunun yanı sıra granülitik aşama ürünü biyotit-Flerin tüme yakın kesimi "biyotit-II+plajiyok-



las" simplektik büyümeleri ve sillimanit fibrolitleri tarafından replase edilmektedir. Kordiyerit pseudomorflarının ilmenitlerle olan dokanaklarında merkezden ışınal olarak çıkan, seçimli gelişmiş biyotit-II koronaları gözlenmektedir. Ayrıca ilmenit ve rutil çekirdek üzerine büyümüş genç granat kristalleri yaygındır.

Pseudo-kordiyerit leptit-gnaysların en tipik özellikleri boyutları 4x1 cm'ye ulaşabilen siyah veya yeşilimsi gri renkli mineral yuvaları içermeleridir (Şekil 5/E). Mikroskopik gözlemlerde eski bir minerale ait bu porfiroblastların "Muskovit+Biyotit+Kuars+Sillimanit+Granat" topluluğu tarafından replase edildiği belirlenmiştir. Genelde minerallerin düzensiz bir dağılım sundukları bu yuvalarda bazen merkezde özşekilli, polikristalen granat, onu saran "muskovit+kuvars" ara zonu ve "biyotit+sillimanit"den yapılmış dış zondan oluşan düzenli bir iç yapı da gelişebilmektedir.

Metagabro: Granulit fasiyesi metamorfizmasının masifin çekirdek serisine ait birimler içerisinde sokulmuş gabrolar üzerindeki etkileri son derece sınırlı gelişmiştir. Bu etkiler, bazı ilksel magmatik fazların metamorfik fazlar tarafından kuşatılması ve/veya replasmanı ve bu fazlar arasında gelişen korona yapıları ile karakterize olmaktadır. İlksel gabroyik kayaca ait parajenez "Klinopiroksen+Plajiyoklas+İlmenit±ortopiroksen+Olivin±Biyotit"dir (Çizelge 1). Bu fazlardan olivin ve ilmenitin plajiyoklas ile olan dengesi yüksek sıcaklık metamorfizması sırasında bozulmuş, olivin/plajiyoklas ve ilmenit/plajiyoklas dokanaklarında çok halkalı korono yapıları gelişmiştir. Olivin/plajiyoklas dokanağındaki tipik korona yapıları olivin içerisinde doğru En 74-76 bileşimindeki ortopiroksen, plajiyoklas içerisinde doğru ise Ca-amfibol+spinel simplektik büyümeli halkadan oluşmaktadır. Bu iki halka arasındaki sınır hacim-hacime replasmanı ortaya koyacak şekilde ilksel olivin/plajiyoklas sınırı ile çakışmaktadır. Bazı örneklerde plajiyoklas içerisinde uzanan dış zon ayrıca kısmi gelişmiş bir granat halkası ile çevrelenmektedir. İlmenit/plajiyoklas dokanaklarında birkaç farklı tür korona yapısı belirlenmiştir. Bunlardan en yaygını içte kahverengi, dışta ise yeşil hornblendten oluşanlarıdır. Bunların dışında, ilmeniti sarar şekilde içte kısmi gelişmiş biyotit dışta ise yeşil hornblend; içte hornblend+biyotit dışta ise granattan yapılmış korono yapılarının varlığı da gözlenmiştir.

Metagabrolarda bu metamorfizma ile ilgili diğer bir veri ilksel ortopiroksenlerin replasmanıdır. Özellikle Birgi kuzeyi Kestanelik dere mevki ve Çine yöresindeki birçok örnekte En 58-60 bileşimindeki magmatik ortopiroksenlerin yine ortopiroksenlerden yapılmış (En 55-58), ince taneli bir poligonal topluluk tarafından replase

edildiği ve bazen bu oluşuma ilksel ortopirokseni kısmen veya tamamen kuşatan metamorfik ortopiroksen oluşumlarının eşlik ettiği belirlenmiştir (Şekil 5/F). Metamorfik ortopiroksen olarak yorumlanan bu piroksenlerin alüminyum miktarları granulitik kökeni destekler şekilde magmatik ortopiroksenlerden daha yüksektir (% 3.75). Bunların yanı sıra yine magmatik piroksenlerin ilksel kristal formlarına sadık kalacak şekilde diopsit ve augitten yapılmış simplektik bir topluluk tarafından replase edildiği gözlenmiştir (Candan 1996a/b). Ortopiroksenlerde gözlenen bu yapılar sözkonusu mineralin granulit fasiyesi koşulları altında rekristalize olarak yeniden dengelemesi olarak yorumlanmıştır (Candan 1995).

II-Eklojit fasiyesi metamorfizması

Çekirdek serisi içerisinde gözlenen yüksek basınç metamorfizmasına ait veriler doğrudan metagabrolarla bağlantılı eklojit oluşumları ile sınırlıdır. Metagabrolarda, I) *Magmatik evre*, II) *Eklojitik Evre (Yüksek basınç metamorfizması)* ve III) *Retrograd evre (Orta basınç metamorfizması)*'lere ait mineralojik ve dokusal dönüşümlerin tüm aşamaları açıkça izlenebilmektedir. Yukarıda, gabroları etkileyen granulit fasiyesi metamorfizmasının bu kayaçlarda sınırlı mineral oluşumlarına neden olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle aşağıda eklojit fasiyesi metamorfizmasının sadece ilksel magmatik fazlar üzerindeki prograd ve Barrow türü metamorfizmanın eklojit üzerindeki retrograd etkilerine ait dokusal veriler açıklanmaktadır. Şekil 6'da bu dönüşüm evrelerine ait fazların ortaya çıkış ve kayboluşları bir şema şeklinde sunulmaktadır.

I) Magmatik evre: Baskın kaya türü orta/iri kristalli gabro olup yer yer olivinli gabro, gabro-norit ve norit bileşimine kaymaktadır. "Plajiyoklas (An 48-60)+Klinopiroksen (Diyopsit)+İlmenit±Olivin±Ortopiroksen±Biyotit" bileşimindeki (Çizelge 2) bu kayaçlarda plajiyoklas kümülatları ve piroksen±olivin inter kümülatlarından yapılmış subofitik doku yaygındır (Şekil 7/A). Çoklu metamorfizmadan etkilenmelerine karşın özellikle büyük boyutlu gabro stoklarının çekirdek kesimlerinde ilksel magmatik kayaca ait dokusal özellikler ve mineralojik bileşim son derece iyi korunmuştur. Buna karşın deformasyonun etkin olduğu çeper kesimlerinde ve iç makaslama zonlarında belirgin penetratif deformasyon gelişmekte ve ilksel magmatik fazlar yüksek basınç ve/veya orta basınç metamorfizmasına ait mineraller tarafından kısmen replase edilmektedir.

II) Eklojitik evre (Yüksek Basınç Metamorfizması): Gabro-eklojit dönüşümünün ilk evresi gabroik kayaca ait minerallerin yüksek basınç fazları tarafından pseudomorfik replasmanı ile karakterize olmaktadır. Dünyada-

MENDERES MASİFİ'NDE GRANULİT, EKLOJİT VE MAVİ ŞİST KALINTILARI

	MAGMATİK AŞAMA Magmatic stage	EKLOJİTİK AŞAMA Eclogitic stage	RETROGRAD AŞAMA Retrograde stage		
			A	B	C
PLAJİYOKLAS / Plagioclase	██████████		██████████ An 6-10	██████████ An 19	██████████ An 15-22
ORTOPIROKSEN / Orthopyroxene	██████████				
KLİNOPIROKSEN / Clinopyroxene		██████████ I	██████████ I	██████████ II	
OLİVİN / Olivine	██████████				
İLMENİT / Ilmenite	██████████				
SFEN / Sphene				██████████	
RUTİL / Rutile		██████████			
GRANAT / Garnet		██████████	██████████	██████████	██████████
DİSTEN / Kyanite		██████████			
Ca-AMFİBOL / Ca-amphibole			██████████	██████████	██████████
BİYOTİT / Biotite			██████████ I	██████████ I	██████████ II
EPI / ZOİ / KLİNOZOİ					██████████
BEYAZ MIKA / White mica			██████████	██████████	
KUVARS / Quartz			██████████	██████████	

Şekil 6. Menderes Masifi'ndeki çekirdek serisi içerisinde gözlenen yüksek basınç kayaçlarında magmatik, eklojitik ve retrograd evrelere ait mineral topluluklarının şematik gösterimi.

ki birçok örneğe benzer aşamalar izleyen (Miller 1974; Mork 1985; Indares 1993) bu dönüşüm ana hatlarıyla şu şekilde özetlenebilir; *i) Kümülsüz faz olan plajiyoklasların granat tarafından replasmanı*: Bu olay ilk aşamada magmatik fazların plajiyoklas içerisine doğru gelişen granat halkalarıyla çevrelenmesiyle başlamakta ve plajiyoklasın ilksel formuna sadık kalacak şekilde polikristallen granatlar tarafından tümüyle replasmanı son bulmaktadır, *ii) interkümülsüz faz olan eklojitik kinopiroksenlerin omfasit tarafından replasmanı*. Geçiş kayası olarak adlandırılacak bu kayaçlarda ilksel magmatik fazın subofitik doku çoğu kesimlerde son derece iyi korunmaktadır (Şekil 7/A).

Tümüyle eklojite dönüşmüş örneklerde gabroya ait kalıntı doku ve fazlar (ilmenit hariç) tamamen ortadan kalkmaktadır. Orta taneli bu kayaçlarda tümüyle yeniden kristalleşmiş, granoblastik doku gözlenmektedir. Eklojitik evre "Klinopiroksen-I + Granat + Rutil ± Dişten" topluluğu ile temsil edilmektedir (Çizelge 2). Tire yöresindekilerin daha taze olmalarına karşın hemen tüm eklojit örneklerinde orta basınç Barrow metamorfizmasının retrograd etkileri belirgin bir şekilde izlenmektedir. Eklojitik aşama ürünü klinopiroksenlerde jadeyit bileşeni %20-25 mol arasında değişmekte olup mineraller omfasit alanında kümelenmektedir. Paralel nikollerde pembemsi renkleriyle karakterize olan bu evre granatla-

Figure 6* Schematic paragenetic diagram illustrating mineral assemblages of the igneous, eclogitic and retrograde stages of the high-pressure rocks in the core series of the Menderes Massif.

rı ise genelde özşekilsiz olup "Alm+Sps 61.2-Prp 13.5-Grs+And 25.3" bileşimindedir.

///) Retrograd evre (Orta Basınç Metamorfizması):

Geri dönüşüm evresinde yaygın makaslanma bandlarının gelişimi nedeniyle hemen hemen tüm eklojit örneklerinde incekesit boyutunda bile değişim sunan korunmuş taze ve ileri derecede dönüşmüş kesimler birarada bulunabilmektedir. Oberhänsli ve diğ. (1996) da detaylı olarak tanımlanan eklojit-amfibolit dönüşümüne ait temel mineralojik ve dokusal değişimler şu şekilde özetlenebilir:

- 1) Omfasitin "Klinopiroksen+Plajiyoklas"tan yapıli simplektik topluluk tarafından replasmanı.
- 2) Granatların "Hornblend+Plajiyoklas"dan yapıli kelifitik zonlar tarafından kemirilmesi ve/veya retrograd evre ürünü genç granat zonları tarafından çevrelenmesi.
- 3) Ti-fazları arasında gelişen korona yapıları.

Na-klinopiroksenin simplektik bir topluluk tarafından replase edilmesi dünyadaki hemen hemen tüm eklojit sahalarında gözlenen temel retrograd dönüşüm verisidir (Ernst 1977; Droop 1983; Rahn 1991). Menderes Masifi eklojitlerinde bu dönüşümün ilk aşamasında omfasitik piroksen "Klinopiroksen-II (Jd 6-18)+Plajiyoklas-II (A 6-10)"dan yapıli bir poligonall agregat tarafından kuşatılmakta ve bunu izleyen evrede önceki tüm piroksenler "Klinopiroksen-III+Plajiyoklas-III (An 15-22)"den yapıli, simplektik büyümeli bir topluluk tarafu-

Çizelge 2. Menderes Masifi'nin çekirdek ve örtü serileri içerisinde gözlenen yüksek basınç metamorfizması ve bunlardan geri dönüşüm yoluyla oluşmuş kayalara ait modal analiz değerleri.

Table 2. The model analyses of the high-pressure and retro-grated rocks from the core and cover series of the Menderes Massif.

		ÇEKİRDEK SERİSİ				ÖRTÜ SERİSİ				
		Metagabro	Eklojit	Granatlı amfibolit	Smaragdit-omfasit metagabro	Flaser metagabro	Eklojit	Omfasit-epidotit	Amfibolit	Mavi şist metabazit
		156	73	317/4	91/18	95/13	95/09	95/21	95/8	95/33-2
PLAJİYOKLAS		36	4	27	-	16	-	-	32	8
KLİNOPIROKSEN	(i)	34	-	-	8	-	-	-	-	-
	(m)	-	22	-	19	-	68	34	-	-
	(s)	-	29	-	-	-	-	2	-	-
ORTOPIROKSEN	(i)	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	(c)	3	-	-	-	-	-	-	-	-
OLİVİN		5	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca-AMFİBOL		8	18	48	34	34	1	-	38	6
Na-Ca AMFİBOL		-	-	-	-	-	-	-	-	12
Na-AMFİBOL		-	-	-	-	-	-	-	-	46
AMF+SPN	(c)	4	-	-	-	-	-	-	-	-
SMARAGDİT		-	-	-	11	-	-	-	-	-
BİYOTİT		2	2	5	-	-	-	-	-	-
GRANAT		E	21	11	-	-	11	-	E	-
BEYAZ MİKA		-	2	E	-	-	-	-	-	2
KLORİT		-	-	-	-	4	-	-	-	E
EPİDOT		-	E	2	5	8	6	17	19	19
ZOİ/KLİNOZOİSİT		E	E	6	23	37	12	44	8	-
İLMENİT		2	E	-	-	-	E	-	E	-
RUTİL		-	2	E	E	-	E	-	1	-
SFEN		-	E	1	E	1	-	2	2	E
KUVARS		-	-	E	-	-	-	-	-	6
APATİT		-	-	E	-	-	-	3	-	-
ZİRKON		E	E	E	-	-	-	-	-	-
OPAK MİN.		-	-	-	-	-	-	-	-	1

NOT: 91/18, 95/8 nolu örnekler Şirince kuzeyi Yılanlı Tepe; 95/09, 95/21 nolu örnekler Şirince batısı; 95/33-2 nolu örnek Dilek Yarımadası; 156, 73, 317/4 örnekler Tire yöresinden alınmıştır [i= Magmatik; m= Metamorfik (yüksek basınç metamorfizması); s= Simplektik (Retrograd metamorfizma); E= Eser, c= Korona (Yüksek sıcaklık metamorfizması) oluşumlarını ifade etmekte].

Şekil 7. A) Çekirdek serisindeki gabro-eklojit dönüşümüne ait geçiş kay açlarında gözlenen kalıntı magmatik doku. Kümüllü faz olan plajiyoklaslar granat; interkümüllü faz olan piroksenler ise omfasitler tarafından replase edilmekte; B) Pan-Afrikan eklojitlerinde retrograd dönüşüm sırasında granatın kelifitik halkalar tarafından resobsiyonu; C) Smaragdit-omfasit metagabro-eklojit geçişi. Ojit bileşimde magmatik piroksenler poligonal omfasit topluluğu tarafından tüketilmekte, ilksel plajiyoklaslar ise tümüyle zoisit tarafından replase edilmekte; D) Omfasit+granattan yapı, tümüyle korunmuş tersiyer yaşlı eklojitlerin mikroskopik görüntüsü; E) Tersiyer yaşlı mavi şist metabazitlerinde barroisite dönüşüm gösteren krossit kristalleri; F) Metakonglomeralarda gözlenen disten+kloritoid topluluğu. Çizgisel ölçek 200 mikrondur. A,C= Haç nikoller; B, D, E, F= Paralel nikoller. Grn= Granat, Omf= Omfasit, Simp= Simplektit, Hb= Hornblend, Au= Ojit, Sm= Smaragdit, Amf= Amfibol, Krs= Krossit, Act= Aktinolit, ep= Epidot, Klod= Kloritoid, Ky= Dişten.

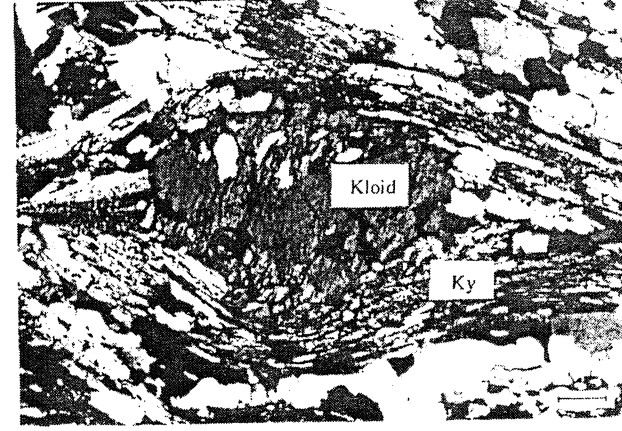
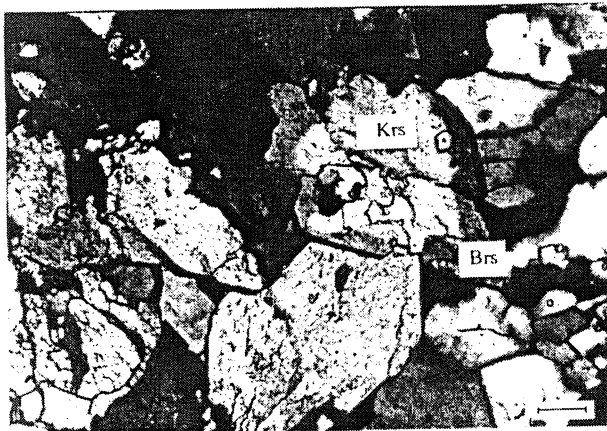
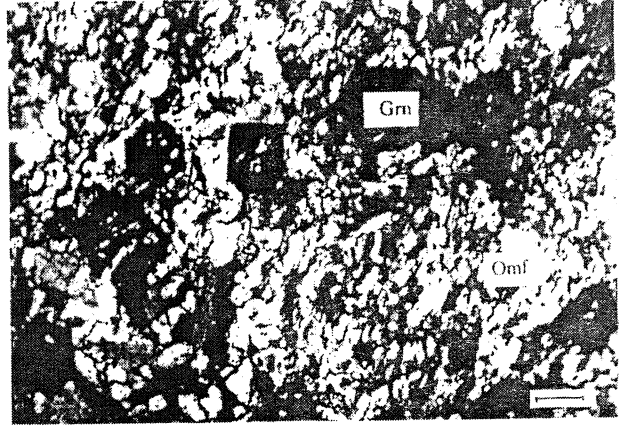
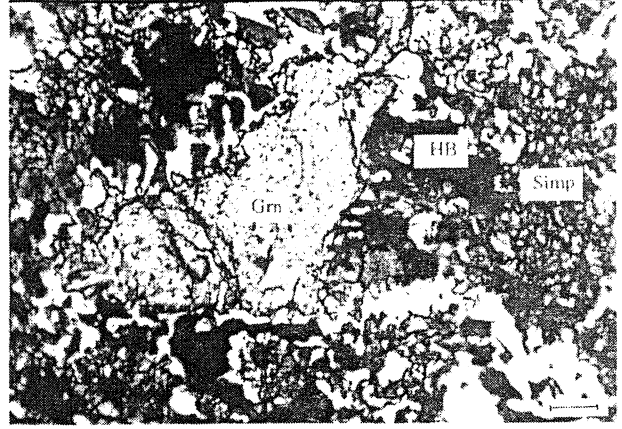
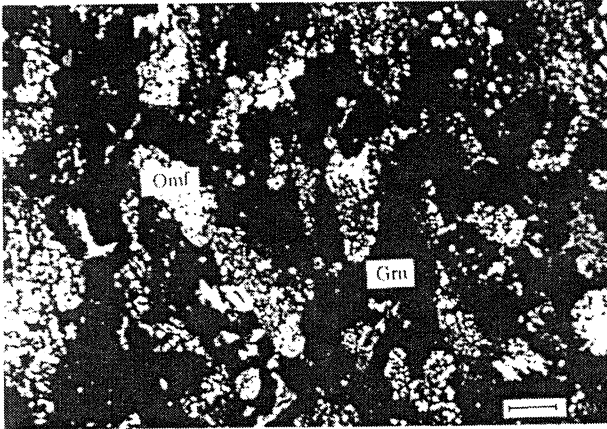
Figure 7. A) Relic igneous texture in the transition rocks from gabbro to eclogites in the core series. Cumulus plagioclase laths and intercumulus pyroxenes are replaced by garnet and omphacite respectively; B) Resorption of the garnets by the kelifitic zones during the retrograde stages in the Pan-African eclogites; C) Transition from gabbro to eclogite in smaragdite-omphacite metagabbro. The igneous augite and plagioclase are replaced by polygonal aggregates of omphacite and zoisite respectively; D) Photomicrograph of the completely fresh Tertiary eclogites composing of omphacite and garnet; E) Crossite crystals replaced by barroisitic amphiboles in the Tertiary blueschist metabasites; F) Kyanite+chloritoid assemblage in metaconglomerate. Bar is 200 micron; A, C= Crossed polar s; B, D, E, F= Plain polarized lights. Grn= Garnet, Omf= Omphacite, Simp= Symplectite, Hb= Hornblende, Au= Augite, Sm= Smaragdite, Amf= Amphibole, Krs= Crossite, Act= Actinolite, ep= Epidote, Klod= Chloritoid, Ky= Kyanite.

MENDERES MASİFİ'NDE GRANULİT, EKLOJİT VE MAVİ ŞİST KALINTILARI

dan tüketilmektedir. Son derece ince taneli bir zemine sahip bu aşama kayaçları amfibolitik eklojit olarak adlandırılmaktadır. Eklojiülerin tümüyle geri dönüşümleri tüm piroksenlerin (Cprx-I, II ve Hl) önce ufak, yeşil renkli Ca-amfiboller tarafından replase edilmeleri ve bunu izleyen evrede gerçekleşen rekristalizasyon sonucu bu amfibollerin belirgin tercihi yöneline sahip, bireysel

iri amfibol kristallerine dönüşümleri ile tamamlanmaktadır. Ortaya çıkan kayaç "plajiyoklas + Ca-Amfibol + Granat + Biyotit + Beyaz mika + Sfen / Rutil / İlmenit + Epidot + Zoisit / Klinozoisit ± Zirkon ± Apatit ± Kuvarstan yapıları granaü amfibolitlerdir (Çizelge 2).

Granatların "HornblendePlajiyoklas"dan yapıları kelifitik zonlar tarafından kemirilmesi (resorpsiyonu)



omfasitin replasmanı olayları ile aynı evrede gerçekleşmektedir. Bu yapıda, ortada yer alan granat kristali, bir merkezden ışınal olarak çıkan "Hornblend+Plajiyoklas" simplektik büyümeli kelifitik zon tarafından çevrelenir. Zonun kalınlığı ileriki evrelerde artmakta ve sonunda tüm granatın tüketilmesi ile son bulmaktadır. Genelde, granatı tüketen bu simplektik halka ile omfasitten türeme simplektik zemin arasında iri amfibol kristallerinden yapıli, kısmen gelişmiş bir ara zon gözlenmektedir (Şekil 7/B). Eklojitlerin yanı sıra granulitlerde de gözlenen bu tamamlanmamış hızlı reaksiyonlara ait dokusal veriler retrograd aşamada gerçekleşen ani basınç düşmesini karakterize etmektedir (De Wit ve Strong 1975; Lappin ve Smith 1978; Baker 1986; Wilkerson ve diğ. 1988). Granatlarda retrograd dönüşüm evresinde gerçekleşen diğeri bir değışim eklojitik çekirdek üzerine gelişen zonal büyümelerdir. Genelde pembemsi renkleriyle diğeri aşama granatlarından ayırtedilebilen eklojitik aşama ürünü granatlar (Grn-I), önce mikrokristalen kuvars inklüzyonlarınca son derece zengin bir ara zon (grn-II) ile çevrelenmekte, en dışta ise inklüzyonsuz, düzgün kristal yüzeylerine sahip son evre ürünü granatlar (GrnIII) gelişmektedir. Bunların yanı sıra dönüşüm kay açlarında retrograd evrede çekirdekleşmiş, özellikle amfibol ve plajiyoklaslarla birarada gözlenen tümüyle özşekilli ufak, bağımsız granat kristali de bulunmaktadır.

Titanyumlu fazlar, prograd ve retrograd dönüşüm evrelerini simgeleyen son derece tipik korona yapıları sunmaktadır. Bu oluşumda merkezde yer alan, ilksel magmatik kayaca ait ilmenitler prograd dönüşüm sırasında eklojitik evre ürünü rutiller tarafından çevrelenmekte, retrograd aşamada ise en dışta bir sfen halkası oluşmaktadır (Ernst 1976; Cortesogno ve diğ. 1977; Maggetti ve Galetti 1988; Rahn 1991). Menderes Masifi'nde Pan-Afrikan çekirdek serisine ait gerek eklojit gerekse eklojitten dönüştükleri arazi ve petrografik çalışmalarla net olarak saptanan amfibolitler içerisinde bu tür dokusal oluşumlara yaygın olarak rastlanmaktadır.

Tersiyer yaşlı yüksek basınç metamorfizması

Günüze değin Menderes Masifi 'nde Akhisar/Gölmarmara ve Selçuk-Kuşadası-Davutlar çevresinde yüzlek veren örtü serisine ait kayalar içerisinde saptanmış kalıntı yüksek basınç metamorfizması verileri i) *Metaolistostromal birime ait klorit-albit şistten yapıli bir matriks içerisinde yüzen yüksek basınç blokları*; ii) *Mermer/şist ardalanmalı seri içerisinde gözlenen krossitik amfibol kapsayan mavi şist metabazit ve metasedimentleri ve*, iii) *"Kloritoid + Dişten " parajenezini içeren metaçahlaşlarından* yapılidir.

Yüksek basınç blokları: Metaolistostromal birim içerisinde belirlenen belli başlı yüksek basınç blokları *"eklojit, omfasit-epidotit, zoisit metagabro, Ti-metagabro, smaragdit-omfasit metagabro"lordan* yapılidir. Şirince kuzeyinde, Yılanlı Tepe mevkiindeki şiddetli deformasyona uğramış, kuvvetli foliasyona sahip metaserpantinlerin eşlik ettiği bir yüksek basınç bloğunda gabro-eklojit-amfibolit dönüşümüne ait tüm evreler net olarak izlenebilmektedir. İlksel magmatik fazların büyük çoğunluğunun zoisit ve omfasit tarafından replase edildiği, deformasyonda az etkilenmiş gabroik çekirdekte iri taneli subofitik doku açıkça izlenebilmektedir. Dokusal veriler gabro-eklojit-amfibolit dönüşümünün aşağıda özetlendiği şekilde çekirdek serisindeki oluşumlara benzer aşamaları izlediğini ortaya koymuştur.

1) *Magmatik Evre:* Kalıntı faz ve replasman dokularına dayanarak gabroik protolitin "Klinopiroksen (ojit) + Ca-plajiyoklas + İlmenit"ten yapıli sade bir mineralojik bileşime sahip olduğu belirlenmiştir. Korunmuş gabroyik çekirdekte kümülüs plajiyoklas ve interkümülsü klinopiroksenden yapıli, kısmen yönlenmiş orjinal subofitik doku gözlenmektedir. Az deforme olmuş kesimlerde gabro, % 10 oranına kadar ulaşabilen kalıntı klinopiroksen ve ilmenit kapsamaktadır.

2) *Yüksek basınç metamorfizmasına ait dokusal ve mineralojik değışmeler:* Eklojitlere geçişin ara terimini simgeleyen smaragdit-omfasit metagabrolarda yüksek basınç metamorfizmasına bağıli gelişen yapılar, i) *Magmatik piroksenlerin sodik klinopiroksen*, ve ii) *Ca-plajiyoklasların epidot grubu mineralleri tarafından replasmanı* olmak üzere iki ana grup altında toplanabilir. Ojit bileşimindeki orjinal klinopiroksenler dönüşümün ön aşamalarında çeperleri boyunca önce kuşaklar şeklinde ince/orta taneli, poligonal karakterde omfasitler tarafından kuşatılmakta ve daha sonra bu topluluk tarafından tümüyle replase edilmektedir (Şekil 7/C). Magmatik piroksenlerin ilksel mineral sınırları içerisinde gelişen bu reaksiyon, opak mineral eksolüsyonlarının eşlik ettiği kesiksiz bir yerini alma olayını simgelemektedir. Gabroyik protolite ait bazik plajiyoklaslar bu geçiş kay açlarında duraylılıklarını yitirip tümüyle epidot grubu mineralleri tarafından replase edilmektedir. Baskın mineral zoisit olup buna ender olarak klinozoisit ve epidot da eşlik etmektedir. Bu geçişin ileri aşamalarına kadar, orjinal fazların tümüyle replase edilmelerine karşın ilksel minerallere ait kristal formları ve orjinal magmatik doku iyi korunabilmektedir.

Poligonal agregatlar şeklinde gözlenen omfasitlerin rekristalizasyonu ile bireysel, iri omfasitlerin ortaya çı-

MENDERES MASİFİ'NDE GRANULİT, EKLOJİT VE MAVİ ŞİST KALINTILARI

kışı geçiş aşamasının ileri evrelerinde başlamakta ve dönüşüm eklojitlerin oluşumu ile tamamlanmaktadır. Menderes Masifi'ndeki en iyi korunmuş eklojitler olan bu kayalar % 70'in üzerinde omfasit (Jd 37), % 15 civarında zoisit/epidot ve % 15'den az oranda granat kapsamaktadır (Şekil 7/D). Bu yörede ayrıca eklojitlerle birarada bulunan ve % 60'in üzerinde epidot grubu mineralleri içeren kayalar omfasit-epidotit olarak adlandırılmıştır (Çizelge 2).

3) *Basınç düşmesine bağlı gelişen dokusal ve mineralojik değişimler*: Barrow türü orta basınç metamorfizmasının retrograd etkileri, sözkonusu yüksek basınç minerallerini kapsayan bloklarda net olarak izlenebilmektedir. Bu olayın sonucunda smaragdit-omfasit metagabrolar flaser/amfibolitik metagabrolara; eklojitler ise amfibolitlere yaygın dönüşüm göstermektedir. Smaragdit-omfasit metagabrolarda omfasit ve zoisitten yapıları yüksek basınç fazlarının smaragdit, tremolit, klorit ve albitten oluşan topluluklara dönüşümleri bu evrede gelişen penetratif deformasyonun şeddite ile doğrudan bağlantılıdır. Dönüşümün ilk evrelerinde omfasitler sınırlan boyunca smaragdite dönüşüm göstermektedir (Şekil 7/C). Bunu izleyen evrede ise kalıntı magmatik klinopiroksenin yanısıra, omfasit ve smaragditlerin tümü iri, bağımsız tremolit ve klorit kristallerine dönüşmektedir. Bu arada, yüksek basınç metamorfizması sırasında plajiyoklas replase eden zoisitler genç plajiyoklas kristalleri tarafından replase edilmektedir.

Örtü serisindeki eklojitlerden amfibolitlere retrograd dönüşüm klasik aşamalarla gerçekleşmektedir. Dönüşümün ilk aşamalarında omfasitik piroksen "Klinopiroksen+Plajiyoklas" simplektik büyümeli topluluk replase edilmekte; granatlar ise plajiyoklastan yapıları koronalar tarafından kemirilmektedir. Dönüşümün ileri evrelerinde tüm klinopiroksenler yerlerini bireysel, iri amfibol kristallerine bırakarak ortadan kalkmaktadır. Granatlı amfibolitlerin genel mineral bileşimleri ^MCa-Amfibol + Klorit + Albit + Epidot + Zoisit + Sfen + Rutil + İlmeni t" olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Granatlı amfibolit örneklerinin bir çoğunda kısmen kemirilmiş granatlar retrograd dönüşümün son evresinde büyük oranda kloritlere dönüşmektedir. Ayrıca rutiller sfenden yapıları halhalkalarla çevrenmektedir.

~~Mavi şist metabazitleri~~: Masifteki Na-amfibol içeren metabazitler Dilek yarımadasında zımpara yataklı mermer/fillit ardalanmalı seri içerisinde gözlenmektedir. Genelde "Klorit + Albit + Aktinolit + Barrovisif'den yapıları yeşil şist metabazitlerine yaygın dönüşüm gösteren bu kayaların korunmuş kesimlerinde, kuvvetli yönelim gösteren krossitik amfiboller % 70 oranına ulaşmaktadır. Mavi şist metabazitlerinin genel mineral

bileşimleri "Krossit + Epidot + Albit + Fengit + Sfen + Kuvars" olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Koyu lacivert-mor renkli pleokroizmaya sahip krossitler retrograd etkiler sonucu koyu yeşil renkli kuşaklar şeklinde önce banoyisit daha sonra ise aktinolit ve kloritlere dönüşmektedir (Şekil 7/E).

Klorit ovid + Pisten topluluğu içeren metacakıltasla-m Selçuk-Kuşadası yöresinde, Mesozoyik serinin alt düzeylerinde birçok lokasyonda metacakıltasları yüzlek vermektedir. Bu kayalardaki gözlü yapı, deformasyona uğramış polikristalin kuvarsit çakıllarından kaynaklanmaktadır. Sözkonusu kayaların fillitik matrislerindeki kalıntı yüksek basınç metamorfizması parajenezleri aşağıda verilmektedir (Şekil 1/F):

Kloritoyid + Dişten + Beyaz mika (+Kuvars)

Kloritoyid + Dişten + Beyaz mika + Epidot (+Kuvars)

MİNERAL KİMYASI

Klinopiroksen

Çekirdek serisine ait Pan-Afrikan yaşlı eklojitler içerisinde en iyi korunmuş sodik klinopiroksen kristalleri (Cprx-I) Tire yöresindeki örneklerde saptanmıştır. Buna karşın Birgi, Salihli ve Alaşehir yörelerindeki kristallerin büyük çoğunluğu "Cprx-II+Plajiyoklas"dan yapıları agregatlar ve/veya "Cprx-III+Plajiyoklas" simplektik büyümeli topluluk tarafından replase edilmiştir. Birgi ve Tire yörelerinden Cprx-I ve Cprx-IFlere ait tipik analizler Çizelge-3'de verilmektedir. Essene ve Fyfe (1967) tarafından Na-piroksenlere özgü Akmit-Jadeit-Ojit üçgeninde Cprx-I analizlerinin omfasit alanında yoğunlaşmış, retrograd aşama ürünü cprx-IFlerin ise Na-ojit alanına doğru kaydıktan açıkça görülmektedir (Şekil 8/A). Tire yöresindeki Cprx-I analizlerinde saptanan en yüksek jadeit oranı % 27 olup ortalama üç üye değerleri % 17 mol akmit, % 61 mol ojit ve % 22 mol jadeittir. Bu yöredeki retrograd aşama ürünü Cprx-II analizlerinde Na'un bir kısmının yeni oluşan albite bağlanması nedeniyle jadeit bileşeni düşmekte, buna karşın augit üyesi yükselmektedir. Tire yöresindeki Cprx-IFlere ait ortalama üç üye değerleri Jd12 Acm 16 Aug 72; Birgi yöresindekiler ise Jd14.4. Acm 0.6 Aug 85'dir. Örtü serisindeki eklojitlerde yer alan omfasitler jadeit bileşenince daha zengindir. Ortalama % 2.6 mol akmit % 32 mol Jadeit % 65.4 mol ojit bileşiminde olan bu piroksenlerde jadeit bileşeni maksimum % 37'ye ulaşmaktadır (Çizelge 3).

Ortopiroksen

Masifin çekirdek serisi içerisinde, çarnokit, metatnalit, ortopiroksen gnays, ortopiroksen ve leptit-gnays-

Çizelge 3. Granulit ve eklojitlerde gözlenen karakteristik orto ve klinopiroksenlere ait analiz değerleri.

Table 3. Representative ortho and clinopyroxene analyses of granulites and eclogites.

	ÇEKİRDEK SERİSİ								ÖRTÜ SERİSİ			
	Granulit ORTOPIROKSEN				Eklojit KLİNOPIROKSEN				Eklojit KLİNOPIROKSEN			
	421/E	385	431	261/3	318/8	318/6	318/4	338/5	1/6	1/52	1/77	2/36
SiO ₂	49.82	50.19	47.79	50.58	52.32	51.79	51.65	51.66	55.62	55.56	55.35	55.62
TiO ₂	.18	.09	.15	.06	.19	.00	.01	.01	.13	.09	.25	.13
Cr ₂ O ₃	.11	.00	.19	.06	.04	.00	.01	.01	.04	.04	.09	.04
Al ₂ O ₃	3.38	.50	3.67	2.19	6.43	7.42	4.39	3.03	8.46	8.14	8.02	8.46
Fe ₂ O ₃	.00	2.11	1.31	1.56	6.54	4.89	5.96	6.36	.16	.31	.63	.16
FeO	28.78	30.02	31.23	25.73	5.54	4.80	4.58	4.62	6.69	6.41	6.26	6.69
MnO	.24	.96	.79	.43	.08	.08	.03	.07	.40	.31	.31	.40
MgO	16.84	15.82	13.98	15.05	7.74	8.73	10.15	11.08	8.81	8.93	8.85	8.81
CaO	.08	.65	.16	.22	15.48	16.88	18.65	17.95	15.65	15.95	16.04	15.65
Na ₂ O	.04	.02	.02	.02	5.06	4.31	3.32	2.55	5.13	5.06	5.07	5.13
K ₂ O	.00	.00	.01	.01	.01	.01	.01	.03	.00	0.0	.01	.00
Total	99.46	100.35	99.29	99.92	99.42	99.10	98.96	99.44	101.09	100.79	100.88	101.09

6 oksijen tabanına göre hesaplanmıştır.

Si	1.9222	1.9558	1.8887	1.9269	1.9443	1.9197	1.9330	1.9336	1.9934	1.9965	1.9903	1.9933
Ti	.0051	.0026	.0043	.0017	.0053	.0050	.0064	.0024	.0034	.0025	.0068	.0034
Cr	.0033	.0000	.0059	.0019	.0010	.0001	.0002	.0003	.0012	.0010	.0025	.0012
Al	.1539	.0227	.1710	.0982	.2817	.3243	.1939	.1339	.3574	.3449	.3398	.3574
Fe+3	.0000	.0620	.0390	.0448	.1829	.1364	.1678	.1792	.0044	.0083	.0172	.0044
Fe+2	.9286	.9781	1.0324	.8196	.1722	.1487	.1432	.1446	.2005	.1925	.1883	.2005
Mn	.0076	.0317	.0263	.0138	.0025	.0025	.0009	.0022	.0120	.0094	.0093	.0120
Mg	.9686	.9185	.8237	1.0818	.4290	.4826	.5660	.6180	.4704	.4785	.4741	.4704
Ca	.0032	.0271	.0069	.0091	.6163	.6705	.7477	.8000	.6008	.6139	.6179	.6008
Na	.0028	.0014	.0013	.0017	.3647	.3101	.2506	.1853	.3565	.3523	.3536	.3565
K	.0000	.0000	.0005	.0005	.0004	.0004	.0007	.0014	.0000	.0000	.0006	.0000

UÇ ÜYELER

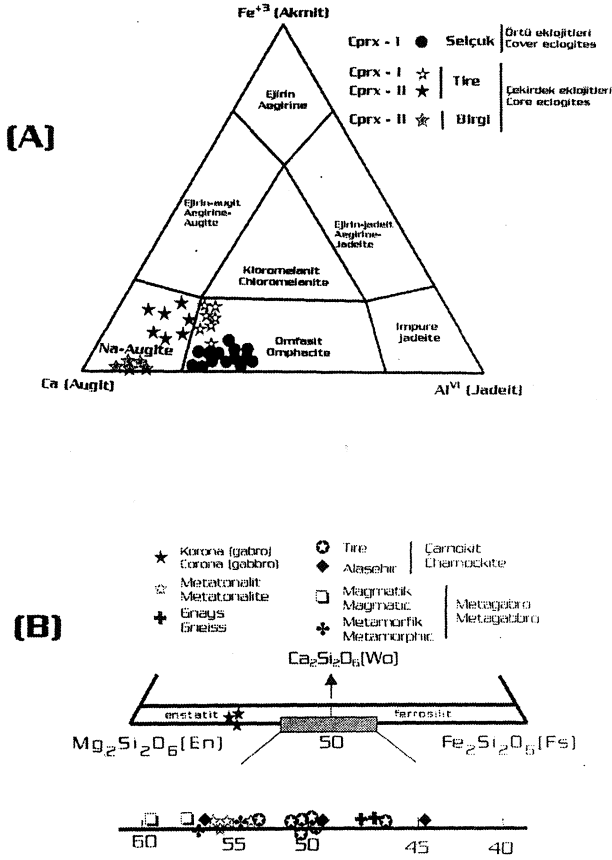
Woll.	.2	.3	.0	.0	Ac 18	13	15	17	1	1	2	1
Enst.	50.9	48.2	44.39	56.88	Jd 22	23	12	6	37	35	35	37
Ferrosil	48.9	51.5	55.60	43.1	Au 60	64	71	77	62	64	63	62

NOT: Granulit örnekleri: 421/E= Çarnokit, 385= Ortopiroksen gnays, 431= Ortopiroksen leptit-gnays, 261/3= Metatonalit; Eklojit örnekleri: 318/8, 318/6; 1/6, 1/52, 1/77, 2/36= Eklojitik evre (cpx-I), 318/4, 318/5= Retrograd evre (cpx-II).

larda gözlenen kalıntı ortopiroksenlere ait karakteristik analiz sonuçları Çizelge 3'de, bu analizlerin ortopiroksenlere ait En-Fs-Wo diyagramındaki (Morimoto 1988) konumları ise Şekil 8/B'de verilmektedir. Tire yöresinde yüzlek veren çarnokitlerdeki ortopiroksenlerde enstatit bileşeni En 46-54 arasında değişmekte olup En 50-52 = Hipersten alanında yoğunlaşmaktadır. Benzer şekilde

Birgi yöresindeki metatonalitlerdeki ortopiroksenler de granulit fasiyesi metamorfizmasını karakterize edecek şekilde En 54-58= Hipersten bileşimindedir. Buna karşın bazı granulitik kayaçlardaki ortopiroksenlerin demir içerikleri biraz daha yüksek çıkabilmektedir. Örneğin Alaşehir yöresindeki migmatitleşmiş leptit-gnayslardaki ortopiroksenler En 44-58= Hipersten/demirli hipesten;

MENDERES MASIFI'NDE GRANULİT, EKLOJİT VE MAVİ ŞİST KALINTILARI



Şekil 8. A) ^ ekirdek ve örtü serisine ait eklojitlerdeki klinopiroksenlerin Essene ve Fyf (1967) tarafından önerilen jadeit-akmit-ojit diyagramındaki konumları. B) Granulitlerdeki ortopiroksenlerin Morimoto (1988) tarafından önerilen enstatit-ferrosilit-wollastonit üçgenindeki yerleri.

Figure 8. Classification diagrams of A) Acmite-jadeite-augite after Essene and Fyf (1967) for clinopyroxene of the eclogites from core and cover series and, B) Enstatite-ferrosilit-wollastonite after Morimoto (1988) for the orthopyroxene of the granulites.

Tirede'deki ortopiroksen gnayslardaki piroksenler ise En 47-48= Demirli hipersten bileşimindedir. Metagabrolardaki magmatik ortopiroksenlerin granulit fasiyesi metamorfizmasına ait ortopiroksenlerden ayrımında yararlanılan diğer bir veri Al_2O_3 değerleridir. Menderes Masifi'ndeki metagabrolarda magmatik kökene sahip ortopiroksenlerde Al_2O_3 değeri ortalama 1.04 dolaylarında bulunurken bu değer metatonalitlerde 2.36; çarnokitlerde 3.37, ortopiroksen leptit-gnayslarda ise 3.75 dolayındadır. Bu minerallerdeki yüksek Al_2O_3 değerleri

dünyadaki birçok granulit sahasmdakilere paralellik gösterecek şekilde (Janardhan ve diğ. 1982; Savage ve Sill 1980) sözkonusu ortopiroksenlerin granulit fasiyesi koşullarında gerçekleşen bir metamorfizma ürünü olduklarını desteklemektedir.

Granat

Özellikle dokusal veriler, granulit fasiyesi metamorfizması ve bu kayalarda yüksek amfibolit fasiyesi koşullarında gelişen retrograd dönüşüm ürünü granatların ayrımını mümkün kılmaktadır. Granulitik fazlar çevresinde gelişen granat koronaları ve granulitik aşama granatlarına ait tipik analiz değerleri Çizelge 4'de; bu minerallerin üçgen diyagramlardaki konumları ise Şekil 9/A'da verilmektedir. Granulitik aşama granatlarının (Grn-I) ortalama bileşimleri $Aln\ 71-Sps\ 3-Prp\ 24-Grs\ 0.05-And\ 2$; bunları kuşatan genç granatların (Grn-II) bileşimleri ise $Aim\ 60-Sps\ 2-Prp\ 18-Grs\ 16-And\ 4\ Mir$. Bu iki ayrı jenerasyon arasındaki en belirgin fark Aln ve Grs uç üyelerinde görülmektedir. Ca oranındaki bu belirgin değişim, Grn-II oluşum reaksiyonuna çevre minerali oluşturan plajiyoklasların katıldığını göstermektedir. Plajiyoklasların benzer etkisi ortopiroksen ve biyotit-Fleri çevreleyen genç granat koronalarında da gözlenmektedir. Zonlu bir yapıya sahip bu minerallerde iç halkalarda grossular üyesi $Grs=2.5-3.7$ arasında değişirken dış halkalarda bu değer $Grs\ 14.6$ 'ya ulaşmaktadır. Grn-I'ler arasında en yüksek pirop değerine ($Prp\ 29-33$) kordiyeritten dönüşme pseudomorfik topluluk içerisinde rastlanmaktadır. Bu granatlardaki pirop üyesinin yüksekliği ilksel kordiyeritin Mg 'ca zengin bileşene sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Menderes Masifi'nin çekirdek serisi içerisinde Tire ve Birgi yörelerinde gözlenen eklojitlere ait karakteristik granat analiz değerleri Çizelge 4'de, analizlerin üçgen diyagramdaki yerleri ise Şekil 9/B'de verilmektedir. Özellikle Tire yöresindeki granatların retrograd dönüşüm sırasında belirgin dokusal zonlanma gösterdikleri petrografik gözlemlerde belirlenmiştir. Granatlardaki bu zonlara ait ortalama analiz değerleri $^{46}Grn-I=Prp\ 13.5\ Grs\ 12.5\ And\ 3.75\ Aim\ 59.75\ Sps\ 1.5$; $Grn-II=Prp\ 14.25\ Grs\ 19.5\ And\ 4.5\ Aln\ 60.25\ Sps\ 1.3$; $Gm-III=Prp\ 14\ Grs\ 20\ And\ 4\ Aim\ 58.5\ Sps\ 3.5$ "dir. Görüldüğü gibi çekirdekte yer alan eklojitik aşama ürünü Grn-I ile onu saran retrograd evre ürünleri Grn-II ve IH'ler arasında kimyasal bileşim açısından net bir fark bulunmamaktadır. Bu durum büyük olasılıkla, eklojitleri etkileyen ve yüksek amfibolit fasiyesi koşullarına kadar ulaşan Barrow türü metamorfizma sırasında, dokusal zonlanmanın korunmasına karşın zonlar arasındaki bileşimler farklılığının kristal içi difüzyonuyla belli bir oranda homojenleştirilmesinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 4. Pan-Afrikan yaşlı granulit ve eklojitlerde gözlenen karakteristik granat analizleri.

Table 4. Representative garnet analyses of the Pan-African granulites and eclogites.

	GRANULİT							EKLOJİT		
	6/16	7-12	7-28	7-43	6-12	6-14	7-35	318/8-2	316/6-1	318/8-7
SiO ₂	37.48	38.31	39.48	41.33	38.50	38.45	37.43	37.74	36.97	37.82
TiO ₂	.00	.01	.00	.16	.11	.00	.06	.13	.21	.17
Cr ₂ O ₃	.08	.02	.00	.02	.07	.00	.06	.00	.02	.03
Al ₂ O ₃	21.16	21.54	20.74	19.31	21.53	24.93	21.36	21.52	21.06	20.31
Fe ₂ O ₃	.68	.17	1.11	3.06	.76	.00	.82	.59	1.04	1.38
FeO	31.08	27.07	27.48	26.65	26.04	26.43	31.56	26.61	27.02	26.75
MnO	1.04	.87	.54	.84	.58	.44	.58	.64	.63	.71
MgO	6.51	4.24	4.34	4.47	8.71	7.88	5.77	3.32	3.49	3.82
CaO	1.11	7.18	6.11	4.20	3.24	1.04	3.31	9.70	8.53	8.20
Na ₂ O	.01	.02	.00	.04	.01	.00	.01	.02	.10	.07
K ₂ O	.02	.01	.02	.03	.01		.00	.00	.00	.00
Total	99.16	100.24	99.44	100.10	99.55	99.17	99.97	100.28	99.07	99.26

24 oksijen tabanına göre hesaplanmıştır.

Si	2.9748	3.0009	3.1229	3.2804	2.9806	2.9820	2.9558	2.9648	2.9459	3.0093
Ti	0.0000	0.0006	0.0000	0.0094	0.0065	0.0003	0.0038	0.0077	0.0127	0.0104
Cr	0.0052	0.0011	0.0000	0.0016	0.0040	0.0000	0.0040	0.0000	0.0016	0.0018
Al	1.9997	1.9890	1.9337	1.8062	1.9648	2.2781	1.9879	1.9924	1.9778	1.9051
Fe+3	0.0409	0.0103	0.0663	0.1829	0.0441	0.0000	0.0485	0.0351	0.0622	0.0827
Fe+2	2.0630	1.7732	1.8176	1.7689	1.6854	1.7140	2.0842	1.7484	1.8002	1.7801
Mn	0.0700	0.0578	0.0314	0.0562	0.0379	0.0291	0.0385	0.0428	0.0224	0.0481
Mg	0.7697	0.4950	0.5077	0.5286	1.0057	0.9105	0.6794	0.3887	0.4145	0.4525
Ca	0.0942	0.6696	0.5181	0.3568	0.2688	0.0840	0.1956	0.8169	0.7279	0.6989
Na	0.0010	0.0029	0.0000	0.0056	0.0010	0.0000	0.0023	0.0033	0.0150	0.0106
K	0.0021	0.0006	0.0023	0.0034	0.0007	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0005

UÇ ÜYELER

Gross.	0.008	0.217	0.146	0.023	0.062	0.031	0.037	0.251	0.212	0.211
Alm.	0.688	0.592	0.632	0.652	0.564	0.626	0.696	0.592	0.613	0.611
Prp.	0.257	0.166	0.177	0.196	0.336	0.332	0.226	0.131	0.141	0.142
Sps.	0.023	0.019	0.011	0.021	0.013	0.011	0.013	0.001	0.001	0.001
And.	0.020	0.005	0.035	0.101	0.022	0.000	0.024	0.002	0.003	0.003
Uvr.	0.003	0.001	0.000	0.001	0.002	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000

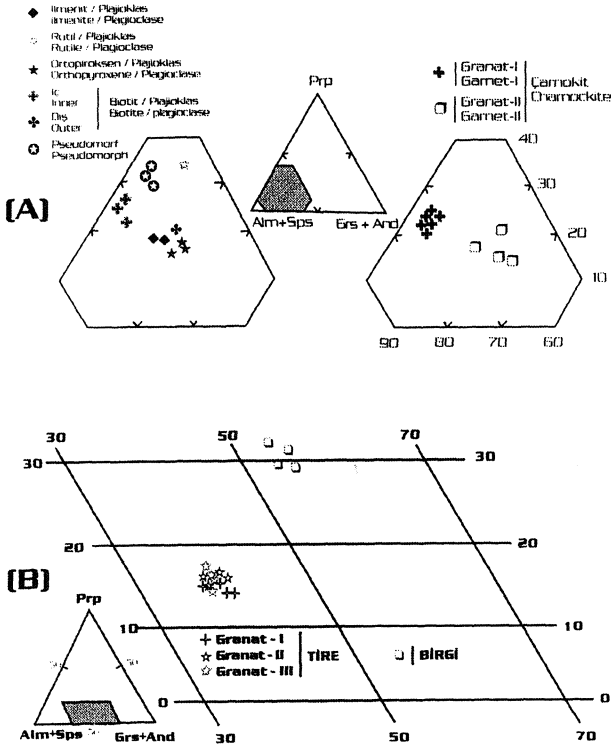
Not: **Granulit örnekleri:** Granulitik evre: 6-16= Granat-I, Retrograd evre (korona): 7-12= Granat-I çevresinde, 7/28= Ortopiroksen çevresinde, 7/43= İlmenit çevresinde, 6/12= Rutil çevresinde, 6/14= Pseudo-kordiyerit içerisinde, 7-35= Biotit çevresinde (iç zon) gelişen granatlar. **Eklojit örnekleri:** 318/8-2= Granat-I, 316/6-1= Granat-II, 318/8-7= Granat-III.

Amfibol

Kısmen retrograd dönüşüme uğramış eklojit ve granatlı amfibolitlerdeki Ca-amfiboller ve mavi şist metabazitlerindeki Na-amfibollere ait mineral analiz sonuçları Çizelge 5'de verilmektedir. Kalsik amfibollerin sı-

nılandırılmasında Leake (1978) diyagramından yararlanılmıştır (Şekil 10/A). Tire yöresine ait eklojit ve amfibolitlerdeki mineraller söz konusu diyagramda ferroan pargasitik hornblend alanında yoğunlaşırken Birgi yöresindeki örneklerde amfibollerin bileşimleri ferroan pargasitik hornblend/pargasit arasında değişmektedir.

MENDERES MASİFİNDE GRANULİT, EKLOJİT VE MAVİ ŞİST KALINTILARI



Şekil 9. Granulitlere (A) ve çekirdek eklojitlerine (B) ait granatların $pkop/grossular+andradit/almandin+spessartin$ diyagramındaki yerleri.

Figure 9, *Triangular diagram pyrope/almandine+spessartine/grossular+andradite for garnets from granulites (A) and core eclogues (B).*

Dilek yarımadasındaki Na-amfibollerin sınıflandırılmasında Miyoshiro (1957) diyagramı kullanılmıştır (Şekil 10/B). Söz konusu mineraller bu diyagramda tümüyle krossit alanında yer almaktadır. Krossitleri kuşatan retrograd aşama ürünü yeşil renkli amfiboller ise Na-Ca-amfibol grubuna ait olup barroyisit-winchit bileşimindedir (Şekil 10/C).

BASINÇ-SICAKLIK KOŞULLARI

Masifin çekirdek ve örtü serileri içerisinde saptanan ve retrograd metamorfizmadan büyük oranda etkilenmiş yüksek sıcaklık ve yüksek basınç metamorfizmalarının P-T koşullarına yaklaşımda bulunmak amacıyla söz konusu metamorfizmalara ait kalıntı mineral çiftlerine çeşitli jeotermobarometrik yöntemler uygulanmıştır.

Yüksek sıcaklık metamorfizması

Granulit fasiyesi metamorfizmasına uğramış bölgelerde sıcaklık hesaplamalarında en yaygın kullanılan mi-

neral çiftleri granat ve ortopiroksendir. Çeşitli araştırmacılar tarafından bu iki mineral arasındaki karşılıklı Fe/Mg değişimine dayalı jeotermometrik hesaplama yöntemleri geliştirilmiştir (Sen ve Bhattacharya 1984; Perchuk ve diğ. 1985; Bhattacharya ve diğ. 1990). Tire yöresinde yüzlek veren granulitik metamorfizmaya ait kalıntı çarnokitik kayalardaki ortopiroksen/granat-I çiftlerine ait analiz değerleri Sen ve Bhattacharya (1984) formülüne uygulanmıştır. 5 kbar'lık bir basınç değeri için hesaplanan sıcaklıklar 701-732 °C arasında değişmektedir. Ortalama 715 °C'lik bu sıcaklık mineralojik ve petrografik bulguları destekler şekilde bu kayalarda granulitik metamorfizma koşullarına ulaşıldığını açıkça ortaya koymaktadır.

Yüksek basınç metamorfizmaları

Eklojitlerin oluşum sıcaklıklarının saptanmasında en yaygın olarak kullanılan yöntem klinopiroksen-granat çiftleri arasında gerçekleşen Fe-Mg değişimine dayalı hesaplamalardır. Bu yöntem Ellis ve Green (1979) ve Krogh (1988) tarafından geliştirilmiştir. Tire yöresinde çekirdek serisi içerisinde yer alan Pan-Afrikan eklojitlerdeki Jd 20-25 bileşimine sahip klinopiroksen-I ve granat-I çiftlerine Krogh (1988) yöntemi uygulanmıştır. Basınç değerleri 12 kbar olarak alındığında yüksek basınç metamorfizması sırasında sıcaklığın ortalama 635 °C verecek şekilde 615-655 °C arasında değiştiği hesaplanmıştır. Aynı mineral çiftlerine, granatlardaki Ca içeriğini de gözönüne alacak şekilde geliştirilen Ellis ve Green (1979) formülü uygulandığında ise metamorfizmadaki sıcaklığın ortalama 650 °C verecek şekilde 620-670 °C arasında değiştiği görülmektedir. Eklojitlerde basınç hesaplamaları genelde çeşitli araştırmacılar tarafından deneysel olarak çalışılmış albit=Jadeit+Kuvars reaksiyonuna dayalı (Newton ve Smith 1967; Holland 1980; Droop 1983) olarak gerçekleştirilmektedir. Eklojitler içerisindeki plajiyoklasların tümüne yakın kesiminin ikincil olması nedeniyle klinopiroksenlerin jadeit bileşenlerine dayalı olarak gerçekleştirilen bu yöntemde hesaplanan basınç değerleri ekloj it fasiyesi metamorfizmasına ait minimum değerler olarak kabul edilmektedir. (Cars well 1990). Tire ve Birgi yöresindeki ekloj itlere ait Jd20-25 bileşimindeki omfasitlere Holland (1980)'in deneysel verileri uygulandığında (sıcaklık 650 °C olarak alınmıştır) 12.5-13.5 kbar'lık minimum basınç değerleri elde edilmektedir. Aynı klinopiroksenler Droop (1983) verilerine göre ise yine benzer şekilde 11.8-13.5 kbar'lık minimum basınç değerleri vermektedir. Çekirdek serisi ekloj itleri için kabul edilen ortalama 13 kbar'lık bir minimum basınç, Menderes Masifi'nde çekirdek serilerinin Pan-Afrikan orojenez sırasında ortalama 40 km'lik bir derinliğe kadar gömüldüğünü ortaya koymaktadır.

Çizelge 5. Eklojit mavi şist metabazitlerinde gözlenen karakteristik amfibol analizleri.

Table 5. Amphibole analyses of the eclogites and blue schist metabasites.

	ÇEKİRDEK SERİSİ				ÖRTÜ SERİSİ			
	Eklojitik amfibolit		Granatlı amfibolit		Mavi şist metabazit			
	134/1	318/8-4	4-7	4-17	33/3-8	33/3-15	33/1-8	33/1-6
SiO ₂	43.96	44.84	42.45	43.58	55.25	55.34	50.77	52.95
TiO ₂	1.38	.70	.86	.84	.05	.09	.10	.01
Cr ₂ O ₃	.75	.02	.04	.04	.00	.04	.04	.09
Al ₂ O ₃	12.16	13.31	14.97	13.83	6.87	5.44	5.35	3.02
Fe ₂ O ₃	1.59	.00	.00	.00	9.20	10.48	7.36	7.61
FeO	10.53	12.53	13.01	12.76	9.33	9.22	10.92	10.78
MnO	.04	.27	.14	.11	.20	.13	.16	.29
MgO	12.30	11.68	10.92	11.76	8.83	8.99	11.28	12.07
CaO	11.60	12.00	11.48	11.55	.92	.78	7.49	7.11
Na ₂ O	1.83	1.05	1.81	1.80	6.76	6.75	3.51	3.12
K ₂ O	1.02	.67	1.07	.99	.01	.02	.16	.14
H ₂ O	2.04	2.04	2.01	2.02	2.11	2.10	2.05	2.07
Total	99.46	100.35	99.29	99.92	99.53	99.35	99.19	99.75

23 oksijen tabanına göre hesaplanmıştır.

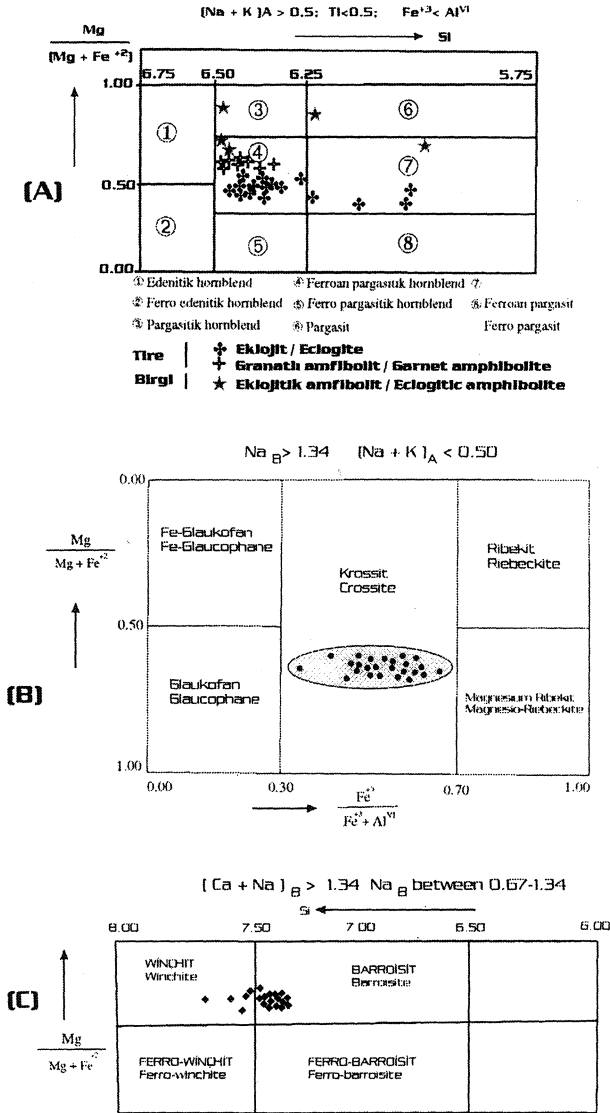
Si	6.4727	6.5906	6.3461	6.4590	7.855	7.911	7.685	7.434
Ti	.1529	.0771	.0966	.9350	.005	.008	.001	.011
Cr	.0874	.0025	.0047	.0046	.000	.004	.010	.000
Al	2.1100	2.3060	2.6371	2.4155	1.150	.916	.517	.922
Fe ⁺³	.1764	.0000	.0000	.0000	.984	1.127	.831	.810
Fe ⁺²	1.2964	1.5404	1.6271	1.5820	1.109	1.102	1.309	1.337
Mn	.0050	.0331	0.175	.0138	.024	.015	.036	.019
Mg	2.6992	2.5599	2.4323	2.5983	1.872	1.915	2.611	2.461
Ca	1.8305	1.8900	1.8987	1.8334	.140	.119	.183	.174
Na	.5210	.2985	.5255	.51178	1.864	1.870	.878	.995
K	.1923	.1358	.2035	.1872	.001	.004	.026	.029
H ₂ O	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000	2.000	2.000	2.000	2.000

NOT: Çekirdek serisine ait eklojit örnekleri: Ca-amfibol= 134/1, 318/8, 4-7, 4-17; Örtü serisine ait mavi şistler: Na-amfibol= 33/3-8, 33/3-15; Na-Ca amfiboller= 33/1-8, 33/1-6.

Barrow türü orta basınç koşullarında gerçekleşen ve çekirdek serisindeki eklojitlerin granatlı amfibolitlere retrograd dönüşüme neden olan metamorfizma sıcaklığının hesaplanmasında amfibolitler içerisindeki biyotit/granat-II çiftleri kullanılmıştır. Ferry ve Spear (1978) tarafından sözkonusu çiftler arasında Fe-Mg değişimine dayalı hesaplamada, 6 kbar'lık bir basınç kabullenmesinde Menderes Masifi'nde çekirdek serisini etkileyen retrograd metamorfizma sıcaklığının ortalama 650 °C olacak şekilde 626-669 °C arasında değiştiği belirlenmiştir.

Tersiyer yaşlı yüksek basınç metamorfizmasının örtü serisindeki koşullarını belirlemede Dilek Yarımada-sı'nda gözlenen mavi şist metabazitlerinden yararlanılmıştır. Bu yörede yüzeyleyen kayaçlar gerek kaya istifi gerekse yüksek basınç mineral toplulukları açısından 2 km batısında yer alan Samos Adası'yla büyük paralellik göstermektedir. Bu adanın Dilek Yarımada-sı'na bakan doğu kesimi için yüksek basınç metamorfizmasına ait sıcaklık 440 °C olarak hesaplanmıştır (Okrusch ve diğ. 1985). Bu sıcaklık değeri Dilek Yarımada-sı için baz

MENDERES MASİFİ'NDE GRANULİT, EKLOJİT VE MAVİ ŞİST KALINTILARI



Şekil 10. A) Pan-Afrikan eklojitlerindeki Ca-amfibollerin; B-C) Tersiyer mavi şist metabazitlerindeki Na ve Na-Ca amfibollerin Leake (1978) diagramındaki konumları.

Figure 10. A) Composition of Ca-amphiboles from Pan-African eclogites and, B-C) Composition of Na-amphiboles and Na-Ca amphiboles from the Tertiary blueschist metabasites after Leake (1978) respectively.

alındığında Evans (1990) tarafından önerilen Na-amfibol bileşimine dayalı jeobarometre hesaplaması yöre metabazitlerine uygulanabilir. Bölgedeki sodik amfiboller krossit bileşiminde olup vans (1990) sınıflamasındaki 3 ve 5 nolu gruplara karşılık gelmektedir. Bu durumda, sözkonusu mavi şist metamorfittlerinin minimum basınç değerleri 7.5.-9.5 kbar olarak hesaplanmaktadır.

Bunların yanı sıra yine aynı kayalar içerisindeki fengitlerin analizlerinden maksimum Si kasyon değerinin 6.82 olduğu belirlenmiştir. Bu değer, Massonne ve Schreyer (1987) tarafından önerilen fengit jeobarometresine uygulandığında aynı sıcaklık kabullenmesine karşılık gelen minimum basıncı benzer bir şekilde 10 kbar olarak belirlenmektedir. Dilek Yarımadası'nda kalıntı yüksek basınç topluluğu içeren metabazitlerin hemen üzerindeki serilerde yer alan metaboksit mercceklerinde diaspor mevcut olup korendon saptanamamıştır. Bu durumda, her iki yöntemle elde edilen 10 kbar dolayındaki minimum basınç değeri Haas (1972)'ye ait diaspor/korendon izograd reaksiyonuna uygulandığında yüksek basınç metamorfizmasında sıcaklığın Samos Adasından kabul edilen değere uyum gösterecek şekilde 470 °C'nin altında gerçekleştiği anlaşılmaktadır.

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Makalenin önceki bölümlerinde Menderes Masifi'nde farklı yaşlardaki yüksek sıcaklık ve yüksek basınç metamorfizmaları ve bunlarda retrograd etkilere yol açan orta basıncı metamorfizmasına ait dokusal, mineralojik ve jeokimyasal bulgular detaylı olarak sunulmuştur. Bu bölümde, söz konusu metamorfizmaların yaş, oluşum modeli ve tektonik ortamları gibi temel jeolojik problemlere ilişkin düşünceler tartışılacaktır. Bu tartışmalara geçilmeden önce Menderes Masifi'nin metamorfik evrimi ile ilgili günümüze değin elde edilmiş bulguların kısa bir sentezi aşağıda verilmektedir.

Menderes Masifi'nin metamorfik tarihçesi ile ilgili, çeşitli araştırmacılar tarafından önerilen görüşler i) Tek metamorfizmalı ve ii) Polimetamorfik evrim olmak üzere iki ana grup altında toplanabilir. Ash wort ve Evirgen (1984); Erdoğan (1993), Bozkurt ve Part (1994) ve Bozkurt ve diğ. (1995) Menderes Masifi'nde tek metamorfizmalı evrim modelini öneren belli başlı araştırmacıdır. Erdoğan (1993)'e göre Menderes masifine günümüzdeki yapısını kazandıran sözkonusu metamorfizma Üst Kretase/Alt Eosen yaşlı olup Masifin temelini oluşturduğu düşünülen gözlü gnayslar bu metamorfizma sırasında sokulmuş katazonal granitlerdir. Benzer şekilde Bozkurt ve Park (1994) ve Bozkurt ve diğ. (1995), Menderes Masifi'nde tek bir metamorfizmanın varlığına değinerek bunun Erken Eosen/Erken Oligosen yaşlı olduğunu belirtir. Araştırmacılara göre gnayslar bu metamorfizma sırasında gelişen anateksi ürünü, Geç Oligosen yaşlı post-orijenik granitler olup günümüzdeki gözlü gnays yapılarını genç genişleme tektoniğine bağlı olarak kazanmışlardır.

Yukarıdaki görüşlerin aksine, araştırmacıların büyük çoğunluğu tarafından Menderes Masifi'nde polimetamorfik bir evrim görüşü kabul edilmektedir. Bu çalışmalarda Masifin çekirdek serisini oluşturan temel, izleri sonraki olaylarla büyük oranda silinmiş yaşlı bir metamorfizmadan etkilendiğini belirtmektedir. Masifin bu ilk metamorfizmasının özellikle yaşı ve koşulları konularında görüş farklılıkları bulunmaktadır. Schuiling (1962) bu metamorfizma için Pre-Hersiniyen yaşını öngörürken Brinkmann (1967) ve Başarır (1970) bu olayı Prekambriyen yaşlı olarak kabul etmektedir. Son yıllarda, gnayslardan elde edilen 500-550 My arasında yoğunlaşan yaşlara dayanarak birçok araştırmacı bu metamorfizmaya Kambriyen-Ordovisiyen yaşını vermektedir (Dora 1975, 1981; Şengör ve diğ. 1984; Satır ve Friedrichsen 1986; Dora ve diğ. 1990, 1992, 1996; Hetzel ve Reichmann 1996).

Bazı araştırmacılar, Mesozoyik istifin alt düzeylerinde yer alan çakıltaşları (Konak ve diğ. 1987), kısmen yeniden dengelenmiş bazı radyometrik yaşlar (Ayan 1979; Satır ve Friedrichsen 1986) ve Triyas yaşlı granitlerin varlığı (Akkök 1983; Koralay ve Dora 1997) gibi verilerle dayanarak Menderes Masifinde çekirdek ve örtü serisinin Paleozoyik yaşlı birimlerini etkileyen ayrı bir metamorfizmanın varlığını ileri sürmektedir. Ayan (1979) ve Dora ve diğ. (1996) bu metamorfizmayı Hersiniyen orojenezinin son fazlarının Masifteki etkileri olarak yorumlamakta; Akkök (1983) ise bunu Erken Alpin olarak kabul etmektedir.

Menderes Masifi'ne günümüzdeki yapısını büyük oranda kazandıran son metamorfizmanın Alpin yaşlı olduğu araştırmacıların büyük çoğunluğu tarafından kabul görmektedir. Paleontolojik bulguların yetersizliği nedeniyle eski çalışmalarda söz konusu metamorfizma için Devoniyen-Mesozoyik arası (Schuiling 1962); Jura (Başarır 1975); Lias (Dora 1975) ve Üst Kretase (Dora 1981) gibi farklı yaşlar önerilmiştir. Günümüzde ise örtü serisine ait birimlerin Paleosen'e kadar devamlılık gösterdiklerinin (Özer 1997) belirlenmiş olması nedeniyle metamorfizma yaşı Tersiy'e kaydırılmıştır. Bu Geç Alpin metamorfizmasını Şengör ve diğ. (1984) Erken Eosen/Oligosen; Dora ve diğ. (1996) ise Geç Eosen/Erken Oligosen yaşlı olarak kabul edilmektedir.

Yukarıda özetlenen Menderes Masifi'nin genel metamorfik evrimi içerisinde, Prekambriyen yaşlı çekirdek serisini etkileyen yüksek basıncı eklojit, yüksek sıcaklık granülit ve bunlarda retrograd etkilere yol açan almandin-amfibolit fasiyesi metamorfizmalarını karakterize eden bulgular ve bu metamorfizmaların olası yaşları ve tektonik ortamları aşağıda tartışılmaktadır.

Menderes Masifi'nde günümüze değin yüksek sıcaklık granülit fasiyesi metamorfizmasına ait bulgular sadece çekirdek serisine ait birimlerde gözlenmiştir. Çizelge 6'de sözkonusu metamorfizmaya ait veriler özetlenmektedir. Görüldüğü gibi tüm kayaç türlerinde ortak olarak gözlenen karakteristik mineral ortopiroksendir. Bu mineralin gerek doku içerisindeki konumu gerekse kimyasal bileşimi granülit fasiyesi metamorfizması ürünü olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Dünyadaki tipik granülit sahalarında ortopiroksenler Al_2O_3 'ce belirgin bir zenginlik göstermektedir. Örneğin bu değer Hindistan'daki granülitlere ait ortopiroksenlerde % 3.3 (Janardhan ve diğ. 1982); Norveç'te % 2.5 (Griffen ve Heier 1969); Almanya'da % 3.72 (Okrusch ve diğ. 1979); KB İskoçya'da ise % 5.35 (Savage ve Silis 1980)'dir. Menderes Masifi'ndeki ortopiroksenlerde Al_2O_3 değerinin % 3.75 gibi yüksek bir değere ulaşması bu minerallerin granülitik kökenini desteklemektedir. Ortopiroksenin varlığının yanı sıra plajiyoklas içerisinde K-feldspat ayrışması ile karakterize olan antipertitik yapılar özellikle çarnokitik bileşimdeki kayaçların tipik mineralojik özelliklerinden biri olarak kabul edilmektedir (Cooray 1969; Waard 1966; Masberg ve diğ. 1992; Austrheim ve Griffen 1985). Masifteki çarnokitik ve metatonalit kayaçlardaki plajiyoklaslarda sözkonusu yapıların son derece yaygın olarak gözlenmesi yüksek sıcaklık metamorfizmasını destekler diğer bir veridir (Candan 1995).

Kalsiyum silikat bileşiminde minerallerden yapıları, eski kalkerli kum veya kil düzeylerini simgelediği düşünülen budinlenmiş kalsilikatik kayaçlara granülitik sahalarında yüzlek veren metasedimentleri içerisinde son derece yaygın olarak rastlanmaktadır. Kondalit olarak adlandırılan ve "Sillimanit+Granat±Kordiyerit" parajenez ile simgelenen, yaygın kalsilikatik kayaçlar kapsayan bu metasedimentler Hindistan'da (Dasgupta 1993), Sri Lanka'da (Katz ve Kensington 1971), Amerika'da Adirondack yöresinde (McLelland ve diğ. 1987), Doğu Antarktika'da (Motoyoshi ve diğ. 1991), Finlandiya'da (Barbey ve diğ. 1982) geniş alanlarda yüzlek vermektedir. Menderes Masifi'nde Çine (Başarır 1975; Kun 1983); Ödemiş-Kiraz (Dora ve diğ. 1988; Candan ve Kun 1991) ve Demirci-Gördes (Candan 1994) asmasiflerinde leptit olarak tanımlanan kayaçlar içerisinde ^{41}K -li-nopiroksen + Ortopiroksen + Anortit + Granat + Zoisit" gibi kalsiyumca zengin minerallerden yapıları, ortopiroksen içeren kalsilikatik (Kun ve Candan 1987) kayaçların varlığı bilinmektedir. Leptit-gnays içerisinde son derece yaygın olarak bulunan ve bu birimin arazide tanınmasında kılavuz kaya özelliğine sahip sözkonusu kalsi-

MENDERES MASİFİ'NDE GRANULİT, EKLOJİT VE MAVİ ŞİST KALINTILARI

likatik kayaçlar boyutları 1 m'ye kadar ulaşabilen, bu dinlenmiş kütleler oluşturmaktadır (Dora ve diğ. 1988; Şekil 4). Gerek çevre kayayı oluşturan leptit-gnaysların granülit fasiyesini simgelediği kabul edilen (Vielzeuf 1988; Yardley 1989) "Granat + Sillimanit + K-feldspat + Pseudo-kordiyaret (\pm Ortopiroksen)" paraj enezi içermeleri gerekse yaygın kalsilikatik kayaçların varlığı Menderes Masifi'nin en yaşlı birimlerini oluşturan, bas-kın kırıntılı sedimentlerden yapılu, yer yer volkanik düzeyler içerdği düşünülen bu kayaçların masifteki granülit fasiyesi koşullarına kadar ulaşan bir metamorfizmadan etkilendiklerini ortaya koymaktadır.

Masifte, yukarıda tanımlandığı üzere granülitik bir metamorfizmanın varlığını kanıtlayan bir çok verinin mevcut olmasına karşın bunlar sözkonusu metamorfizmanın mekanizma ve tektonik modeli konusunda kesin bir sonuca varılması için henüz yeterli düzeyde bulunmamaktadır. Günümüze değin çarnokit oluşumları mm açıklanması için üç ana model önerilmiştir. Bunlar i) *H₂O içermeyen, ilksel olarak kuru olan kayaçların granülit fasiyesi koşulları altında rekristalizasyonları (Adirondack bölgesi, ABD; Bohlen ve Essene 1978); ii) Anatektik eriyiklere absorbe siy on yolu ile H₂O aktivite sinin düşürüldüğü dehidrasyon ergimesi (Güney Afrika, Namaqualand bölgesi; Waters ve Whales 1984); ve son yıllarda çok güncellenen iii) CO₂'ce zengin akışkanların gelişimine bağlı olarak hidroksilli fazların dehidrasyonu (Hindistan, Hansen ve diğ. 1987; Grönland, McGregor ve Friend 1992)* 'dir. Tire yöresi çarnokitlerindeki kuvarlarda bulunan sıvı kapanımlara yönelik ön çalışmalarda tümüyle gazdan yapılu bu kapanımların karbon dioksit ve/veya metandan oluşan gaz kapsadıklarına ilişkin ön bulgular elde edilmiştir (N. Dağ 1996; sözlü görüşme). Bu konudaki çalışmalar devam etmekte olup henüz Menderes Masifi'ndeki çarnokitik alterasyon mekanizmasına yönelik kesin bir modelin ortaya konması mümkün gözükmemektedir. Dünyada alt kabuk koşullarını yansıtan granülit fasiyesi metamorfizmasının gelişimi ile ilgili çeşitli tektonik modeller önerilmektedir (Newton 1987; 1992). Masifin çekirdek serileri içerisinde gabroyik stokların varlığı, bazı granülit sahalarında önerilen (Schreurs ve Westra 1986; Bohlen ve Mezger 1989; Lardeaux ve Spalla 1991) granülit fasiyesi metamorfizması için gerekli sıcaklığın kabuğu altlayan bir bazaltik magmadan (underplating magma) sağlanma modelinin Menderes Masifi için de gözardı edilmemesi gerektiğini göstermektedir.

Menderes Masifi 'ndeki çekirdek serisine ait metagabrolarla bağlantılı eklojit oluşumları ile karakterize olan yüksek basınç metamorfizmasının varlığına ait bul-

gular Candan ve diğ. (1994), Çetinkaplan (1995) ve Oberhânsli ve diğ. (1996) da detaylı olarak sunulmaktadır. Çekirdek serisine ait gnays, leptit-gnays ve migmatitler içerisinde bulunan metagabrolarla bağlantılı eklojiüer "Omfasit + Granat + Rutil \pm Dişten" topluluğu ile karakterize olmaktadır.

Mineralojik bileşim, çevre kaya türü ve P-T değerleri bu kayaçların Coleman ve diğ. (1965) sınıflamasına göre B türü; Carswall (1990) sınıflamasına göre ise tektonik olarak kalınlaşmış kıtasal kabuk ortamlarında oluşan orta sıcaklık eklojiüeri olduklarını ortaya koymaktadır.

Çalışmanın önceki bölümlerinde çekirdek serisinden günümüze değin elde edilen bulguların sadece metagabrolarla bağlantılı eklojit oluşumları ile sınırlı kaldığı vurgulanmıştır. Buna karşın metagabro ve dolayısıyla eklojitlerin çevre kayaçlarını oluşturan orto-gnays, çekirdek şisti ve leptit-gnayslarda bu metamorfizmayı destekleyen veriler henüz saptanmamıştır. Yüksek basınç verisi içermeyen bu tür gnays ve migmatit gibi kıtasal kabuk kayaçları içerisindeki eklojitlerin oluşum modelleri uzun yıllardan bu yana tartışılmaktadır. Yerinde oluşum (ür-situ) veya tektonik yerleşme olasılıklarına ilişkin çok sayıdaki çalışma Smith (1988)'de detaylı olarak sunulmaktadır. Özellikle Norveç'in batı kesiminde gnayslar içerisinde yer alan Kaledoniyen yaşlı eklojit oluşumları dünyadaki bu tür sialik kabuk içerisinde yer alan eklojit oluşumlarına ait en tipik lokasy onlar dan biridir. Bu bölgede çevre kayayı oluşturan felsik kayaçlar içerisinde bazı pseudomorfik dönüşümlerin dışmda yüksek basınç metamorfizmasını destekler veri bulunmamaktadır (Griffen 1987). Fengitin retrograd dönüşümü olarak yorumlanan benzer sınırlı verilerden Kanada'da Greenville provensinde (Indares ve Rivers 1995) ve Alpelerde Adula napmda (Heinrich 1982) eklojit içeren kayaçlar içerisinde de söz edilmektedir. Öte yandan İsviçre'de Gotthard ve Aar masiflerinde olduğu gibi çevre kaya tamamen yüksek basınç minerallerinden steril de olabilmektedir (Abrecht ve diğ. 1991). Araştırmacılar sözkonusu durumun özellikle gnaysik bileşimdeki çevre kayaçlarında sınırlı gelişmiş yüksek basınç metamorfizması verilerinin retrograd dönüşüm sırasında bazik magmatitlere oranla çok daha kolay ortadan kalkmasından kaynaklandığını belirtmektedir (Abrecht ve diğ. 1991). Menderes Masifi'ndeki ortognaysların içerisindeki gabroların intruzif karakterleri ve leptitlerin ilksel sedimentlerinin sözkonusu gabroları egzotik olarak içerebilecek bloklu bir seri karakterinde*olmayışları yüksek basınç metamorfizmasının dünyadaki modellere benzer şekilde (Binno 1995; Griffen 1987; Mork 1986; Okay ve diğ. 1985) tüm çekirdek serisini etkilediğini; yani eklojit olu-

şumlanının yerinde (in-situ) gerçekleştiğini ortaya koymaktadır.

Günümüze değin Menderes Masifi'nin genelinde yapılan çalışmalarda sadece Pan-Afrikan temele ait birimlerin migmatizasyona uğradıkları saptanmıştır. Masifte migmatitlerin tamamına yakın kesimi çekirdekte yer alan leptit-gnayslardan türemektedir (Candan ve Kun 1991). Bunların dışında sadece kuzeydeki Demirci-Gördes Asması'nda yer alan migmatitik bölge olası Prekambriyen yaşlı, yine çekirdeğe ait olan disten-staurolit-granat şistlerle bağlantılıdır (Dağ ve Dora 1991). Menderes Masifi'nde migmatizasyonun yaşı konusunda detaylı bir çalışmanın bulunmamasına karşın bu olay genelde Alpin metamorfizmasının masifteki etkileri olarak kabul edilmektedir (Şengör ve diğ. 1984; Dora ve diğ. 1990). Masifin Pan-Afrikan evrimine ait son yıllarda elde edilen yeni bulgulara dayanarak migmatizasyonun yaşı sorununa yeni bir yaklaşımda bulunmak mümkün gözükmemektedir. Eldeki temel jeolojik bulgular şu şekilde özetlenebilir:

1) Çekirdek serisi içerisindeki granolit fasiyesi metamorfizmasına ait parajenezlerin bu olayı izleyen evrede gelişen ve üst amfibolit fasiyesi koşullarını tanımlayan topluluklar tarafından replasmanları son derece yaygındır (Bkz; metin içi dokusal tanımlamalar).

2) Çekirdek serisi içerisinde yer alan "Sillimanit + Granat" topluluğuna sahip, palinjenetik metagranitlerin leptit-gnaysların migmatizasyonla ilgili belirgin bir jenetik ilişkiye sahip oldukları arazi gözlemlerinde son derece net olarak gözlenmektedir. Gerek migmatitler gerekse bu yerinde oluşmuş (in-situ) granitler içerisinde, granolitik metamorfizma ürünü kalsilikatik kayaların özümlememiş anklavlar şeklinde bulunuşu migmatizasyon olayının granolit fasiyesi metamorfizmasından daha sonra geliştiğini açıkça destekler diğer bir veridir.

3) Bu migmatitlerle kökensel bağlantıya sahip metagranitlerden yapılan tek zirkon yöntemine dayalı yaş tayini çalışmalarında, bir eriyikten itibaren kristalleşen ve magmatik kökeni yansıtan kristal formlarına sahip zirkonların 550 my dolaylarında yaş verdikleri saptanmıştır (Hetzl ve diğ., 1997).

4) Menderes Masifi'nin çekirdek serilerinin temel birimlerinden birini oluşturan Pan-Afrikan yaşlı granitik gnayslar leptit-gnays ve onların migmatitleşmiş kesimleri ile intruzif dokanak ilişkileri sunmakta ve/veya bu birimleri ait parçaları irili ufaklı ksenolitler olarak kapsamaktadır.

5) Menderes Masifi'nde migmatizasyon sadece çekirdek serisine ait birimlerde gözlenmektedir. Paleozoik-Tersiyer yaşlı örtü serileri içerisinde ise metamorfiz-

ma derecesi genelde yeşilist fasiyesi koşullarında olup Aydın Dağları ve Bozdağlar'ın bazı kesimlerinde Permokarbonifer yaşı birimlerde staurolit zonuna kadar yükselebilmektedir (Evirgen 1979; Dora ve diğ. 1994).

Yukarıda sunulan temel jeolojik veriler ve ön radyometrik yaş bulguları, Menderes Masifi'ndeki migmatizasyonun Pan-Afrikan yaşlı olma olasılığını destekler niteliktedir. Alpin yaşlı metamorfizmanın bu migmatitler üzerindeki etkileri ve/veya masifte genç bir migmatizasyona neden olup olmadığı henüz çözüme kavuşturulamamış bir sorun olarak durmaktadır.

Ana hatlarıyla Alpin orojenik kuşağı içerisinde yer alan Türkiye'de birbirinden kopuk, izole parçalar şeklinde yüzlek veren Pan-Afrikan yaşlı temellerinin varlığı bilinmektedir. Hersiniyen ve Alpin orojenezleri ile yanal devamlılıklarını büyük ölçüde yitirmiş bu Pan-Afrikan Orojenezinin Türkiye'deki izleri, doğudan batıya doğru Bitlis, Kırşehir ve Menderes Masiflerinde izlenebilmektedir (Şengör ve diğ., 1984). Rejyonel metamorfizmanın eşlik ettiği söz konusu orojenez bu masiflerde özellikle yaklaşık 500 my yaşlı granitlerle karakterize olmaktadır. Özellikle Menderes Masifi'nde geniş alanlarda yayılım sunan granitik kökenli gnaysların kristalizasyon yaşlarının 546 ± 1.2 my olduğu son yıllarda gerçekleştirilen zirkon yaşları ile kesinlik kazanmıştır (Hetzl ve Reischmann 1996). Bu granitik gnayslar Dora ve diğ., (1996) tarafından Pan-Afrikan metamorfizmasını izleyen evrede sokulmuş post tektonik granitler olarak yorumlanmaktadır. Özellikle Çine Asması'nda geniş alanlarda gözlenen söz konusu gnaysların granolitik metamorfizma parajenezleri içermemeleri bu görüşü desteklemektedir. Öte yandan, Tire güneydoğusunda, Küre Köyü çevresinde gözlenen ortopiroksen gnayslar söz konusu gnayslardan daha yaşlı olup granolitik metamorfizmadan etkilenmişlerdir. Yaygın eklojit kalıntılarının da eşlik ettiği bu kayalarındaki monazitlerden elde edilen 660 ± 60 my'lık yaşlar Oelsner ve diğ., (1997) tarafından granolitik metamorfizma yaşı olarak yorumlanmaktadır. Jeolojik ve dokusal veriler Masifin genel jeotektonik konumu ile birlikte gözönüne alındığında çekirdek serisinde gözlenen granolit ve eklojitlerin aynı bir metamorfik olayın farklı evrelerini karakterize ettikleri anlaşılmaktadır. Dolayısıyla granitlerden elde edilen ve Pan-Afrikan yaşlı bir olayı gösteren radyometrik yaşlar çekirdek serisindeki yüksek basınç metamorfizmasının da Pan-Afrikan yaşta olduğu görüşünü desteklenmektedir. Öte yandan Menderes Masifi ile litostratigrafik kaya istifi ve metamorfik tarihçe açısından büyük benzerlik sunan Bitlis Masifi'nde (Çizelge 6) Prekambriyen yaşlı çekirdek serileri içerisinde gabrolarla bağlantılı eklojit

MENDERES MASİFİ'NDE GRANULİT, EKLOJİT VE MAVİ ŞİST KALINTILARI

Çizelge 6. Menderes Masifi'nde gözlenen granulit fasiyesi metamorfizm asma ait kalıntı kayaç türleri ve bunların bireysel özellikleri.

Table 6. Relics of the granulite facies rocks and their characteristics in the Menderes Massif.

KAYAÇTÜRÜ	PETROGRAFIK VERİLER
Çarnokitik bileşimdeki kayaçlar	Yaygın olax*ak hipersten ve pseudo-krcrcUyerit kapsamakta
Ortopiroksen Gnays	Granitik kökene sahip, gözlü gnays yapısındaki bu kayaçlar hipersten içerekte
Leptit-gnays	Bu kayaçları' ender olarak hipersten içermekte, buna karşın son derece yaygın pseudo-kordiyerit kapsamaktadır. Leptit-gnaysları*da ayrıca yine yüksek sıcaklık metamorfizmasını karakterize eden kalksülkatik kayaçlar son derece yaygın bulunmakta
Metatonalit	Metamorfik ortopiroksen kapsamakta
Metagabro	İksel magmatic faalar ai'asında gelişmiş çok halkalı korona yapıları içermekte, ayrıca magmatik ortopiroksenler metamorfik ortopiroksenler tarafından replase editoekte ve/veya kuşatılmakta

oluşumları (Göncüoğlu ve Turhan 1985) Pan-Afrikan yaşlı bir yüksek basınç metamorfizm aşının ürünleri olarak kabul edilmektedir (Okay ve diğ., 1985). Bitlis Masifi'nde benzer tektonik ortamı simgeleyen bu eklojitlerin varlığı Menderes Masifi'ndeki Prekambriyen yaşlı temel içerisindeki eklojitlerin olası Pan-Afrikan yaşlarını destekleyen diğer bir veridir. Yukarıda sunulan bulgular Menderes Masifi'nin çekirdek serisinin Pan-Afrikan döneminde yüksek-basınç eklojit, yüksek sıcaklık granulit ve migmatizasyon düzeyine kadar ulaşan orta basınç amfibolit fasiyesi koşullarında gerçekleşen açık evreleri bir metamorfizmadan etkilendiğini ortaya koymaktadır.

Menderes Masifi'nin örtü serisi içerisinde saptanan yüksek basınç/düşük sıcaklık epidot-mavi şist/eklojit fasiyesi metamorfizmasına ait bulgular Masifin Alpin dönemdeki evriminin açıklanmasının yanı sıra özellikle Ege Denizinde yüzlek veren Kikladik Kompleksle korelasyonunda (Çizelge 7; Şekil 11) son derece büyük öneme sahiptir. Masifteki söz konusu metamorfizmasının yaşı, jeotektonik ortamı ve Kikladlarla korelasyonuna yönelik tartışmalar aşağıda sunulmaktadır.

Menderes Masifi'nin genel kaya istifinde örtü serisi kendi içerisinde ana hatlarıyla kırıntılı kayaçların baskın olduğu Paleozoyik; karbonatlarla temsil edilen Mesozoyik ve bloklu seri niteliğindeki Tersiyer yaşlı birimlere ayrılabilir. Pelozoyik yaşlı birimler muskovit-kuvars şist, fillit ve siyah renkli mermer bantları ile karakterize olmaktadır. Bu kırıntılı serinin üst düzeylerinden Üst Devoniyen-Üst Permiyen yaşlan elde edilmiştir (Onay 1949, Schuiling 1962, Boray ve diğ. 1973). Platform türü karbonatlarla temsil edilen olan Mesozoyik seri ta-

banda bir diskordansı ifade ettiği ileri sürülen çakıltaşı ile başlamakta (Konak ve diğ. 1987) ve üst düzeylere doğru olası Geç Triyas yaşlı sarı/pembe renkli dolomitlere geçilmektedir (Dürr 1975). Masifteki Geç Triyas-Kampaniyen arası, metaboksit düzeyleri içeren resifal fasiyeste platform türü karbonatlarla (Milas formasyonu); Kampaniyen-Maastrichtiyen ise ortamdaki bir derinleşmeyi karakterize eden kırmızı renkli pelajik mermerlerle (Kızılağaç formasyonu) simgelenmektedir (Özer 1997). Masifin kaya istifi pelajik karbonatları üstleyen Orta Paleosen yaşlı filiş fasiyesindeki bloklu bir seri (Kazıklı formasyonu) ile son bulmaktadır (Konak ve diğ., 1987; Dora ve diğ. 1992; Özer 1997).

Yukarıda ana hatları ile özetlenen örtü serisi içerisindeki kalıntı yüksek basınç/düşük sıcaklık metamorfizmasının varlığını karakterize eden bulgulara günümüzde sadece masifin kuzey batı kesiminde KD-GB uzanımlı bir zon boyunca, Dilek yarımadası-Selçuk ve Akhisar/Gölmarmara bölgelerinde rastlanmaktadır. Bu veriler; /) *Geç Triyas-Kampaniyen yaşlı metakarbonatlar ve onlar içerisinde yer alan metabazitlerdeki sodik amfibol oluşumları*; ii) *Karbonatların alt düzeylerinde yer alan disten-kloritoyid-beyaz mika (fengit/muskovit) topluluğu içeren metaçakıltaşları ve iii) Bloklu seri (metaolistostrom ?) içinde yer alan eklojit, smaragdit-omfasit metagabro ve zoisit metagabro blokları olarak özetlenebilir* (Candan ve diğ. 1997). Masifin kaya istifinin en üst düzeylerindeki filiş karakterindeki birimler (Kazıklı formasyonu) korele edilebilecek (Erdoğan ve Güngör 1992) Selçuk yöresindeki yüksek basınç blokları içeren bu birimin matriksi tümüyle klorit-albit şistlerden yapıllı olup günümüze değin matriksten herhangi bir yüksek basınç verisi elde edilememiştir. Çelişki gibi gözükten bu durum iki şekilde açıklanabilir; 1) Söz konusu yüksek basınç toplulukları içeren kayaçlar egzotik bloklardır, 2) Bunlar matriks ile birlikte epidot-mavi şist/eklojit fasiyesinde bir başkalaşıma uğramış kayaçlar olup bunu izleyen evrede gelişen Barrow türü retrograd metamorfizma ile matriks yeşilşistlere dönüşürken eklojitler büyük oranda korunmuşlardır. Henüz netlik kazanmamış olmasına karşın Selçuk yöresinde bu bloklu serinin Geç Triyas-Kampaniyen yaşlı platform türü karbonatları tarafından uyumlu olarak aklandığı ileri sürülmektedir (Erdoğan ve Güngör 1992). Candan ve diğ. (1997) tarafından Dilek Yarımadasında gerçekleştirilen çalışmada söz konusu Mesozoyik yaşlı karbonat platformdaki metabazitlerin sodik amfibol içerdikleri saptanmış ve yanmadadaki bu mavişistlerin yeşilşistlere dönüşümlerinin, metaboksitlerdeki diaspor-korundum izogradı ile belirlenen bir paralellik sunduğun belirlenmiştir. Bu bölgede

Çizelge 7. Menderes, Bitlis ve Kiklad Masifleri'nin temel özelliklerinin karşılaştırılması olarak gösterimi.

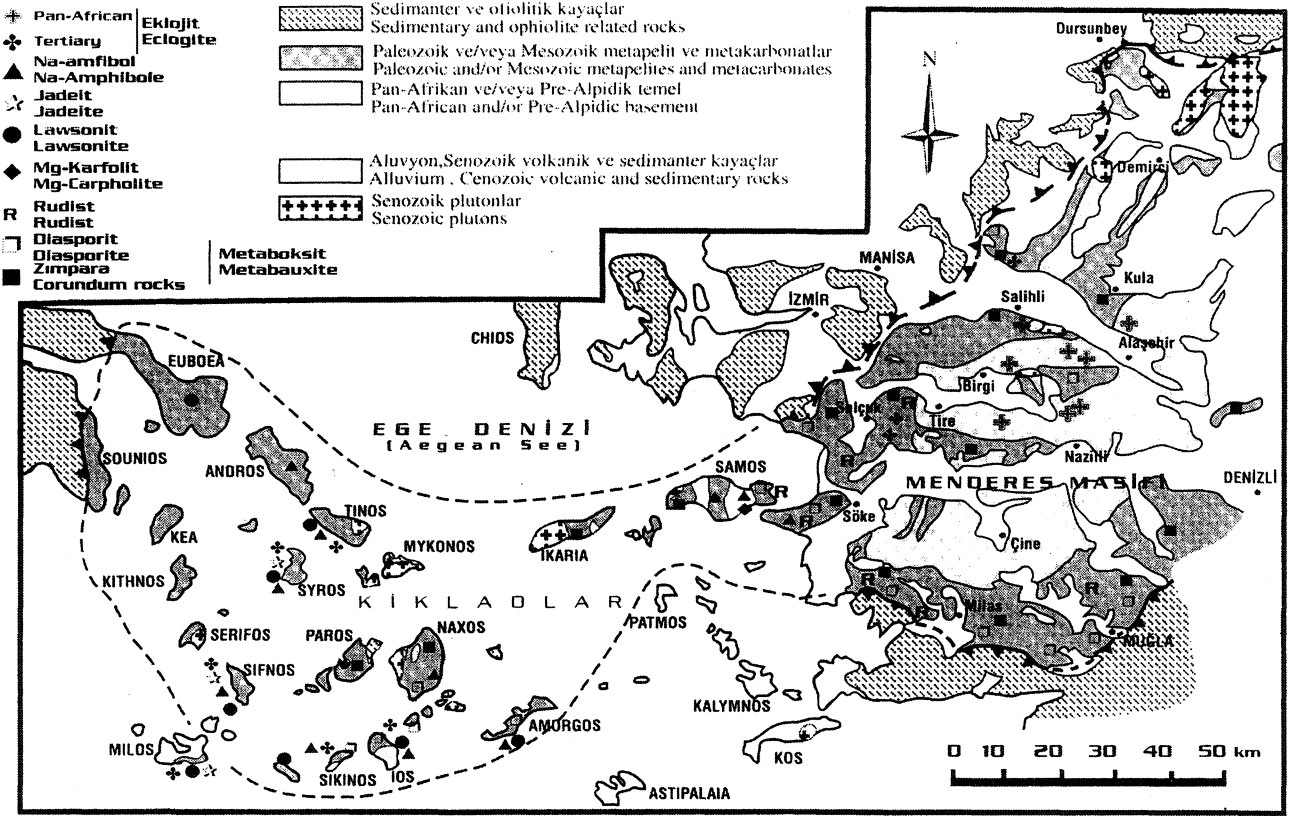
Table 7. Comparative representation of the basic characteristics of the Menderes, Bitlis and Cyclade Massives.

	MENDERES MASIFI	KIKLADIK KOMPLEKS	BİTLİS MASIFI
LİTOSTRATİGRAFİ DÖNEMLERİ	Pan-Afrikan Temel: Prekambriyen yaşlı leptit - gnays ve şistler içerisinde sokulmuş 500 - 550 my yaşlı granitik / gözlü gnays ve Prekambriyen yaşlı metagabrolar (Şengör ve diğ., 1984; Dora ve diğ., 1996; Loos ve Reischmann 1996). (Şengör ve diğ., 1984; Dora ve diğ., 1990)	Pre-Alpidik Temel: Metagabrolar ve 500 My yaşlı ortogneyslar tarafından kesilen Prekambriyen yaşlı metapelitler. (Henjest - Kunst ve Kreuzer 1982; Maar ve Jansen 1983; Okrusch ve Bröker 1990) Tektonik (Maar 1981)	Alt Seri: Metagabrolar ve 570 My yaşlı granitler tarafından kesilen Prekambriyen yaşlı şist, paragneys ve asidik/bazik metavolkanitler. (Yılmaz 1971, 1975; Boray 1976; Erdoğan ve Dora 1983, Göncüoğlu ve Turhan 1985) Uyumsuz (Boray 1976; Erdoğan ve Dora 1983; Göncüoğlu ve Turhan 1985)
	Örtü serileri: Alt düzeylerinde, 240 My yaşlı (Hersiniyen ?) granitleriyle kesilen Erken-Geç Paleozoik yaşlı metapelit ve metakarbonatlar; üst düzeylerinde metaboksit mercekleri içeren platform türü karbonatlar ve bunları üstleyen metamorfik blokları birimden yapıları örtü (Konak ve diğ. 1987; Dora ve diğ., 1996; Erdoğan ve Güngör 1992; Özer 1997)	Permiyen-Üst kretase yaşlı, asidik ve bazik metavolkanit düzeyleri içeren metapelit ve metaboksit mercekli neritik karbonatlardan yapıları kıta kenarı çökelleri. Pre-Alpidik temel 275 ± 87 My yaşlı Hersiniyen granitleri tarafından kesilmekte (Papanikolaou 1979; Dürr ve diğ., 1978; Andriessen ve diğ., 1987)	Üst Seri: Alt düzeylerinde baskın olarak metapelitlerden, üst düzeylerinde ise meta-karbonatlardan oluşmakta. Ordovisiyen - Üst Kretase yaşlı bu seriler 350 My yaşlı granitler tarafından kesilmekte (Yılmaz 1975; Boray 1976; Göncüoğlu ve Turhan 1985; Helvacı ve Griffen 1985)
	Prekambriyen / Kambriyen Eklojit - Granulit - Amphibolit Geç Paleozoik (Hersiniyen; ?) (?) Alpin (Tersiyer) Epidot-mavişist / Eklojit (?) Almandin-Amfibolit / Yeşil şist (Şengör ve diğ. 1984; Dora ve diğ. 1996; Candan 1995; Candan ve diğ., 1997; Oelsner ve diğ., 1997)	Pan-Afrikan (?) Hersiniyen Almandin - amfibolit Alpin (Tersiyer) Epidot-mavişist / Eklojit Almandin - amfibolit / Yeşil şist (Andriessen ve diğ., 1979, 1987; Altherr ve diğ., 1979; Okrusch ve Bröker 1990, 1993)	Prekambriyen Eklojit / Almandin - amfibolit (?) (?) Alpin (Üst Kretase;?) Yeşil şist (Boray 1976; Çağlayan ve diğ., 1980; Göncüoğlu ve Turhan 1985; Okay ve diğ., 1985)
Pan-Afrikan Temel: Metagabrolarla bağlantılı eklojit oluşumları Örtü: Meta-offiyolitlerle bağlantılı eklojit oluşumları; mavişist metabazit ve sedimentleri, kloritoid + disten meta-konglomeraları (Candan ve diğ., 1994, 1997; Oberhänsli ve diğ., 1995a-b)	Pre-Alpidik Temel: (?) Permo-Mezozoik Örtü: eklojit; jadeit gnays, mavişist, kloritoid + disten ± Mg-karfolit kuvars şist, lawsonit (Okrusch ve diğ., 1985; Schliestedt 1986; Okrusch ve Bröker 1990)	Alt Seri: Bazik magmatik kayalarla bağlantılı eklojit oluşumları Üst Seri: (?) (Boray 1976; Göncüoğlu ve Turhan 1985; Okay ve diğ., 1985)	
YÜKSEK BASINÇ VE DÜŞÜK SICAKLIK HAZIRLANIŞI			

orta basınç Barrow türü metamorfizmanın yüksek sıcaklıklı kesimlerinde (korundum izogramı) yüksek basınç metamorfizması verileri tümüyle ortadan kalkmaktadır. Benzer ilişki, Selçuk yöresinde yüzlek veren blokları seriyi altlayan Mesozoyik yaşlı serilerde de gözlenmektedir. Mermerlerdeki zımpara yataklarının belirgin bir şekilde korendonca zengin olduğu Selçuk yöresinde, Dilek yarımadasındaki mavişistlerle aynı stratigrafik düzeyde bulunan metabazitler tümüyle yeşil şist fasiyesi parajenezleri sunmaktadır. Bu veriler, mavişist fasiyesi metamorfizmasını izleyen orta basınç Barrow metamorfizmasının Selçuk yöresinde daha yüksek sıcaklık koşullarında gerçekleştiğini göstermekte ve eklojitik bloklar içeren metaolistostromun matriksi içerisinde mavişist fasiyesi metamorfizmasına ait verilerin bulunmaması sorununa, ikinci olasılığı destekler nitelikte bir açıklama getirmektedir.

Menderes Masifi'nin örtü serisini etkileyen yüksek basınç/düşük sıcaklık epidot-mavi şist/eklojit fasiyesi metamorfizmasının yaşı sorununa yaklaşımda iki temel jeolojik veriden yararlanılabilir. Bunlar; *i) Menderes Masifi'nin kaya istifindeki en genç birimlerin yaşı; ii) Menderes Masifi'nin batı kesiminde uzanım gösteren Kikladik kompleksin metamorfik evrimidir.* Özer (1997) tarafından Milas güneyinde gerçekleştirilen çalışmada, Masifteki kaya istifinin en üst düzeyinde yer alan ve Selçuk yöresindeki metaolistostrom ile korele edilebilecek olan blokları serinin yaşının Orta Paleosen olduğu fosil bulguları ile saptanmıştır. Öte yandan, Menderes Masifi'nin kaya istifi ile büyük uyum gösteren (Çizelge 7; Şekil 11) Kikladik komplekste Eosen yaşlı epidot-mavi şist/eklojit fasiyesi metamorfizmasının varlığı uzun yıllardan beri bilinmektedir (Altherr ve diğ. 1979, Andriessen ve diğ., 1979 Okrusch ve Bröker 1990). Bu iki veri

MENDERES MASİFİ'NDE GRANULİT, EKLOJİT VE MAVİ ŞİST KALINTILARI



Şekil 11. Menderes Masifi ve Kikladik kompleksin metamorfizma özellikleri ve kaya birimleri açısından korelasyonu.

Figure 11. Correlation of the Menderes Massif and Cycladic complex in terms of the metamorphic characteristics and rock units.

değerlendirildiğinde Menderes Masifi'deki yüksek basınç metamorfizmasının da Tersiyer (Eosen ?) yaşlı olabileceği sonucuna varılmaktadır. Ayrıca sürdürülmekte olan bir proje kapsamında Dilek yarımadasındaki sodik amfibollerle birlikte bulunan fengitik mikalardan Ar/Ar yöntemiyle elde edilen ilksadyometrik veriler jeolojik bulguları destekler nitelikte 40 my dolayında yaşlar vermektedir (Oberhansli ve diğ. 1997). Menderes Masifi'nde yüksek basınç metamorfizması fazlarında retrograd dönüşümlere neden olan orta basınç metamorfizmasının yaşı konusunda elde sınırlı radyometrik veriler bulunmaktadır. Satır ve Friedrichsen (1986) ve Hetzel ve Reischmann (1996) tarafından Rb/Sr ve Ar/Ar yöntemleriyle beyaz mika ve biyotitlerden elde edilen yaşlar, Geç Eosen/Erken Oligoseni karakterize eder şekilde 35 My dolaylarında yoğunlaşmaktadır. Eldeki bu yeni bulgular Menderes Masifi'nde, Kikladik kompleksle büyük bir uyum gösterecek şekilde Tersiyer yaşlı bir yüksek basınç ve onu izleyen evrede gelişen orta basınç Barrow türü metamorfizmanın varlığını ortaya koymaktadır.

Mineral parajenezleri ve bunlara bağlı P-T hesapları gözönüne alındığında Menderes Masifi'ndeki sözkonusu Tersiyer yaşlı yüksek basınç metamorfizmasının bir yitme zonuna bağlı olarak geliştiği açıkça görülmektedir. Bu metamorfizmaya ait son yıllarda elde edilen bulgular masifin KB kesiminde, KD-GB uzanımlı bir zon içerisinde yoğunlaşmaktadır (Şekil 1). Buna karşın önceki çalışmalarda, Masifin güney kanadı boyunca uzanım sunan ve diaspor izogradı ile tanımlanan düşük dereceli metamorfik bölgede bu metamorfizmaya ait bulgulardan söz edilmemektedir. Çelişki gözükken bu durum, Tersiyer yaşlı yüksek basınç metamorfizmasının masifin tümünü etkilemesine karşın izleyen evrede gelişen orta basınç metamorfizmasının önceki parajenezlerde çok büyük oranda geri dönüşümlere neden olması modeli ile açıklanabilir. Selçuk ve Dilek yörelerindeki yüksek basınç metamorfizması parajenezlerinin bu zon içerisinde bile kısmen veya tamamen geri dönüşüme uğ-

ramış olması bu düşünceyi desteklemektedir. Öte yandan diğer bir olasılık ise, masifin kuzey/kuzeybatı kesiminin söz konusu yitme olayına katılması, diğer kesimlerinin ise yalnızca nap yükü altında orta basınç metamorfizmasına uğramasıdır. Eldeki mevcut veriler henüz bu modellerden birinin geçerliliğini kanıtlamakta yetersiz kalmaktadır.

Türkiye'deki Neotetis-Vardar okyanusunun genel evrimi içerisinde (Şengör ve Yılmaz 1981; Okay ve diğ. 1996) Geç Kretase'den itibaren bir okyanus içi yitme zonu boyunca Anatolit-Torid-Apulian Platformu'nm kuzeye doğru daldığı ve bu platformun en kuzey kesimini oluşturduğu kabul edilen Tavşanlı zonunun Senoniende yüksek basınç/düşük sıcaklık metamorfizmasına uğradığı kabul edilmektedir (Okay 1984). Menderes Masifi'nde ise Kiklidlara benzer şekilde, yüksek basınç/düşük sıcaklık metamorfizmasının yaşı Tersiyer (Eosen ?) olarak görülmektedir. Eldeki bu yeni veriler Neotetis-Vardar okyanusunun kapanması sırasında, Menderes Masifi'nin kısmen veya tümüyle kuzey-kuzeybatı eğimli bir yitme zonu boyunca yaklaşık 35 km'lik bir derinliğe gömülerek yüksek basınç/düşük sıcaklık metamorfizmasına uğradığını ortaya koymaktadır.

Şekil 11 ve Çizelge 7 birlikte değerlendirildiğinde, Menderes Masifi'nin Ege Denizinde yer alan Kikladik kompleksle gerek litostratigrafik kaya istifi, gerekse metamorfik evrim açısından son derece büyük benzerlikler sundukları açıkça görülmektedir. Özellikle son çalışmalarla elde edilen Menderes Masifi'ndeki Tersiyer yaşlı yüksek basınç/düşük sıcaklık metamorfizması konusundaki bulgular, bu iki kristalin bölgenin korelasyonundaki çok önemli bir engeli ortadan kaldırmıştır. Öte yandan Ios, Skinos ve Naksos adalarında Kikladik komplekse ait Pre-Alpidik temelin yüzlek verdiği bilinmektedir (Maar ve Jansen 1983). Bu adalardaki yaklaşık 500 my yaşlı gnayslar (Henjest-Kunst ve Kreuzer 1982) Kiklidlarnın temelindeki, henüz koşulları net olarak ortaya konulamamış Pan-Afrikan yaşlı bir olaym göstergesi olarak kabul edilmektedir (Okrusch ve Broker 1990). Menderes Masifi'nin Pan-Afrikan temelinden elde edilen granolitik ve eklojitik metamorfizmalara ait bulgular günümüze değin büyük ölçüde gizli kalmış Kiklidlarnın Pre-Alpidik temelinin metamorfik evriminin yorumlanmasına büyük katkılarda bulunabilecektir.

Menderes Masifi'nin kuzeyindeki Tavşanlı zonunda yüksek basınç/düşük sıcaklık metamorfizmasının Senoniyen yaşlı olduğu bilinmektedir (Okay 1984). Bu zonun hemen güneyinde yer alan Menderes Masifi'nde Eosen yaşlı bir büyük basınç metamorfizmasının saptanması,

Yunanistan ve Kiklad adalarında ortaya atılan (Jacobsen ve diğ., 1978; Papanikolaou 1987) Neotetis-Vardar okyanusunun evrimi içerisinde yitme zonunun güneğe doğru gençleşmesi modelinin Türkiye'ye de uygulanabilirliği gündeme gelmektedir. Dış Hellenidlerdeki benzer Geç Oligosen/Erken Miyosen yaşlı bir yüksek basınç/düşük sıcaklık metamorfizmasına (Siedel ve diğ. 1977) ilişkin verilerin Menderes Masifi'nin güneyindeki Mesozoyik serilerinde de saptanması durumunda, güneğe doğru gençleşmesi modeli Batı Anadolu'ya da uygulanabilecektir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma Almanya-Wolkswagen vakfı, TÜBİTAK YDABÇAG-494 nolu proje ve DEU 0908.92.05.05 nolu AFS projeleri kapsamında sağlanan desteklerle gerçekleştirilmiştir. Mikroprob analizlerinde gösterdiği kolaylıklardan dolayı R. Oberhansli'ye ve arazi çalışmalarındaki yardımlarından dolayı M. Çetinkaplan ve E. Koralay'a teşekkür ederiz.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Abrecht, J., Binno, G.G., Mercolli, I. ve Stille, P.. 1991. Mafic-ultramafic rocks associations in the Aar, Gotthard and Tavetsch massifs of the Helvetic domain in the Central Swiss Alps: markers of ophiolitic pre-Variscan sutures, reworked by polymetamorphic events? Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 71, 295-300.
- Akal, C, 1993, Occurrence, emplacement and origin of granites in the rothern part of the Ödemiş-Kiraz Submassif. Western Turkey. Master theses. Dokuz Eylül University, İzmir, 125 p. (yayımlanmamış).
- Akkök, R., 1983, Structural and metamorphic evolution of the northern part of the Menderes Massif: New data from the Derbent area and their implication for the tectonics of the massif. J. Geol., 91, 342-350.
- Altherr, R., Schliestedt, M., Okrusch, M., Seidel, E., Kreuzer, H., Harre, W., Lenz, H., Wendt, I ve Wagner. G.A.. 1979, Geochronology of high-pres sure rocks on S if no s (Cyclades, Greece). Contrib. Min. Per., 70, 245-255.
- Andriessen, P.A.M., Boelrijk, N.A.I.M., Hebeda, E.H., Preiem, H.N.A., Verdurmen, E.A.Th. ve Verschure. R.H.. 1979, Dating the events of metamorphism and granitic magmatism in the Alpine Orogen of Naxos (Cyclades, Greece). Contrib. Min. Pet., 69, 215-225.
- Andriessen, P.A.M., Banga, G. ve Hebeda, E.H.. 1987. Isotopic age study of pre-Alpine rocks in the basal units on Naxos, Skinos and Ios, Greek Cyclades. Geol. en Mijnbouw., 61/4, 3-14.
- Ashworth, J.R. ve Evirgen, M.M., 1984, Garnet and associated minerals in the southern margin of Menderes Massif.

MENDERES MASİFİ 'NDE GRANULİT, EKLOJİT VE MAVİ ŞİST KALINTILARI

- southwest Turkey. *Geol. Mag.*, 121/4,323-337.
- Austrheim, Tl. ve Griffen. W.L., 1985, Garnet and associated minerals in the southern margin of Menderes Massif, southwest Turkey. *Mag.*, 121/4, 323-337.
- Austrheim, H. ve Griffen. W.L., 1985, Shear deformation and eclogite formation within granulite-facies anorthosite of the Bergen arcs, western Norway. *Chem. Geol.*, 50, 267-281.
- Ayan, M., 1979, The origin of the some granites occurring in the Menderes Massif and their relations with the uranium mineralization. *Comm. de la Fac. des Scien del'uni d'Ankara*, C22, 91-128.
- Baker, A.J., 1986, Eclogitic amphibolites from the Grampian Moines. *Min. Mag.*, 50, 217-221.
- Barbey, P., Capdevila, R. ve Hameurt, J., 1982, Major and transition trace element abundances in the Khondalite suite of the granulite belt of Lapland (Fennoscandia): Evidence for an early Proterozoic flysch belt. *Precambrian Research*, 16,237-240.
- Başarı, E., 1970, Bafa Gölü doğusunda kalan Menderes Masifi güney kanadının petrografisi ve jeolojisi. *Ege Üniversitesi, Fen. Fak. Yayınlan.*, no. 102.
- Başarı, E., 1975, Çine güneydoğusundaki metamorfitleerin petrografisi ve bireysel indeks minerallerin doku içerisindeki gelişimleri. *Doçentlik tezi.*, Ege Üniv. Fen. Fak., 95 s. (yayınlanmamış).
- Bhattacharya, A., Krishnakumar, K., Raith, M. ve Sen, S.K., 1990, An improved set of a-X parameters in Fe-Mg-Ca garnets and refinement of the orthopyroxene-garnet thermometer and the garnet-orthopyroxene-plagioclase-quartz barometer. *Submitted to j. Petrol.*
- Binno, G.G., 1995, Pre-variscan evolution of the eclogitized mafic rocks from the Helvetic basement of the central Alps. *Eur. J. Mineral.*, 7,57-70.
- Bohlen, S.R ve Essene, E.J., 1978, Igneous pyroxenes from metamorphosed anorthosite massifs. *Contrib. Min. Pet.*, 65; 443-442.
- Bohlen, S.R. ve Mezger, K., 1989, Origin of granulite terranes and the formation of the lowermost continental crust. *Science.*, 244, 326-329.
- Boray, A., 1976, Bitlis Metamorfitleeri (masifi) üzerine. *Yeryuvarı ve insan*, 1/1,74-76.
- Boray, A.; Akat, U., Akdeniz, N., Akçören, Z., Çağlayan, A., Günay, E., Korkmazer, B., Öztürk, E.M. ve Sav, H., 1973, Menderes Masifi'nin güney kanadı boyunca bazı Önemli sorunlar ve bunların muhtelif çözümleri. *Cumhuriyetin 50. yılı Yer Bil. Kong.*, 11-20.
- Bozkurt, E. ve Park, G.R., 1994, Southern Menderes Massif: an incipient metamorphic core complex in western Anatolia, Turkey. *Jour. Geol. Soc.*, 151,213-216.
- Bozkurt, E., Winchester, J.A. ve Park. R.G., 1995, Geochemistry and tectonic significance of augen gneisses from the southern Menderes Massif (West Turkey). *GeolMag.*, 132,287-301.
- Brinkmann, R., 1967, Die Sürflanke des Menderes Massivs bei Milas, Bodrum und ören. *Scient. Rep. Fac. Sci. Ege Univ.*, 43, 3-12.
- Candan, O., 1994, Alaşehir kuzeyinde (Menderes Masifi-Demirci Gördes Asması) gözlenen metagabrolanın petrografisi ve metamorfizması. *Türkiye Jeol. Bül.*, 37, 29-40.
- Candan, O., 1995, Menderes Masifinde kalıntı granulit fasiyesi metamorfizması. *Doğa Türk Yerbilimleri Dergisi*, 4, 35-55.
- Candan, O., 1996-a, Çine Asması'ndeki (Menderes Masifi) gabroların metamorfizması ve diğer asmasılarla karşılaştırılması. *Doğa Türk Yerbilimleri Dergisi*, 5, 123-139.
- Candan, O., 1996-b, Kiraz-Birgi çevresindeki (Menderes Masifi/ödemiş-Kiraz Asması) metagabrolanın petrografisi ve metamorfizması. *H.Ü. Yerbilimleri*, 18, (Baskıda).
- Candan, O. ve Kun, N., 1989, Menderes Masifi'nin batısında Paleomelanaj kuşağının varlığı. *TPJD Bül.*, 1/3, 237-251.
- Candan, O. ve Kun, N., 1991, Possible Pan-African metavolcanics in the ödemiş Submassif of the Menderes Massif, western Turkey. *Mineral Res. Expl. Bull.*, 112,1-16.
- Candan, O., Dora, O.Ö., Dürr, St. ve Oberhansli, R., 1994, Erster nachweis von Granulit-und Eklogit-Relikten im Menderes Massiv/Türkei. *Göttinger. Abr. Geol. Paläont.* 5. Symposium TSK 217-220,2 Abb.
- Candan, O., Dora, O.Ö., Oberhansli, R. ve Dürr, St., 1995, Relicts of high-pressure metamorphism in the Menderes Massif: Eclogites. *International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region-1995, Izmir-Turkey, Abstracts*, 8-9.
- Candan, O., Dora, ö., Oberhansli, R., Oelsner, F and Dürr, S., 1997, Blueschist relics in the Mesozoic series of the Menderes Massif and correlation with Samos Island, Cyclades. *Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt.*, 77,95-99.
- Carswell, D.A., 1990, *Eclogite Facies Rocks*. Blackie Glasgow and London, 395 pp.
- Coleman, R.G., Lee, D.E., Beatty, L.B ve Brannock, W.W., 1965, Eclogites and eclogites: Their differences and similarities. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 76,483-508.
- Cooray, P.G., 1969, Charnockites as metamorphic rocks. *Am. Sci.*, 267,969-982.
- Cortesogno, L., Ernst, W.G., Galli, M., Messiga, B., Pedemonte, G.M ve Piccardo, G.B., 1977, Chemical petrology of eclogitic lenses in serpentinite gruppe di Volti, Ligurian Alps. *J. Geol.*, 95,255-277.

- Çağlayan, M.A., öztürk, E.M., öztürk, Z., Sav, H. ve Akat. U., 1980. Menderes Masifi güneyine ait bulgular ve yapısal yorum. M.T.A. Bült., 8,9-17.
- Çetinkaplan, M., 1995, Geochemical mineralogical and petrographical investigation of the eclogites in southern part of Tire area, Ödemiş-Kiraz Submassif of Menderes Massif. Master theses, D.E.Ü. Graduate school of nature and applied sciences, 92 pp. (yayınlanmamış)
- Dasgupta, S., 1993, Contrasting mineral parageneses in high-temperature calc-silikate granulites: Examples from the eastern Ghats, India. *Metamorphic Geol.*, 11,193-202.
- De Wit, M.J. ve Strong, F., 1975, Eclogite-bearing amphibolites from the Appalachian mobile belt, north west Newfoundland: Dry versus wet metamorphism. *J. Geol.*, 83, 609-627.
- Dora, O.Ö., 1975, Menderes Masifindeki alkali feldspatların yapısal durumları ve bunların petrojenetik yorumlarda kullanılması. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bült.*, 18, 111-126.
- Dora, O.Ö., 1981, Menderes MasifTnde petroloji ve feldspat incelemeleri. *Yerbilimleri.*, 18, 111-126.
- Dora, O.Ö., Kim, N ve Candan, O., 1988, Metavolcanics (leptites) in the Menderes Massif: A possible Paleoaarc volcanism. *METİS Journal of Pure and Applied Sciences*, 21, No: 1-3,413-445.
- Dora, O.Ö., Kim, N ve Candan, O., 1990, Metamorphic history and geotectonic evolution of the Menderes Massif. *Proc. of International Earth Sciences Congress on Aegean Regions, Vol. 2, Izmir/Turkey*, 102-115.
- Dora, O.Ö., Ktın, N ve Candan, O., 1992, Menderes Masifi'nin metamorfik tarihçesi ve jeotektonik konumu. *Türkiye Jeol. Bült.*, 35,1-1.4.
- Dora, O.Ö., Candan, O., Kun, N. ve Akal, C., 1994, Menderes Masifi'nin evrimi ve orta kesiminin (Ödemiş-Kiraz Asması) 1: 500.000 ölçekli jeoloji haritasının yapılması. TBAG-937/YBAG-0012nolu TÜBİTAK projesi, 121 s.
- Dora, O.Ö., Candan, O., Dürr, St ve Oberhanslı, R., 1996, New evidence concerning the geotectonic evolution of the Menderes Massif. *International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region-1995, Proceeding* (in press), Izmir-Turkey.
- Droop, G.T.R., 1983, Pre-Alpine eclogites in the Pennine basement complex of the Eastern Alps. *J. Metamorphic Geol.* 1,3-12.
- Dürr, St., 1975, Über alter und geotektonische stellung des Menderes Kristallins/SW-Anatolien und seine equivalente in der Mittleren Aegean. *Habilitation thesis, University of Marburg*, 107p. (yayınlanmamış)
- Dürr, St., Allherr, R., Keller, J., Okrusch, M. ve Seidel, E., 1978, The median Aegean crystalline belt: Stratigraphy, structure, metamorphism, magmatism. In *closs, H. Poeder, D.H. and Schmidt, K. (Eds), Alps, Apennines, Heliénides.*, 455-477, Schweizerbart, Stuttgart.
- Dürr, S., Dora, O.Ö., Candan, O., Özer, S. ve Güngör, T., 1995, Excursion guide, *International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region-1995, Izmir-Turkey.*
- Ellis, D J. ve Green, D.H., 1979, An experimental study of the effects of Ca upon garnet-clinopyroxene Fe-Mg exchange equilibria. *Contrib. Mini. Pet.* 71,13-22.
- Erdoğan, B., 1993, Menderes Masifi'nin kuzey kanadının stratigrafisi ve çekirdek-örtü ilişkisi. 46. *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, s. 56.
- Erdoğan, B. ve Dora, O.Ö., 1983, Bitlis Masifi apatitli demir ya taklarının jeolojisi ve oluşumu. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bült.*, 26,133-144.
- Erdoğan, B ve Güngör, T., 1992, Menderes Masifi'nin kuzey kanadının stratigrafisi ve tektonik evrimi. *TPJD Bülteni*, c.2/1,S.1-20.
- Ernst, W.G., 1976, Mineral chemistry of eclogites and related rocks from Voltri Group, Western Liguria, Italia. *Schweiz. Mineral. Petrog. Mitt.* 56,293-343.
- Ernst, W.G., 1977, Mineralogical study of eclogitic rocks from Alpe Arami, Lepontine Alps, southern Switzerland. *J. Petrol.*, 19,371-398.
- Essene, E.J. ve Fyfe, W.S., 1967, Omphacite in Califbrnian metamorphic rocks. *Contrib. Min. Pet.* 15,1-23.
- Evans, B.W., 1990, Phase relations of epidote-blueschist Lithos, special. *T.I.E.C. issue.*, 25, 3-23.
- Evirgen, M.M., 1979, Menderes Masifi kuzey kesiminde (Ödemiş-Bayındır-Turgutlu) gelişen metamorfizma ve bazı ender parajenezler. *Türkiye Jeoloji Kur. Bült.* 22, 109-111.
- Ferry, J.M. ve Spear, F.S., 1978, Experimental calibration of the partitioning of Fe and Mg between biotite and garnet. *Contrib. Min. Pet.* 66,113-117.
- Güncüoğlu, M.C. ve Turhan, N., 1985, Bitlis Metamorfik kuşağı orta bölümünün temel jeolojisi. *MTA raporu*, 216 s.
- Griffen, W.L., 1987, On the eclogites of Norway'-65 years later. *Min. Mag.*, 51, 333-343.
- Griffen, W.L. ve Heier. K.S., 1969, Petrogeneses of gamet in granulite-facies rocks, Lofoten-Vesteraalen, Norway. *Contrib. Min. Pet.*, 23,89-116.
- Haas, H., 1972, Equilibria in Üe system Al₂O₃-SiO₂-H₂O involving the stability limits of diasporé and pyrophyllite, and thermodynamic data on these minerals. *Am. Miner.*, 57,1375-1385.
- Hansen, E.C., Janardhan, A.S., Newton, R.C., Prame, W.K.B.N ve Kumar, G.R., 1987, Arrested charnockite formation in southern India and Sri Lanka. *Contrib. Min. Pet.* 96, 225-244.

MENDERES MASİFİ'NDE GRANULİT, EKLOJİT VE MAVİ ŞİST KALINTILARI

- Helvacı, C. ve Griffen, W.L., 1985, Rb-Sr geochronology of the Bitlis Massif, Avnik (Bingöl) area, S.E. Turkey. (Ed) Dixon, J.E. and Robertson, A.H.F. Geol. Evolution of the Eastern Mediterranean, Special Pub. of the Geol. Soc no. 17,403-413.
- Henjes-Kunst, F. ve Kreuzer, H., 1982, Isotopic dating of Pre-Alpidic rocks from the island of Ios (Cyclades, Greece). Contrib. Min. Pet. 80, 245-253.
- Henrich, C.A., 1982, Kyanite-eclogite to amphibolite facies evolution of hydrous mafic and pelitic rocks, Adula Nappe central Alps. Contrib. Min. Pet., 81,30-38.
- Hetzel, R., Ring, U., Akal, C ve Troesch, M., 1995, Miocene NNE-directed extensional unroofing in the Menderes Massif, Southwestern Turkey. J. Geol. Soc, London., 152,1-16.
- Hetzel, R ve Reischmann, T., 1996, Intrusion age of Pan-African augen gneisses in the southern Menderes massif and the age of cooling after Alpine ductile extensional deformation. Geol. Mag. 133,565-572.
- Hetzel, R., Uwe, R., Passchier, C, Candan, O ve Rolfomer, 1997, Contrasting Alpine contractional and extensional fabrics in the central Menderes massif, southwestern Turkey (Hazırlanmakta).
- Holland, T.J.B., 1980, The reaction albite=jadeite+quartz determined experimentally in the range 600-1200 °C. Am. Min., 65,129-134.
- Indares, A., 1993, Eclogitized gabbros from the eastern Greenville province: textures, metamorphic context and implications. Can. J. Earth Sci., 30, 159-173.
- Indares, A ve Rivers. T., 1995, Textures, metamorphic reactions and thermobarometry of eclogitized metagabbros: a Proterozoic example. Eur. J. Mineral., 7,43-56.
- Jacobshagen, V., Dürr, St., Kockel, F., Kopp, K.O. And Kowalczyk, G., 1978, Structure and geodynamic evolution of the Aegean region. Inter-Union commission on geodynamics scientific report No. 38,537-564.
- Janardhan, A.S., Newton, R.C ve Hansen, E.C., 1982, The transtion of amphibolite facies gneiss to charnockite in southern Kantaka and northern and northern Tamil Nadu, India. Contrib. Min. Pet., 79, 130-149.
- Kaaden, G ve Metz, K., 1954, Dağa-Muğla-Dalama çayı (SW-Anadolu) arasında kalan bölgenin jeolijisi. MTA Bül, 71-76.
- Katz, M.B. ve Kensington, N.S.W., 1971, The Precambrian metamorphic rocks of Ceylon. Geol. Rundsch., 60, 4, 1523-1549.
- Konak, N., Akdeniz, N. ve Öztürk, E.M., 1987, Geology of the south of Menderes Massif, I.G.C.P. project no: 5, Correlation of Variscan and pre-Variscan events of the alpinemediterranean mountain belt, field meeting, Turkey, 42-53.
- Koralay, E ve Dora O., 1997, Menderes Masifi'nde Derbent (Ağşehir) yöresinin jeolojisi ve olası Hersiniyen metamorfizması. TJK Bül. (Baskıda).
- Krogh, E.J., 1988, The garnet-clinopyroxene Fe-Mg geothermometer-a reinterpretation of existing experimental data. Contrib. Min. Pet., 99,44-48.
- Kun, N., 1983, Çine dolayının petrografisi ve Menderes Masifinin güney kesimine ait petrografik bulgular. Doktora tezi. D.E.Ü. Fen Bilg. Enst. 125 s. (Yayımlanmamış).
- Kun, N ve Candan, O., 1987, Menderes Masifi'nde erken Paleozoik yaşlı bazik damar kay alan. Yerbilimleri, 14, 121-132.
- Kun, N., Dora, O.Ö., Tuzcu, N ve Candan, O., 1988, Menderes Masifi'ndeki gabro stoklarının petrolojisi, Akdeniz Univ., İsparta Müh. Fak. Derg.,4, 304-325.
- Lappin, MA ve Smith, D.C., 1978, Mantle equilibrated orthopyroxene eclogite pods from the basal gneisses in the Selje District, Western Norway. J. Petrol., 3, 530-584.
- Lardeaux, J.M. ve Spalla, M.I., 1991, From granulites to eclogites in the Sesia zone (Italian western Alps): A record of the opening and closure of the piedmont ocean. J. Metamorphic eol., 9,35-59.
- Leake, B.E., 1978, Nomenclature of amphiboles. Am. Miner., 63,1023-1053.
- Loose, S ve Reischmann, T., 1995, Geochronological data on the southern Menderes Massif, SW Turkey, obtained by single zircon Pb evaporation. Terra abstr., 7/1, 353.
- Maar, P.A. van der., 1981, Metamorphism on Ios the geological history of the southern Cyclades, Greece. Dissertati-on. Geologica Ultrajectina, 28,1-142, Utrecht.
- Maar, P.A. van der. ve Jansen, J.BI-L, 1983, The geology of the polymetamorphic complex of Ios, Cyclades, Greece and its significance for the Cycladic Massif. Geol. Rundsch., 72,1,283-299.
- Magetti, M ve Galetti, G., 1988, Evolution of the Silvretta eclogites: metamorphic and magmatic events. Schweiz. Mineral. Petrog. Mitt., 68,467-484.
- Masberg, HP., Hoffer, A. ve Huernes, S., 1992, Microfabrics indicating granulite facies metamorphism in low-pressure central Damara orogen, Namibia. Precambrian Research., 55, 243-257.
- Massonne, H.J. ve Schreyer, W., 1987, Phengite geothermometry based on the limiting assemblage with K-Feldspar, phlogopite and quartz. Contrib. Min. Pet., 96,212-224.
- McGregor, V.R. ve Friend, C.R.L., 1992, Late Archean prograde amphibolite- to granulite facies relations in the Fiskeneset region, southern west Greenland. J Geol., 100, 207-219.
- McLelland, J.M. Lochhead. A ve Vybnal, C, 1987, Evidence for

- multiple metamorphic events in the Adirondack mountains N.Y. Geol., 96,279-298.
- Miller, C., 1974, Reaction rims between olivine and plagioclase in metaperidotites, öztal Alps, Austria. *Contrib. Min. Pet.*, 43, 333-347.
- Miyashiro, A., 1957, The chemistry, optics and genesis of alkali-amphiboles. *J. Fac. Sci. Univ. Tokyo*, 11,57-83.
- Morimoto, N., 1988, Nomenclature of pyroxenes. *Am. Miner.*, 73,1123-1133.
- Mork, M.B., 1985, A gabbro to eclogite transition on Flemsøy Sunnmore, western Norway. *Chem. Geol.*, 50,283-310.
- Mork, M.B., 1986, Coronite and eclogite formation in olivine gabbro (Western Norway): reaction paths and garnet zoning. *Min. Mag.*, 50,417-426.
- Motoyoshi, Y., Thost, D.E. ve Hensen, B.J., 1991, Reaction texture in calc-silicate granulites from the Bolingen island, Prydz Bay, East Antarctica: Implications for the retrograde P-T path. *J. Metamorphic Geol.*, 9, 293-300.
- Newton, R.C., 1987, Petrologic aspects of Precambrian granulite facies terrains bearing on their origins. In: Kroner A (ed) Proterozoic lithospheric evolution. *Am. Geophys. Union Geo-dynamics Series.*, 17: 11-26.
- Newton, R.C., 1992, An overview of charnockite. *Precambrian Research.*, 55, 399-405.
- Newton, R.C. ve Smith, J.V., 1967, Investigations concerning the breakdown of albite at depth in the earth. *J. Geol.*, 75, 268-286.
- Oberhänsli, R., Candan, O., Mezger, K., Dora, O.Ö. ve Diirr, St., 1995-a, Eclogites and granulites in the Menderes Massif, Western Turkey. *EUG. 8, Strasburg, Terra abst.*, 18.
- Oberhänsli, R., Candan, O., Mezger, K., Dora, O.Ö. ve Diirr, St. 1995-b, High-pressure relics in the Menderes Massif, Turkey. *Bochumer. Geol. U. Geotech. Arb.*, 44: 132-133.
- Oberhänsli, R., Candan, O., Dora, O.Ö. ve Diirr, St., 1996, Eclogites within the Menderes crystalline complex/western Turkey/anatolia. *Lithos (Baskıda)*.
- Oberhänsli, R., Morie, P., Candan, O., Oelsner, F. Partzsch, J ve Dora, Ö., 1997, The age of blueschist overprint in the Mesozoic cover series of the menderes massif. (Hazırlamakta).
- Oelsner, F., Candan, O ve Oberhänsli, R., 1997, New evidence for the time of the high grade metamorphism in the Menderes massif, Western-Turkey. *Geologische Vereinigung, 1997, Zürich*.
- Okay, A., 1984, Distribution and characteristics of the north-west Turkey blueschist. Dixon and Robertson Eds: The geological evolution of the Eastern Mediterranean Special publication., 17,455-465.
- Okay, A.İ., Arman, M.B. ve Göncüoğlu, M.C., 1985, Petrology and phase relations of the kyanite eclogites from eastern Turkey. *Contrib. Min. Pet.*, 91,196-204.
- Okay, A., Satır, M., Maluski, M., Siyako, M., Monie, P., Metzger, R ve Akyüz, S., 1996, Paleo-and Neo-Tethyan events in northwestern Turkey: Geologic and geochronologic constraints. Yin and Harrison Eds: The tectonic evolution of Asia, 420-441.
- Okrusch, M. and Bröcker, M., 1990, Eclogites associated with high-grade blueschists in the Cycladic archipelago, Greece: a review. *Eur. J. Mineral.*, 2,451-478.
- Okrusch, M., Richter, P. ve Katsikatos, G., 1985, High pressure rocks of Samos, Greece. The geological evolution of Eastern Mediterranean. *Geol. Soc. London. Spec. Pub.* 17, (ed.) Dixon and Robertson., 529-536.
- Okrusch, M., Schroder, B. ve Schnutgen, A., 1979, Granulite facies metabasite ejahta in the Laacher See area, West Germany. *Lithos.*, 4/79, 251-270.
- Okrusch, M. ve Bröcker, M., 1993, Polymetamorphic evolution of pre-Alpidic basement rocks on the island of Siki nos (Cyclades, Greece). *NJb. Miner. Mh.*, H-4, 145-162.
- onay, T.Ş., 1949, Über die smirgelgesteine SW-Anatoliens. *Schweiz. Mineral. Petrog. Mittl.*, 29, 359-484.
- özer, S., 1993, Upper Cretaceous rudists from the Menderes Massif. 6 th. Cong. of the Geol. Soc. of Greece Bull. of the Geol. soc. of Greece, XXVIII, 3,55-73.
- özer, S., 1997, Rudist bearing upper Cretaceous metamorphic sequences of the Menderes Massif (Western Turkey). (Baskıda).
- Papanikolaou, D.J., 1979, Unites tectoniques et phases de deformation dans File de Samos, Mer Egee, Greece. *Bull. Soc. Geol. France.*, XIX, 6, 745-752.
- Papanikolaou, D.J., 1987, Tectonic evolution of the Cycladic blueschist belt (Aegean Sea, Greece). H.C. Helgeson (ed.), NATO ASI series, Series C: Mathematical and physical sciences Vol. 218. *Chemical Transport in Metasomatic Processes*, 429-450.
- Perchuk, L.L., Aranovich, L.Y., Podlesskii, K.K., Lavrant'eva, I.V., Gerisimov, V.Yu., Fed'kin, V.V. Kitsul, V.I., Karsakov, L.P. ve Berdnikov. N.V., 1985, Precambrian granulites of the Aldan shield. Eastern Siberia. *U.S.S.R. J. Metamorphic Geol.*, 3,265-310.
- Rahn, M., 1991, Eclogites from the Minugrat, Siviez-Mischabel nappe (Valais, Switzerland). *Schweiz. Mineral. Petrog. Mitt.*, 71,415-426.
- Savage, D. ve Sills, JX., 1980, High-pressure metamorphism in the Scuarian of NW Scotland: Evidence from garnet granulites. *Contrib. Min. Pet.*, 74,153-163.
- Satır, M. ve Friedrichsen, H., 1986, The origin and evolution of the Menderes massif, W-Turkey: Rubidium/Strontium

MENDERES MASİFİNDE GRANULİT, EKLOJİT VE MAVİ ŞİST KALINTILARI

- um and oxygen isotope study. *Geol. Rundsch.*, 75/3, 703-714.
- Schreurs, J. ve Westra, L., 1986, The thermo tectonic evolution of a Proterozoic, low pressure granulite dome, west Ulu-simaa, SW Filland. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 93, 236-250.
- Seidel, E., Kreuzer, H. and Harre, W., 1977, K/Ar dates of the Cretan phyllite-Quartzite series. *Vi Coll. Geol. Aegean Region, Athens*, 1,121-127.
- Sen, SK. ve Bliattacharya, A., 1984, An orthopyroxene-garnet thermometer and its application to madras charnockites. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 88, 64-71.
- Şengör A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981, Tethyan evolution of Turkey. A plate tectonic approach. *Tectonophysics*. 75, 181-241.
- Şengör, A.M.C., Satır, M. ve Akkök, R., 1984, Timing of tectonic events in the Menderes Massif, western Turkey. Implications for tectonic evolution and evidence for Pan-African basement in Turkey. *Tectonics.*, 3, 7,693-707.
- Schliestedt, M., 1986, Eclogite-Blueschist relationships as evidenced by mineral equilibria in the high-pressure metabasic rocks of Sifnos (Cycladic islands), Greece. *J. Petrol.*, 27,6,1437-1459.
- Schuiling, R.D., 1962, On petrology, age and structure of the Menderes migmatite complex (SW-Turkey). *Bull. Mineral. Res. Explor. Inst. Turkey.*, 58,71-84.
- Smith, D.C., 1988, Eclogites And Eclogite Facies Rocks. Elsevier., 524 pp.
- Vielzeuf, D., 1988, Granulites and their problems. *Terra Cognita.*, 8,235-239.
- Waard, D., 1966, The occurrence of garnet in the granulite-facies terrane of the Adirondack highlands. *J. Petrol.*, 6, 165-191.
- Waters, B J. ve Whales, C.J., 1984, Dehydration melting and granulite transition in metapelites from southern Namaqualand, S. Africa. *Contrib. Min. Pet.*, 88,269-275.
- Wilkerson, A., Carlson, W.D., ve Smith, D., 1988, High-pressure metamorphism during the Liyona orogeny inferred from proterozoic eclogite remnants. *Geology.*, 16, 391-394.
- Yardley, B., 1989, *An Introduction To Metamorphic Geology.* Longman Publishers, 248 pp.
- Yılmaz, O., 1971, *Etude petrographique et geochronologique de la region de Cacas.* Doktora tezi, Univ. Grenoble, 230 pp (Unpublished)..
- Yılmaz, O., 1975, Cacas bölgesi (Bitlik Masifi) kay açlarının petrografik ve stratigrafik incelemesi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni.*, 18/1, 33-40.

Makalenin geliş tarihi: 11.09.1997

Makalenin yayına kabul edildiği tarih: 22.11.1997

Received September 11, 1997

Accepted November 22, 1997

