

# Dağardı güneyi (Kütahya) ofiyoliti' nin jeolojisi ve jeokimyasal özellikleri

Gürkan BACAĞ\*, Bektaş UZ

İTÜ Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34469, Ayazağa, İstanbul

## Özet

Dağardı Bölgesi ve güneyinde bulunan çalışma alanı, Kuzeybatı Anadolu'da İzmir-Ankara Stur Kuşağı üzerinde yer almaktadır. Çalışma alanının temelinde, yeşil şist fasiyesinde metamorfizmaya uğramış Egrigöz Metamorfikleri yer alır. Bölgede ofiyolitik kayaçların yerleşim yaşı Senomaniyen-Mastrihtiyen olarak kabul edilmektedir. Bazik lavlar, spilitik diyabazlar, metadiyabazlar petrografik, jeokimyasal ve saha özellikleri açısından okyanus ortası sırt ortamı özelliği gösterirler. Metadiyabazlarda glokofan ve lavsonitin varlığı, bu kayaçların dalım sırasında, YB/DS metamorfizması etkisinde kaldıklarını gösterir. Bazik lav ve diyabazların ilksel manto kaynağının %5-15' lik tüketimi ve az oranda kısmi ergimesiyle geliştikleri belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Dağardı Bölgesi, bazik lav, diyabaz, jeokimya, ofiyolit.

## Geology and geochemical properties of Southern Dağardı (Kütahya) Ophiolite

### Abstract

The study area that is Dagardi Region and its southern side is located in İzmir-Ankara Sture Zone in Northwest Anatolia. In basement of the study area, Egrigöz Metamorphic rocks, affected of low degree green schist metamorphism, are found. Ophiolitic melange tectonically overlies Egrigöz Metamorphics. In the region the emplacement age of the ophiolitic rocks are considered from Senomaniyen to Maastrichtian. Egrigöz Granite formed and intruded, associated with the N-S directioned tensional regime in the region of Aegan probably between Oligosen and Miocene. It cut Egrigöz Metamorphics and outhohton limestones, emplaced as a batolite. Neogen aged volcano-sedimentary rocks directly overlie the ultrabasic unit, ophiolitic melange and partially limestones as an angular unconformity. Basic lavas, spilitic diabases and metadiabases indicate the middle ocean ridge region properties with respect to their petrographical, geochemical and field data. Glaucofane and lawsonite existence within the metadiabases, show us, that rocks had been undergone HP/LT metamorphism during the subduction process and necessary about the pressure of  $6\pm 2$  kb., the temperature of 200-250 °C and nearly at depths of 15-20 km. in conditions. From the results of the chemical analyses of ultrabasic rock, basic lava, diabase rock patterns, all these rocks had been formed from the 5-15 % percentage of mante depletion, low degree of melting and show quartz-tholeiitic, olivine-tholeiitic and less amount of alkaline oriented character

**Keywords:** Dagardi Region, basic lava, diabase, geochemistry, ophiolite.

---

\*Yazışmaların yapılacağı yazar: Gürkan BACAĞ. bacakgur@itu.edu.tr; Tel: (212) 285 61 61.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Maden Fakültesi'nde tamamlanmış olan " Dağardı güneyi (Tavşanlı-Kütahya) ofiyoliti'nin mineralojik, petrografik ve petrojenetik incelenmesi" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 02.05.2003 tarihinde dergiye ulaşmış, 18.06.2003 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.12.2003 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

## Giriş

İnceleme alanı Kütahya İli, Alabarda, Değirmisaz, Eğrigöz, Dağardı poligonu içerisinde, yaklaşık 800 km<sup>2</sup>'lik alanı kapsamaktadır (Şekil 1). İnceleme alanı İzmir-Ankara Sütur Zonu içerisindedir. Kuzeyinde Pontidler'e dahil olan Sakarya Zonu ve kuzey batıda ise Tavşanlı Zonu yer alır (Okay vd., 1998). Sakarya zonu Şengör ve Yılmaz (1981)'in Sakarya Kıtası'na karşılık gelir. güneyde Afyon Zonu ve Menderes Masifi yer alır. İzmir-Ankara Zonu Mesozoyik'te varolan Neotetis Okyanusu'nun kalıntılarını temsil etmektedir. İnceleme alanı, Tavşanlı Zonu'nun hemen güneyindedir ve üzerinde yer aldığı İzmir-Ankara sütur Zonu, Şengör ve Yılmaz (1981), Yılmaz (1990)'a göre Geç Kretase ve Alt Eosen aralığı boyunca kuzeye doğru batan, güneyde Anatolid-Torid Platformu ve kuzeyde Sakarya Kıtası arasında sıkışmış Neotetis Okyanusu'nun kuzey kolunun (Vardar Okyanusu) kalıntılarını temsil etmektedir.

## Jeolojik birimler ve konumları

İnceleme sahası içinde yer alan kaya birimleri tabandan itibaren özetle; metamorfik temel (Eğrigöz Metamorfikleri), Ofiyolitik Melanj, Ultrabazik Birim (masif), Otokton Kireçtaşları, Eğrigöz Graniti, Volkano-sedimanter Örtü kayaçları (Neojen yaşlı seriler) ve Alüvyon yayılımlarıdır (Şekil 2).

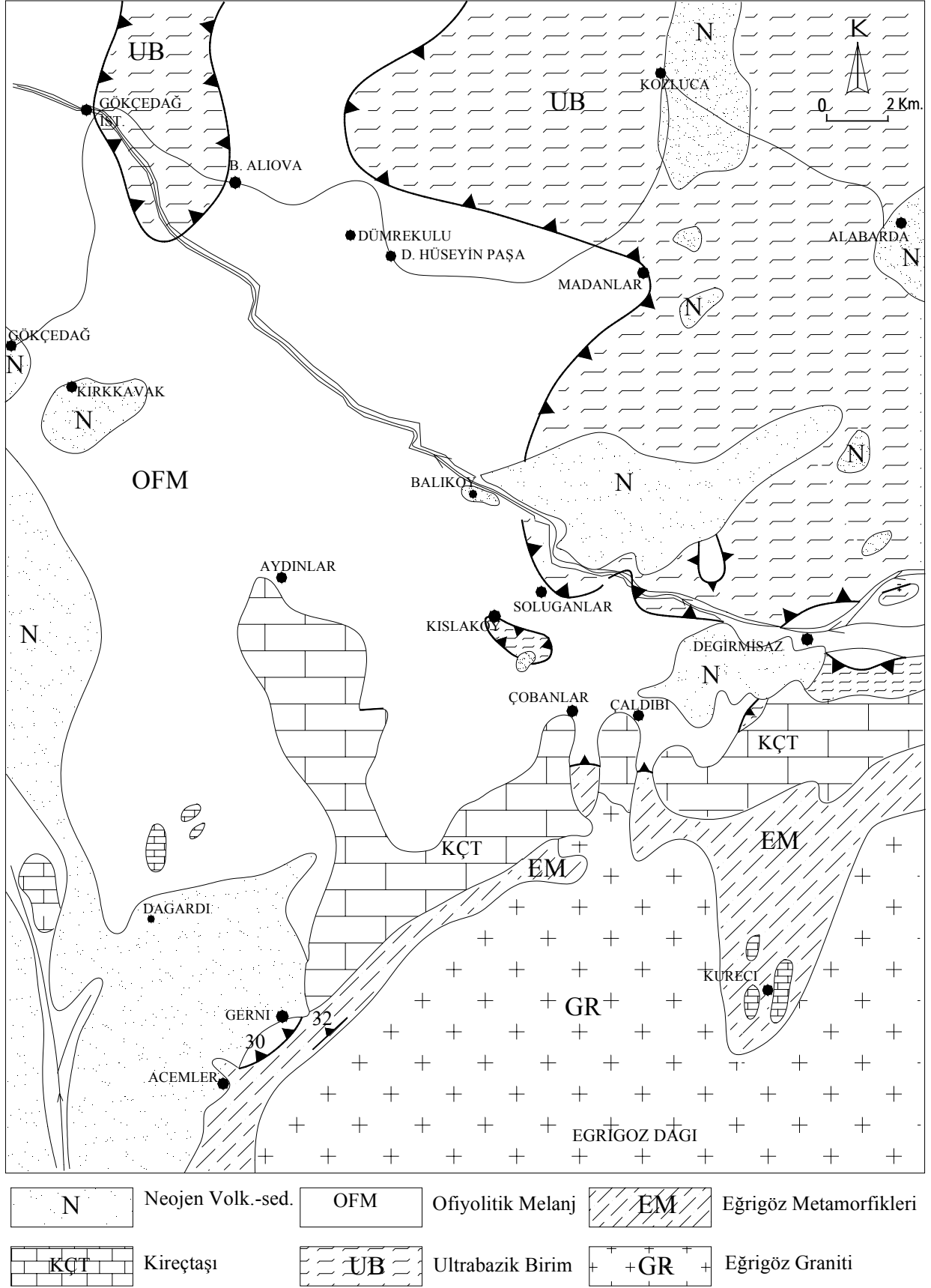
*Taban Metamorfikleri*-İnceleme sahası, güney kesiminde, Eğrigöz Graniti ve Ofiyolitik Melanj arasında dar bir alanda D-B istikametinde yayılım sunan taban metamorfikleri, düşük dereceli yeşilşist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş kuvars serisit şist, kuvarslı, serisitli talkşist, muskovitli kalkşist, serisitli kalkşist, muskovit-serisit şist, talk-serisit şist, kuvarslı-serisitli talkşist türü metamorfik kayaçlardan oluşmakta olup, iyi derecede şistoziteli, ince tane boyutlu ve sağlam özelliktedir. İnceleme sahası içinde Eğrigöz Graniti çevresinde yayılım sunduklarından, Eğrigöz Metamorfikleri olarak adlanmıştır. Metamorfiklerin alt sınırı inceleme alanı içerisinde gözlenmemekte olup, üst sınırı, Ofiyolitik Melanj ile tektonik dokanaklı (bindirme faylı) olup, Ofiyolitik Melanj yaklaşık D-B/30-40° konumlu bindirme ile Eğrigöz Metamorfiklerini üzerlemektedir. Metamorfikler saha litolojik

ve yapısal özellikleri açısından Afyon Zonu Metamorfikleriyle ilişkilendirilebilir. Metamorfikler, Kalafatçoğlu (1962)'ye göre Paleozoyik yaşlılardır. Özgül (1976) Eğrigöz Metamorfiklerine benzer litolojideki Afyon Zonu Metamorfikleri için Paleontolojik bulgulara göre Devoniyen yaşını uygun görmüşlerdir. Zonun metamorfizmadan etkilenmemiş üst seviyeleri ise (karbonat çökelleri) Mastrohtiyen yaşlıdır.

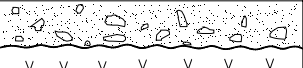
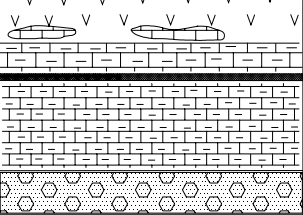
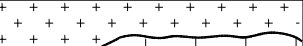
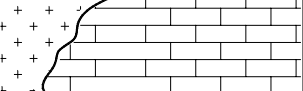
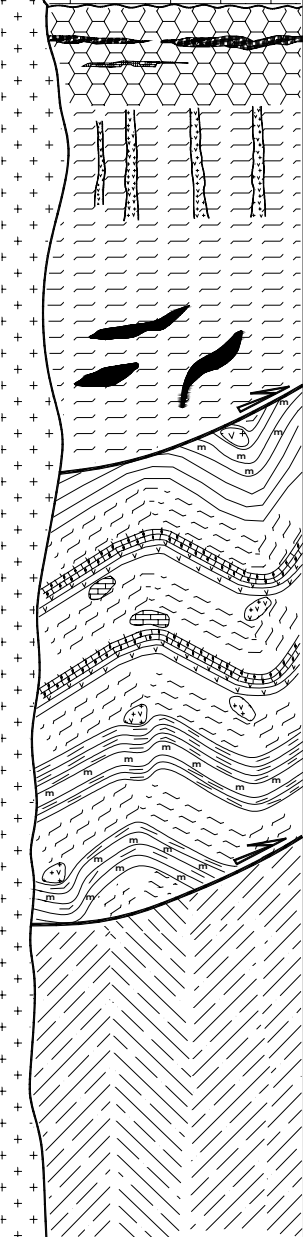
*Ofiyolitik melanj*-İnceleme sahasında, kuzeyde Madanlar, Hopanlar ve Hasımlar, güneyde Soluganlar, Aydınlar, Dağardı, Çobanlar ve Çaldibi arası kesimde, yaklaşık 350 km<sup>2</sup>'lik alanda yayılım sunmaktadır. Bünyesinde yer alan kayaç türlerini; serpantinşist, yeşilşist, mavişist, şisti radyolarit, talkşist, kalkşist, bazik lav türevi şistler (şisti bazik lavlar), yastık yapılı lavlar, derin denizel killer (umber), şistler arasında koparılmış, yuvarlatılmış diyabazlar (metadiyabazlar, spilitik diyabazlar) ve kireçtaşları (blok ve kütleler şeklinde) oluşturur. Ayrıca serpantin şistler arasında damar şekilli manyezit, radyolaritler ve lavlar arasında mangan cevherleşmeleri yer almaktadır.

Tavşanlı güneyinde jeolojik çalışmalarda bulunan Kaya (1972), Ovacık Grubu, Sındırgı ve Akhisar Bölgesinde jeolojik çalışmalarda bulunan Uz (1978), Fliş-Ofiyolit Dizisi şeklinde ayırtlamada bulunmuşlardır. Tavşanlı ve Orhaneli arası bölgede jeolojik araştırmalarda bulunan Okay ve Kelley (1994)'e göre volkano-sedimanter istif olarak belirttiği ve ofiyolitik melanj olarak değerlendirdiği; spilitleşmiş bazik volkanik kayaçlar, piroklastikler, radyolaryalı çörtler, pelajik, şeylli kireçtaşları ve serpantinler ve birbiri üzerine itilmiş ofiyolitik tektonik dilimlerden oluşan bu kayaçları, okyanusal kabuğun üst tabakalarının yığışım prizmalarını içeren Kretase yaşlı (Senomaniyen ve Mastrohtiyen) yığışım kompleksi olarak yorumlamış, mavişistler, peridotit dilimleri, volkanik ve volkano-sedimanterlerden oluşan bu topluluğu "Tavşanlı Zonu" olarak adlandırmıştır. Ayrıca Çaltılıbük (Orhaneli-Bursa) doğusunda, ofiyolitik melanj olarak değerlendirilen volkano-sedimanter birim içinden alınan örneklerde, belirlenen "*Pithonella Ovalis*" mikrofosiline göre birimin yaşı Senomaniyen-Mastrohtiyen olarak verilmiştir.

Dağardı güneyi ofiyoliti



Şekil 1. Çalışma alanına ait basitleştirilmiş jeoloji haritası

ZAMAN	DEVİR DEVRE VE KAT	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	KUVATERNER		Alüvyon Uyumsuzluk
	NEOJEN		Konglomera, kumtaşı, kömür (linyit) ve marn, killi kireçtaşı (Gastrapod kavkılı), tuf ve tüfid
	OLİGOSEN MIYOSEN		Granit (Egrigöz Graniti)
MESOZOYİK	UST KRETASE		Masif, yer yer kalın tabakalı, açık gri renk tonlarında, mikritik kireçtaşı Uyumsuzluk
			<b>DAĞARDI OFİYOLİTİ</b> Derin denizel killi sediman ara seviyeli spilitik yastık lavlar Dolerit ve diyabaz daykları Serpantinleşmiş tektonit harzburjitler içerisinde dunitik, kromitli merceksel şekilli kütleler, serpantinitler
PALEOZOYİK	DEVONİYEN		<b>OFİYOLİT BİRLİĞİ</b>
			<b>OFİYOLİTİK MELANJ</b> Serpantinşist-talkşist, mavişist, yeşilşist, radyolaritşist, bazik lav türevi şistler, mermerleşmiş kireçtaşı blokları, metadiyabaz blok ve parçalarının düzensiz-karmaşık dağılımı
			<b>EĞRİGÖZ METAMORFİKLERİ</b> Muskovitli ve serisitli kalkşist, Kuarslı-serisit şist, Kuarslı serisitli talkşist

Şekil 2. Çalışma alanına ait genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesit

Ayrıca Orhaneli Bölgesi (inceleme alanı dışında, yaklaşık 30 km. KB'sında) mavişistlerindeki fenjitlerden Ar/Ar lazer prob metoduyla yaptıkları incelemelerde  $88 \pm 1$  milyon yıl yaş bulmuşlardır. Bu değer Üst Kretase'ye düşmektedir.

*Ultrabazik birim*-İnceleme sahasının kuzeyinde, Kozluca, Dağardı Madeni, Alabarda, Dümrek Hüseyin Paşa poligonu içinde kalan yaklaşık  $180 \text{ km}^2$ 'lik yayılıma sahiptir. Birime ait çeşitli kayaç türleri; serpantinleşmiş tektonit harzburjit, serpantinleşmiş dunit, serpantinit, bazik dayk grubu kayaçlar (dolerit ve spilitik diyabazlar) ile ultrabazik kayaçlarla ilişkili kromit ve manyezit cevherleşmeleridir. Ayrıca yer yer ayrışım kayaçlarından, listvenitleşme ve lateritleşmeler (Aşağı Kobaklık Tepe-Alabarda ve Kargılı arası ve Değirmisaz-Köprü mevki çevresinde) izlenmiştir. Harzburjitler, serpantinleşmiş, koyu yeşil, yeşil tonlarda, bol kırıklı, dış yüzeylerde kalıntı piroksen içerikli, tektonit harzburjit özelliğinde, dunitler süreksiz, merceğimsi ve düzensiz kütleler şeklinde, çevreleri harzburjitlerce çevrilidir. Dunit-harzburjit geçişleri çoğu yerde ani ve açık dokanaktır. Serpantinitler faylı ve ezikli, bindirmeli dış zonlarda yoğun şekilde izlenmişlerdir. Ayrıca diğer ultrabazik kayaçlarda da serpantinleşme oranında bu zonlar boyunca artış izlenir. Bindirme zonlarında tektonik deformaşona bağlı olarak, kayaçlarda koparılma, sucuklanma, sürüklenme, ezilme ve şisti yapılar gelişmiştir. Diyabaz ve doleritler, ultrabazik birimin (masifin) iç kesimlerinde bozulmamış dayk yapılarında izlenirken, bindirmeli dış kesimlerde (zonlarda) koparılmış, sürüklenmiş blok, kafa ve parça şekilli yapılarda dağılım sunarlar.

Ultrabazik birim tektonik olarak, bindirmeli (faylı) dokanakla Ofiyolitik Melanjı üzerler. Neojen yaşlı Volkano-sedimanterler ise Ultrabazik Birim üzerine ayrımlı kaya uyumsuzluğu ile gelmektedirler.

*Otokton kireçtaşları*-İnceleme sahasının güneyinde, Çaldibi, Çobanlar, İmranlar, Güreşinar, Avcılar ve çevresinde yayılım sunmakta olup, Ofiyolitik Melanj ve Eğrigöz Metamorfikleri üzerine aşıl uyumsuzlukla gelmektedir. Doğu-Batı uzanımlı,

yaklaşık  $50 \text{ km}^2$ ' lik alanda yayılım sunmakta, çoğunlukla masif ve kalın tabakalı, beyaz, açık gri tonlarda, mikritik özellikte olup, tabaka konumları yatay ve yataya yakın değerlerdedir.

Kalafatçioğlu (1962) bölgedeki kireçtaşlarından aldığı örneklerde *Orbitoides Media (d' Archiac)*, *Siderolites Calcitropoides (Lamarc)* mikrofaunalarına göre Mastrohtiyen yaşını uygun görmüştür. Kaya (1972) benzer yaş bulgularını vermektedir (Mastrohtiyen). Eğrigöz Graniti, yer yer (Çaldibi güneyi) kireçtaşlarını keserek, demirli skarn zonlarını oluşturmuştur.

*Eğrigöz graniti*-İnceleme sahasında yaklaşık  $85 \text{ km}^2$ ' lik alanda yayılım sunan, batıda Acemler ve gerni, Doğuda Eğrigöz, Çatak güneyi, Sarıalan ve Küreci güneyinde yayılım sunan, batolitik yerleşimli, granit bileşimli küttedir. Kuzeyinde Eğrigöz Metamorfikleri yayılım sunar. Granit ve metamorfiklerin sınırında, şistozite düzenlerinde ani dikleşme ve skarn oluşumları izlenmiştir. Granit küttelinin dış, 20-40 m'lik zonunda ince tane boyutlu bol eklemli, mikrogranitik zon yer alır. İçte doğru, masif, az eklemli, açık gri ve beyaz renk tonlarında, alkali feldspatça (ortoz) zengin, yer yer aplit damarlarınca kesilmiş, normal, sub alkali granitlere geçilir.

Eğrigöz Graniti, Delaloye ve Bingöl (2000)'ün Rb/Sr ve K/Ar yöntemiyle yaptığı yaş tayinine göre (biyotitlerde),  $20 \pm 0.7$ ,  $26.8 \pm 0.8$  milyon yıl elde etmişlerdir. Saha jeolojik verilerinden, granitin, havza kenarında sık çatlak yüzeyli ve Neojen içerisinde farklı geometrilerde granit blok ve çakıllarının bulunması (Acemler ve Köleler arası) granitin kökeninin Ege Bölgesi K-G yönlü gerilmeleriyle ilişkili olduğunu düşündürür. Böylece granitin ofiyolit yerleşimi ve kireçtaşlarının (otokton) çökeliminden sonra ortamda gelişen genç bir granit olduğu anlaşılır.

*Volkano-sedimanter örtü kayaçları*-İnceleme sahası içinde birbirinden kopuk yayılımlar şeklinde, Ultrabazik Birim (masif), Ofiyolitik melanj ve Eğrigöz Metamorfikleri' ni örten, geniş alanlarda yayılım sunan volkano-sedimanter kayaçlardan oluşmaktadır. Volkanosedimanter kayaçlar Kozluca ve çevresinde Ultrabazik

Birim üzerine ayrımlı kaya uyumsuzluğu ile birlikte gelmektedirler. Yaklaşık 20-25 m kalınlık seviyesinde ultrabazik parça ve çakılları içeren taban konglomerası seviyesi ile Neojen yaşlı volkano-sedimanter kayaçlar Ultrabazik Birim üzerine gelmektedir. Neojen yaşlı volkano-sedimanter kayaçlar bölge genelinde; konglomera ve kumtaşı içeren kataklastik fasiyes, tatlısu oluşumları, linyit, marn ve killi kireçtaşları (gastropod kavkılı), volkanik tüf-tüfid ve değişik türevlerini içerirler. Alabarda, Kozluca, değirmisaz kesiminde sedimanter kayaçlar daha yoğun olarak izlenirken, Gökçedağ ve Dağardı çevresinde volkano-sedimanterler ardalanmalı yapıda izlenir.

Nebert (1962), sahadan derlenen çeşitli bitki fosillerinde, *Taxodium distichum Rich*, *Myrica Lignitum Heer*, *Apoohynophyllum Sp* türlerini belirlemiş olup, Miyosen yaşını uygun görmüştür. İnceleme sahası, Alabarda ve çevresinden alınan marn örneklerindeki bitki fosillerinin incelemelerinden; *Sequoia Longsdorfii Heer* oldukları belirlenmiş olup, Miyosen yaşı uygun görülmüştür.

*Alüvyon*-İnceleme alanında Gediz Çayı (Koca Çay) ve Hamzabey Deresi çevresinde, taşkın alanlarında alüvyon yayılımları olarak izlenmiştir.

## Petrografi

Jeokimyasal değerlendirmeler amacıyla inceleme alanından alınan bazik lav ve diyabaz kayaç örneklerinden yararlanılmıştır. Bu amaca paralel olarak, inceleme alanında yayılım sunan bazik lav ve diyabaz örneklerine ait genel mineralojik-petrografik özellikler ve bu özelliklere ait yorumlamalar kısaca verilecektir.

*Bazik lavların optik mineralojik-petrografik incelemesi*-Bazik lavlar dokusal olarak; mikrolitik, mikrolitik porfirik ve variyo mikrolitik (camsal mikrolitik) porfirik olarak sınıflandırılmıştır. Genel mineralojik bileşimlerinde; öz şekilli Plajioklas mikrolitleri ve fenokristalleri (albit bileşimli), yarı öz şekilli epidotlar (pistaşit), piroksen pseudomorfları şeklinde klorit (klinoklor) ve aktinolitler, damar dolgusu şeklinde kuvars ve kalsit, tali oranda manyetit ve varyomikrolitik sınıfta ise ayrıca cam (mikrolitik) mevcuttur.

Bazik lav örneklerinin tümünde spilitleşme yaygındır.

*Ofiyolitik Melanj içinde yer alan diyabazların optik mineralojik ve petrografik incelemesi*-Ofiyolitik Melanj' da yer alan metadiyabazlarda kötü dereceli şisti doku içinde, yer yer kalıntı, bozulmamış diyabaz dokusu altında, albit bileşimli intersertal dizilimli mikrolitik plajioklaslar, piroksen pseudomorfları şeklinde aktinolit ve kloritler (klinoklor) ve mikrolitler arasında epidotlar (pistaşit) dağılım sunmaktadır. Şisti kısımda ise yer yer kıvrımlı doku gelişmiş olup, hornblend, glokofan, lavsonit, boşluk dolguları şeklinde aragonit, damar dolgusu şeklinde kuvars ve tali oranda manyetit dağılım sunar. Örneklerde plajioklasların lavsonitleştiği ve aynı zamanda hornblendlerin kenarlarından itibaren glokofana dönüştüğü izlenmiştir.

## Jeokimyasal incelemeler

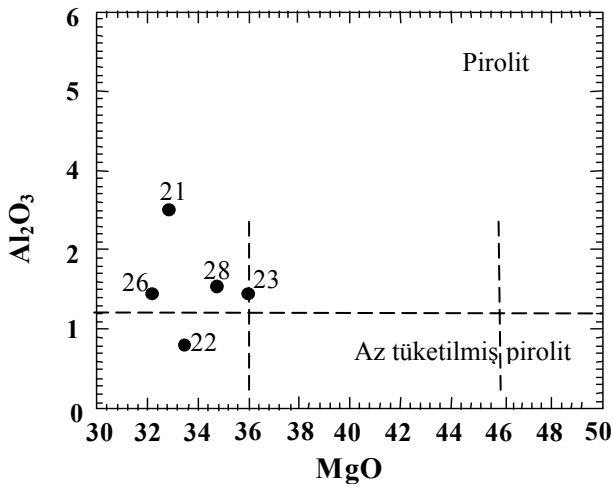
İnceleme alanı içerisinde yer alan ofiyolitik kayaçların tektonik ortamının, oluşumla ilişkili magma türünün ve kökeninin belirlenmesi amacıyla 19 adet bazik dayk ve lav örneği ve 5 adet ultrabazik kayaç (harzburjrit ve dunit) örneğinin majör oksit analizleri XRF yöntemiyle majör oksit analizleri, 12 adetinden ICP-MS yöntemiyle iz ve nadir toprak element analizleri gerçekleştirilmiş, elde edilen sonuç değerleri, çeşitli ayırtlama ve sınıflama diyagramlarına düşürülerek, örneklerin jeokimyasal değerlendirme ve yorumlamaları yapılmıştır.

Ultrabazik (harzburjrit ve dunit) örneklerine ait majör element analiz sonuçları Tablo 1'deki gibidir. Analiz sonuçlarının Ringwood (1975) diyagramında dağılımında, normal pirolit alanında yoğunlaşma izlenmiştir (Şekil 3). Pirolit modeline göre, dunit ve harzburjritler, manto ergimesinin tipik kalıntılarıdır. Düşük sıcaklık ve basınçta, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> piroksenlerde ve kalsik plajioklaslarda dağılım sunar. Sabit sıcaklık ve artmakta olan basınçla plajioklaslarda alüminyum çözünürlüğü artacaktır. Okyanus ortası sırtlarda ise Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>' ce tüketilmiş kalıntı tip harzburjrit ve dunitler yer alır (Wilson, 1993; Blatt ve Tracy, 1996). Diyagrama göre analizi yapılan ultrabazik kayaçların az

tüketilmiş manto kaynağından geliştikleri görülmektedir.

Tablo 1. Ultrabazik kayalara ait majör oksit analiz sonuçları (% olarak)

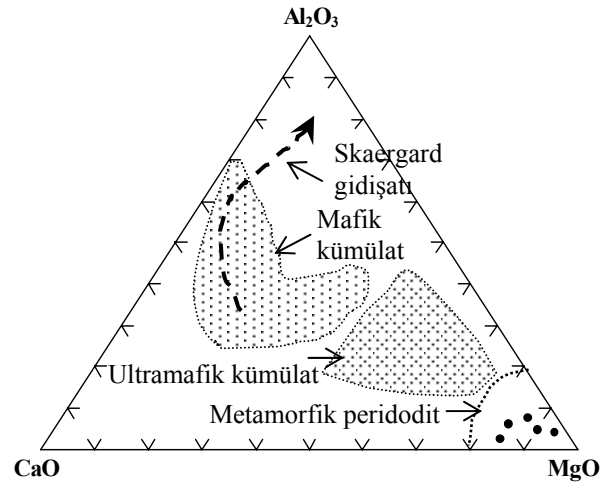
ÖRNEK NO	21	22	23	26	28
SiO <sub>2</sub>	43.95	39.50	42.58	40.40	38.50
TiO <sub>2</sub>	0.76	0.76	0.01	0.07	0.02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.02	0.97	1.75	1.75	1.86
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> T	11.16	8.53	7.86	8.42	8.07
MnO	0.19	0.10	0.12	0.11	0.08
MgO	32.86	33.46	35.99	32.17	34.75
CaO	2.12	5.40	0.69	4.20	2.02
Na <sub>2</sub> O	2.10	1.06	0.01	1.10	0.34
K <sub>2</sub> O	0.16	0.01	0.01	0.02	0.01
A.Z.	3.10	9.5	10.69	11.12	13.95
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.11	1.00	0.81	0.89	0.89
FeO	9.05	6.78	6.35	6.78	6.46
FeOT	10.05	7.68	7.08	7.58	7.26



Şekil 3. Ringwood (1975) diyagramına göre çalışma sahasına ait ultrabazik kayaların %MgO-CaO dağılımları

Ultrabazik kayaların diferansiyasyon aşamalarını belirlemek amacıyla majör element analiz sonuçlarını Coleman (1977)'ye ait diyagrama düşürdüğümüzde, örneklerin metamorfik peridotit

(ultramafit tektonit) alanında yoğunlaştıkları görülmüştür (Şekil 4). Ayrıca örneklerin magnezyum oranlarının yüksek değerlerde olması, ultrabazik kayaların ilksel manto kaynağının düşük dereceli kısmi ergimesiyle ve az tüketimiyle geliştiğini gösterir. Metamorfik peridotit terimi Jackson ve Thayer (1972) tarafından ise "tektonit harzburjit", "harzburjitik tip" veya "Alpin tipi ultramafik" ofiyolitik kayalar olarak kullanılmıştır.



Şekil 4. Coleman (1977) diyagramında çalışma alanındaki ultrabaziklerde Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-CaO-MgO dağılımı

Kimyasal sınıflama ve magma tipi-Bazik lav ve diyabaz örneklerine ait kayaların magma tipi ve kimyasal sınıflamalarını ve adlamalarının yapılması için kayalara ait iz element ve nadir toprak element analiz sonuçlarından yararlanılmıştır. Özellikle iz ve nadir toprak elementler magma karakterini daha iyi yansıtmakta ve majör oksitlere göre mobilitelerinin (hareketlilik) az olması nedeniyle bu tür çalışmalarda tercih edilmektedirler. Bazik lav ve diyabaz örneklerinin iz element ve nadir toprak element kimyasal analiz sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Magma karakterinin belirlenmesinde kullanılan diğer bir sınıflama Pearce ve Cann (1973)'a ait Y/Nb iz element oranlarına göre yapılmaktadır. Bu sınıflamaya göre inceleme sahasına ait bazik lav örneklerinin alkali ve toleyitik geçişinde yoğunlaştıkları, diyabaz örneklerinin ise toleyitik kesimde yoğunlaştıkları izlenmiştir (Şekil 5).

Tablo 2. Bazik lav ve diyabaz örneklerine ait iz ve nadir toprak element analiz sonuçları (ppm olarak)

ÖRNEK	Ba	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th
78	45.7	29.7	0.2	12.1	1.5	3	3.2	<1	22.5	<.1	0.2
82	86.1	38.1	0.1	17.2	0.7	0.9	3.8	<1	164.3	<.1	<.1
111	113.7	34	0.3	18.1	1.8	1.1	3.6	<1	61.2	<.1	0.2
232	148.4	34.5	0.1	18.1	1.3	1.1	5.4	<1	144.4	<.1	<.1
312	219.2	36.2	<.1	19.6	3.3	15.2	3	2	280.2	1	1.6
59-1	44.3	46.9	<.1	15.6	0.8	0.8	1	<1	125.1	<.1	<.1
18-b	60.4	41	7.6	19.4	2.9	3.9	46.5	<1	83.9	0.3	0.6
109-b	131.3	26.9	2.2	14.5	3.1	18.1	49.5	2	198.7	1.2	1.4
143-b	105.2	39.4	0.9	21.2	5.8	27.6	25.9	2	323.9	2	2.6
237-b	59.6	51.8	0.9	19.4	3.5	13.2	17.4	1	107	1	1.6
240-b	25.1	14.4	0.2	4.1	0.6	2.3	3.9	<1	60.3	0.1	0.2
243-b	59.1	46.4	1.4	17.4	2.1	3.6	29	1	198.9	0.4	0.5

ÖRNEK	U	V	As	Zr	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Cr
78	0.2	332	0.6	42.2	27.6	1.9	5.8	0.93	5	2.3	12
82	0.2	286	0.7	24.8	17.5	1.5	3.2	0.54	3.3	1.1	519
111	0.1	392	1.7	55.3	30.6	2.2	7	1.2	7.6	2.5	382
232	0.1	338	1.9	36.9	22.5	1.7	4.9	0.79	4.6	1.9	644
312	0.4	250	<.5	127.8	32.7	13.4	28.2	3.64	17	4	523
59-1	<.1	343	1.6	17.7	25.6	<.5	3.4	0.67	4.8	1.9	523
18-b	0.3	212	32.1	94.9	47.5	5.9	14	2.4	13.3	5.1	1601
109-b	0.3	185	5	123.1	37.1	20.3	34.1	6.06	28.7	7.3	932
143-b	0.7	258	1	212.7	34.3	29.3	57.5	7.03	31	7.3	152
237-b	0.2	440	2	115	37.8	12.7	25.4	3.5	16.7	4.5	1318
240-b	0.4	119	3.8	32.8	7.8	3.4	8.4	0.97	4.8	1.1	639
243-b	0.3	125	3.4	75	40.9	7.7	16.1	2.6	12.7	3.7	2070

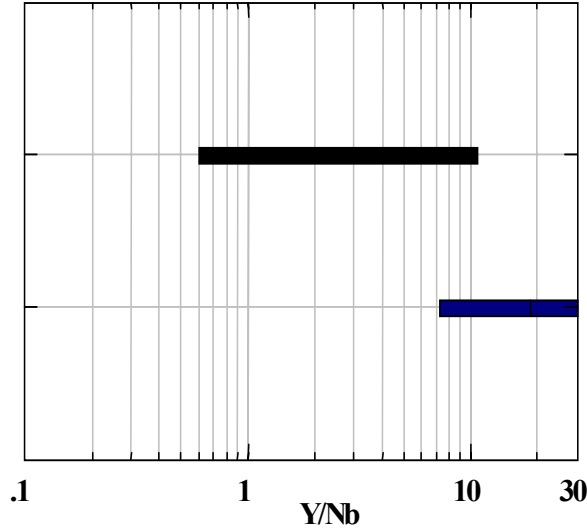
ÖRNEK	Er	Tm	Yb	Lu	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	Cd	Sb
78	2.79	0.42	2.82	0.42	0.1	88.4	26.8	44	94.7	0.1	<.1
82	1.66	0.3	1.78	0.25	0.8	52.6	1.2	19	36.4	<.1	<.1
111	2.89	0.49	2.99	0.47	0.8	57.1	2.9	63	20.8	0.1	0.3
232	2.23	0.36	2.41	0.38	0.6	100.6	63.7	72	42.7	0.2	0.1
312	3.21	0.45	3	0.45	0.4	46.3	2.2	50	33.2	0.1	0.1
59-1	2.59	0.38	2.66	0.36	0.3	177.2	48.6	40	27.6	0.1	0.1
18-b	4.58	0.72	4.3	0.7	0.3	54.7	9.00	84	76.9	0.2	0.6
109-b	3.01	0.46	2.72	0.41	0.8	45.1	12.3	63	38.9	<.1	0.5
143-b	2.86	0.42	2.52	0.38	0.7	42.2	9.7	96	27.3	0.2	0.1
237-b	3.71	0.59	3.49	0.6	0.6	65.4	12.5	106	43.7	0.2	0.1
240-b	0.82	0.12	0.81	0.13	0.5	47.2	11.2	91	55.3	0.1	0.4
243-b	3.75	0.58	3.7	0.57	1.4	25.1	19.5	37	28.2	0.1	0.2

ÖRNEK	Bi	Ag	Au	Hg	Tl	Gd	Tb	Dy	Ho	Eu	W
78	<.1	<.1	2	0.01	0.1	2.99	0.62	4.43	0.96	0.73	<.1
82	<.1	<.1	2.4	<.01	<.1	1.77	0.41	2.75	0.62	0.53	<.1
111	<.1	<.1	1.1	0.01	<.1	3.89	0.73	4.72	1.13	1.07	<.1
232	0.1	0.1	11	<.01	<.1	2.85	0.56	3.7	0.8	0.89	0.4
312	<.1	<.1	1	0.01	<.1	5.71	0.87	5.67	1.17	1.55	<.1
59-1	0.1	0.1	5.1	<.01	<.1	3.17	0.57	4.29	0.9	0.75	0.1
18-b	<.1	<.1	0.9	<.01	<.1	6.56	1.1	7.78	1.63	1.62	<.1
109-b	<.1	<.1	<.5	<.01	<.1	7.68	1.12	6.33	1.24	2.27	0.2
143-b	<.1	<.1	<.5	<.01	<.1	7.17	1.1	6.3	1.13	2.52	0.6
237-b	<.1	<.1	<.5	<.01	<.1	6.13	1.03	6.31	1.36	1.69	1.5
240-b	<.1	<.1	<.5	<.01	<.1	1.23	0.2	1.3	0.28	0.38	1.8
243-b	<.1	<.1	0.5	<.01	<.1	5.37	0.85	5.91	1.27	1.57	0.4

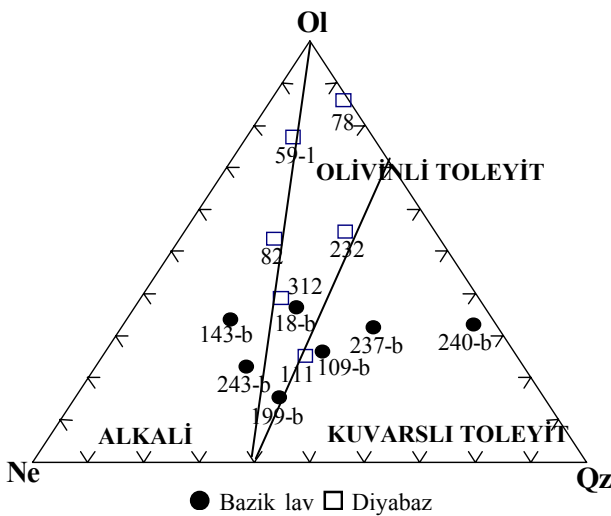
(Örn. No-b): Bazik lav örnekleri





Şekil 5. Pearce ve Cann (1973)'a ait diyagramda inceleme alanına ait bazik lav ve diyabaz örnekleri analiz sonuçlarının dağılımı

Örneklerin majör oksit kimyasal analiz sonuçlarından yararlanılarak, CIPW normatif parametre değerlerinden hesaplanan Ol', Ne', Qz' parametrik norm değerleri, Irvine ve Baragar (1971)' a ait üçgen, bazalt bileşimli kayaç sınıflama diyagramına düşürüldüğünde, örneklerin ağırlıklı olarak olivinli toleyit, kuvarşlı toleyit ve iki bazik kayaç örneğinin ise alkali ortamda yoğunlaştıkları belirlenmiştir (Şekil 6). Diyagramlarda, yorumlamalarda kullanılan CIPW hesaplanmış norm değerleri Tablo 3'teki gibidir.



Şekil 6. Irvine ve Baragar (1971) diyagramında bazik lav ve diyabaz örneklerine ait analiz sonuçlarının dağılımı

Tablo 3. Bazik lav ve diyabazlara ait CIPW norm değerleri (% olarak)

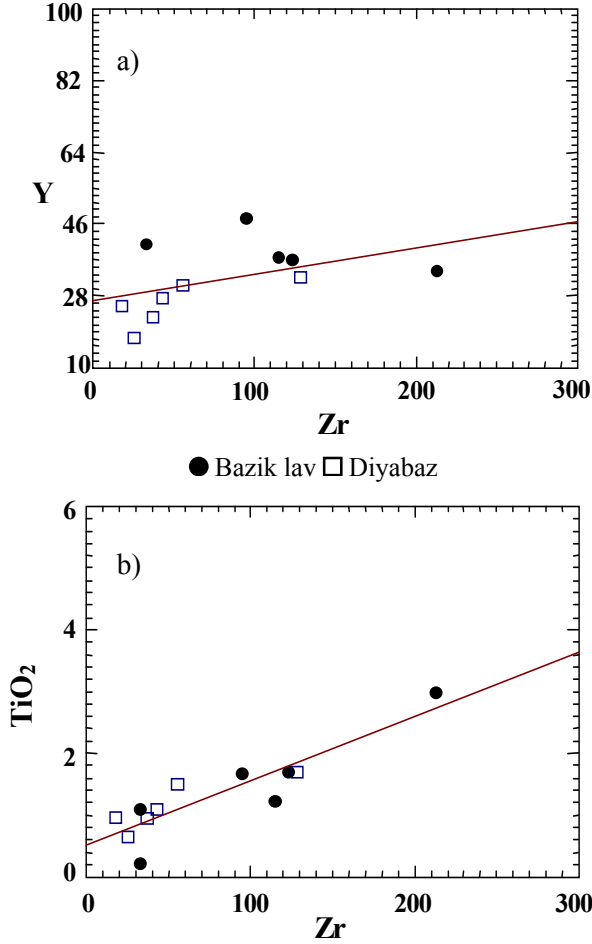
Örn.	Q	or	ab	an	ne
78	0	0.06	0.99	15.80	0
82	0	0.43	25.64	22.79	0
111	1.72	0.06	36.59	15.90	0
232	0	2.32	15.76	28.95	0
312	0	0.06	35.12	17.19	0
59-1	0	0.06	5.74	35.26	0.38
18-b	0	14.76	26.43	30.13	0
109-b	4.38	15.77	33.67	17.69	0
143-b	0	6.45	17	19.06	6.79
199-b	0	9.23	40.38	15.82	0
237-b	6.92	5.07	13.13	32.54	0
240-b	26.21	0.95	3.62	41.34	0
243-b	0	9.18	34.42	21.92	4.50

Örn.	C	ns	Di	Hy	Fo
78	4.54	0	0	41.54	24.49
82	0	0	22.85	17.15	4.16
111	0	0	20.35	19.22	0
232	0	0	5.16	42.62	0.22
312	0	0	16.92	4.04	12.22
59-1	0	0	32.87	0	12.67
18-b	0	0	1.69	12.53	2.14
109-b	0	0	0	20.52	0
143-b	0	20.32	28.34	0	4.98
199-b	0	0	17.6	10.46	0.68
237-b	0	0	21.97	15.14	0
240-b	0.86	0	0	23.61	0
243-b	0	0	13.40	0	3.29

Örn.	Fa	mt	he	il	ap
78	7.20	2.96	0	2.20	0.21
82	3.08	2.39	0	1.28	0.23
111	0	2.96	0	2.96	0.25
232	0.15	2.78	0	1.97	0.19
312	7.90	2.6	0	3.37	0.57
59-1	8.22	2.70	0	1.92	0.18
18-b	5.70	2.92	0	3.38	0.32
109-b	0	2.41	0	3.40	0.64
143-b	7.17	3.35	0	6.05	0.82
199-b	1	2.10	0	2.17	0.56
237-b	0	2.38	0	2.50	0.35
240-b	0	2.65	0	0.45	0.33
243-b	8.14	2.54	0	2.26	0.35

Bazik lav ve diyabazlarda ayrılaşma (fraksiyonlaşma)-Jeokimyasal incelemelerde, ayrılaşma indeksi olarak Zr' dan yararlanılmıştır. Bunun nedeni, Zr' un geniş bir aralıkta uyumsuz karakter

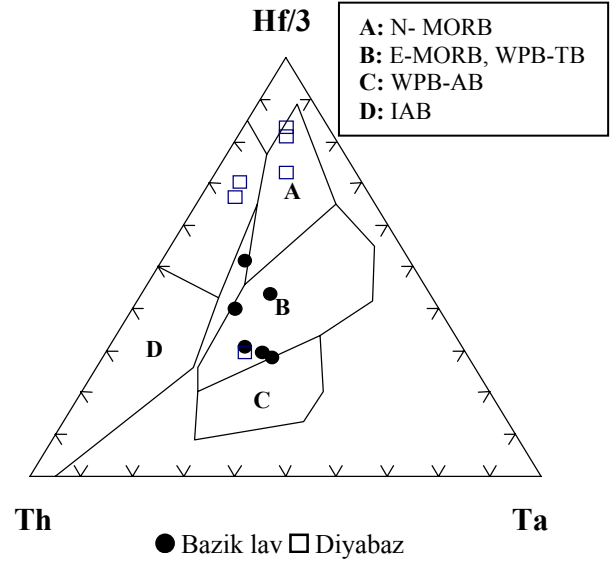
sunmasıdır (Stern ve Elton, 1979; Wilson, 1993). İz element sonuçlarına göre bazik lav ve diyabaz örneklerine ait analiz sonuçlarından çizilen Zr-Y ve Zr-TiO<sub>2</sub> dağılımlarında dizilimde herhangi bir kopukluk izlenmemiştir. Bu durum, bazik lav ve diyabazların düzgün bir ayırılma geçirdiklerini göstermektedir (Şekil 7a, b).



Şekil 7. Ayırılma diyagramları ve örneklerin; a) Zr-Y ve b) Zr-TiO<sub>2</sub> dağılımları

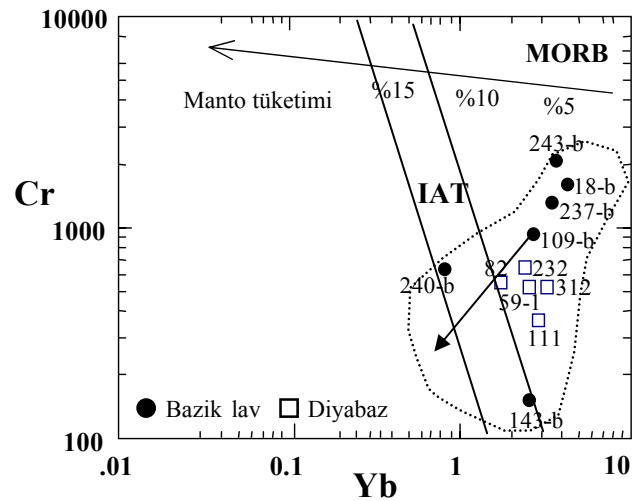
İz elementlere göre tektonik ortam yorumu- Özellikle bazik lav ve diyabaz örneklerinin tektonik ortamın jeokimyasal yorumlamalarında iz ve nadir toprak element analiz sonuçları güvenilirlikleri açısından tercih edilmiştir. Analiz sonuçlarının Wood (1980)' e ait tektonik ortam diyagramına düşürüldüğünde, bazik lavların levha içi toleyit ve zenginleşmiş tip okyanus ortası sırt bazaltik bileşimli (WPB, E-MORB), diyabaz örneklerinin ise, normal tip okyanus ortası sırt bazaltı (N-MORB) ve iki adet örneğin de ada

yayı yönelimli (IAT) alanlarda yoğunlaştıkları görülmüştür (Şekil 8).



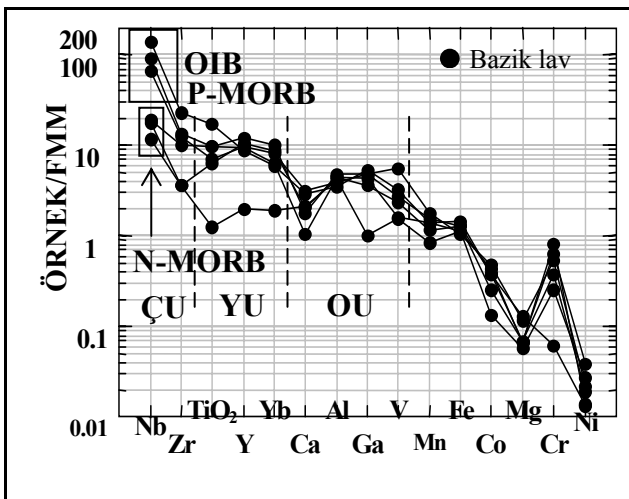
Şekil 8. Wood (1980)' a ait Hf/3-Th-Ta üçgen diyagramında bazik lav ve diyabaz örneklerine ait analiz sonuçlarının dağılımı

Bazik lav ve diyabaz örneklerinin tektonik ortam ve ilksel magma tükenim oranlarının belirlenmesi amacıyla Pearce ve Parkinson (1993)' e ait Yb-Cr diyagramı kullanılmıştır. Örneklerin çoğunun okyanus ortası sırt ortamı bazaltları bileşiminde yoğunlaştıkları ve ilksel mantonun %5-15 oranında düşük dereceli tüketimiyle oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 9).



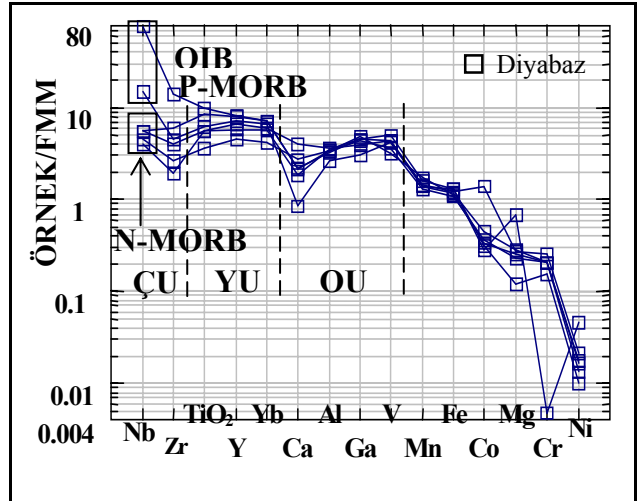
Şekil 9. Pearce ve Parkinson, (1993)' a ait Yb-Cr diyagramında bazik lav ve diyabaz örnekleri kimyasal analiz sonuçlarının dağılımı

Örümcek diyagramlarında iz ve nadir toprak element dağılımları-İnceleme alanına ait bazik lav ve diyabazların oluşumlarıyla ilişkili magma türünün ve kısmi ergime oranının, kayaçların ilksel oluşum ve tektonik ortamının belirlenmesi amacıyla bazik lav ve diyabaz örneklerine ait iz element analiz sonuçlarından yararlanılmış, sonuçlar Pearce ve Parkinson (1993)'e ait bazik lav ve diyabazlar için geliştirilmiş model üzerinde iz ve nadir toprak elementleri dizilerek, oluşan dağılım şekli üzerinden yorumlamalar yapılmıştır. Bazik lav ve diyabazlara ait iz ve nadir toprak element analiz sonuçlarından yola çıkarak Pearce ve Parkinson (1993)'e ait FMM'e göre normalize edilmiş dizilim modelinde elementlerin kimyasal özelliklerine göre soldan sağa doğru çok yüksek uyumsuz (ÇU), yüksek uyumsuz (YU) ve orta uyumsuz (OU) elementler şeklinde sıralama yapılmış. Bu kurala göre hazırlanan dağılım modelinde tükenim ve zenginleşme oranlarına bağlı olarak soldan sağa doğru ÇU>YU>OU dizilimi izlenmektedir. Bu yapı, Pearce ve Parkinson (1993)'e göre P-MORB/okyanus ortası sorguç tipi bazaltı, OIB-AB/Okyanus adası, alkali bazalt yönelimli (Çu kesimi, üstteki 3 örnek), ve N-MORB/normal tip toleyitik okyanus ortası sırt bazaltı (Çu kesimi, alttaki örnekler) tipinde bazalt bileşimiyle uyumlu olup, ilksel manto kaynağının ortalama %5-10 arası tüketimi ve düşük dereceli ergime oranını göstermektedir (Şekil 10).



Şekil 10. Pearce ve Parkinson (1993)'e ait dağılım şeklin göre bazik lavlara ait iz element analiz değerlerinin dağılımları

Benzer dizilim şekli diyabaz örnekleri için oluşturulduğunda, genel tükenim ve zenginleşme oranlarına bağlı olarak soldan sağa doğru, ÇU>YU>OU dizilimi belirmiş olup, bazik lavların dizilimiyle benzer görünüm sunmaktadırlar. Diyabaz örneklerinin iz ve nadir toprak element sonuçlarının aynı modele uygun diziliminde genel yapı, P-MORB/Okyanus ortası sorguç tipi bazalt ve OIB-AB/ alkali yönelimli okyanus adası bazaltı (ÇU kesimi, üstteki 2 tanesi) ve N-MORB/ normal tip toleyitik okyanus ortası bazaltı (ÇU kesimi, alttakiler) bileşimine uymaktadır. Ayrıca genel dağılım yapısı, Pearce ve Parkinson (1993)'a göre ilksel manto kaynağının yaklaşık %5-10 arası, düşük dereceli ergime ve tükenmeye karşılık gelmektedir (Şekil 11).



Şekil 11. Pearce ve Parkinson (1993)'e ait dağılım şekline göre diyabazlara ait iz element analiz değerlerinin dağılımları

### Sonuçlar ve tartışma

İnceleme sahası içerisinde Ultrabazik birim saha genelinde Ofiyolitik Melanjı tektonik olarak; bindirme faylı dokanakla üzerler. Ofiyolitik Melanj, Eğrigöz Metamorfikleri üzerine bindirmeyle gelmektedir. Mastroitiyen sonu, Paleosen aralığında otokton kireçtaşları, ofiyolitik kayaçlar ve Eğrigöz Metamorfikleri üzerinde açılal uyumsuz olarak çökelmişlerdir. Granitin oluşumu, Ege Bölgesi' nin K-G yönlü gerilmeleriyle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Böylece Eğrigöz Graniti'nin bölgede ofiyolit yerleşimi ve kireçtaşı

çökeliminden sonra ortamda gelişen genç bir granit olduğu anlaşılmaktadır. İnceleme sahası içerisinde Ofiyolitlerin temelinde yer alan yaşlı metamorfik temel; düşük dereceli yeşilist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş olan metamorfik kayalardan oluşan Eğrigöz Metamorfikleri' dir. Eğrigöz Graniti, metamorfikleri ve otokton kireçtaşlarını keserek, batolitik yapıda yerleşim sunmuştur. Neojen yaşlı Volkano sedimanterler, Ofiyolitik kayalar, Eğrigöz Metamorfikleri ve kısmende otokton kireçtaşları üzerinde açılal uyumsuzlukla çökelmiştir.

Bölgesel Metamorfizma içinde, krizotil 300°C'de oluşabilmekte, antigorit ise 500 °C'ye kadar stabildir (Butcher ve Frey, 1994). İnceleme sahasında ultrabazik kayalarda izlenen serpantinleşmenin, bölgesel metamorfizma koşullarında, 180-350 °C'de, 2-4 kb basınç aralığında, yeşilist fasiyesi koşullarında geliştiği söylenebilir. Spilitik diyabazlarda, bazik lavlarda ve metadiyabazlarda, diyabaz dokusu altında, albitleşmiş plajioklaslar, kloritleşmiş ve aktinitleşmiş piroksenler, epidot ve kalsit boşluk ve damar dolguları izlenmiştir. Bu durum, bu kayaların, okyanus ortası düşük dereceli hidrotermal alterasyon ve spilitleşme etkisinde kaldıklarını gösterir. Bazik lavların çevresinde radyolarit, derin denizel killerin ve mangan cevherleşmelerinin yer alması ve çevrede ve bu seviyeler arasında volkano-sedimanterlerin, andezit bileşimli kayaların yer almaması, oluşumda, okyanus ortası sırt ortamını destekler konumdadır. Metadiyabazlarda şisti doku altında, glokofan ve lavsonit birlikteliği, bölgesel metamorfizma içinde başlangıç tipi YB/DS metamorfizma koşullarının geliştiğini göstermektedir. Bu koşullar, Okay ve diğerleri (1998)'e göre ortalama; 6±2 kb basınç, 200±50 °C sıcaklık koşullarına karşılık gelir. Bu koşullar, orojenik metamorfizmada, yaklaşık 15-20 km derinliğe rastlamaktadır.

Bazik lav ve diyabaz örneklerinin iz ve nadir toprak element analiz sonuçlarının yorumundan, toleyitik ve alkali yönelimli karakterde oldukları, oluşumlarında kesintisiz ayrımlaşma geçirdikleri, tektonik oluşum ortamı olarak, okyanus ortası sırt toleyitleri ve okyanusal ada alkali yönelimli kayaları arasında karaktere sahip oldukları

belirlenmiştir. CIPW sınıflama sonuçlarından, örneklerin kuvarslı toleyit, olivinli toleyit ve alkali karakterde oldukları belirlenmiştir. Okyanus ortası sırtlarda kuvarslı toleyitler; ortalama 1100-1280°C'de, %5-10'luk kısmi ergime, 5-10 kb basınç ve 10-15 km derinlik koşullarında oluşurlar. Olivinli toleyitler ise, 1300-1450 °C'de %10-20'lik kısmi ergime, 10-15 kb basınç, 20-25 km derinlikte gelişirler. Bu koşullar alkali kayalarda, daha fazla kısmi ergime ve derinlik gerektirir (Wilson, 1993; Blatt ve Tracy, 1996).

### Semboller

km	:Kilometre
°C	:Santigrat derece
kb	:Kilobar

### Kısaltmalar

YB/DS	:Yüksek basınç, düşük sıcaklık
HP/LT	:Yüksek basınç, düşük sıcaklık
N-MORB	:Normal tip okyanus ortası sırt bazaltı
E-MORB	:Zenginleşmiş tip okyanus ortası sırt bazaltı
P-MORB	:Sorguç tipi okyanus ortası sırt bazaltı
WPB-T	:Levha içi bazalt(toleyitik)
LAB	:Ada yayı bazaltı
FMM	:Okyanus ortası, zenginleşmiş manto kaynağı bileşimi
CIPW	:Cross, Iddings, Prisson, Washington norm hesaplaması

### Parametreler

$Ol' = Olivin + 3/4 Ort. piroksen.$	(1)
$Ne' = Nefelin + 3/5 Albit$	(2)
$Qz' = Kuvars + 1/4 Ort. piroksen + 2/5 Albit$	(3)

### Kaynaklar

- Blatt, H. ve Tracy, J. R., (1996). *Petrology: Igneous, sedimentary and metamorphic*, 350 pp, W. H. Freeman Company Press, New York, USA.
- Butcher, K. ve Frey, M., (1994). *Petrogenesis of metamorphic rocks*, 317 pp, Springer Verlag Press, Berlin-Heidelberg, Germany.
- Coleman, R. G., (1977). *Ophiolites*, 229 pp, Springer Verlag Press, Berlin, Germany.
- Delaloye, M. ve Bingöl, E. (2000). Granitoids and Northwestern Anatolia: Geochemistry and modeling of geodynamic evolution, *International Geological Review*, **42**, 241-268.

- Irvine, T. N. ve Baragar, W. R. A. (1971). A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks, *Journal of Earth Science*, **8**, 523-548.
- Jackson, E. D. ve Thayer T. P. (1972). Some criteria for distinguishing between stratiform concentric and Alpine peridotite-gabbro complexes, 24<sup>th</sup> International Geological Congress, 289-296.
- Kalafatçıoğlu A. (1962). Tavşanlı-Dağardı arasındaki Bölgenin Jeolojisi ve serpantinlerle kalkerlerin yaşı hakkında malumat, *Maden Tetkik Arama Dergisi*, **58**, 34-36.
- Kaya, O. (1972). Tavşanlı yöresi ofiyolit sorununun ana çizgileri, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, **15**, 26-108.
- Nebert, K. (1962). Serpantin kitleleri arasında sıkışmış bir Neojen blokuna misal olmak üzere Alabarda (Tavşanlı) linyit bölgesi, *Maden Tetkik Arama Dergisi*, **58**, 31-37.
- Nicolas, A., (1987). *Principles of rock deformation*, 208 pp, Reidel publish. Company, Dordrech, Holand.
- Okay, A. İ., Harris N. B. W. ve Kelley, S. P. (1998). Exhumation of blue schists along a Tethyan Suture in north west Turkey. *Tectanophysics*, **285**, 275-299.
- Okay, A. İ. ve Kelley, S. P. (1994). Tectonic setting, petrology and geochronology of jadeit+ gloucophane and chlorite+gloucophane schists from NW Turkey. *Journal of Metamorphic Geology*, **12**, 455-466.
- Özgül, N. (1976). Torosların bazı temel jeolojisi özellikleri, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, **19**, 65-78.
- Pearce, J. A. ve Cann, J. R. (1973). Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses, *Earth Planet Science Letter*, **19**, 290-300.
- Pearce, J. A. ve Parkinson, I. J., (1993). Trace element models for mantle melting: application to volcanic arc petrogenesis. *Magmatic Processes and Plate Tectonic*, 373-403. Geological Society, London.
- Ringwood, A. E., (1975). *Composition and petrology of the earth's mantle*. Mc. Graw Hill. Inc., New York, USA.
- Stern, C. ve Elthon, D. (1979). Vertical variations in the effects of hydrothermal metamorphysim in Chilean ophiolites: their imlications for ocean floor metamorphism, *Tectonophysics*, **55**, 179-213.
- Sun, S., Nesbit, R. W., Sharaskin A. (1979). Geochemical characteristics of mid-ocean ridge basalts, *Earth planetary Science Letter*, **44**, 119-38.
- Şengör, C. ve Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach, *Tectophysics*, **75**, 181-241.
- Uz, B., (1978). Sındırgı-Akhisar Bölgesi Ofiyolit Birliğinin Petrografik-Petrojenetik ve Jeokimyasal incelenmesi, *Doçentlik Tezi*, İTÜ Maden Fak. Mineraloji ve Maden Yatakları Kürsüsü, İstanbul.
- Wilson, M., (1993). *Igneous petrogenesis: A Global tectonic approach*, 446 pp, Chapman & Hall Press, New York.
- Wood, D. A. (1980). The application of Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establish the nature of crustal contamination of basaltic lavas of British tertiary volcanic province, *Earth planetary Science Letter*, **50**, 11-30.
- Yılmaz, Y. (1981). Sakarya kıtası güney kenarının tektonik evrimi, *İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi*, **1**, 33-52.
- Yılmaz, Y. (1990). Comparision of young volcanic associations of Western and Eastern Anatolia under compressionel regime: *A rewiew, Journal of Volcanol Geothers*, **44**, 69-87.