



**Göksun, Afşin ve Ekinözü (Kahramanmaraş, Türkiye) Metamorfitletindeki
Fillo-silikatların Jeokimyasal Özellikleri**
*Geochemical Properties of Phyllosilicates in Göksun, Afşin and Ekinözü Metamorphites
(Kahramanmaraş, Turkey)*

Deniz Hozatlıoğlu^{1*}, Ömer Bozkaya², Hüseyin Yalçın¹

¹Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas

²Pamukkale Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 20070 Denizli

• Geliş/Received: 09.01.2020

• Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 13.03.2020

• Kabul/Accepted: 08.04.2020

• Çevrimiçi Yayın/Available online: 07.09.2020

• Baskı/Printed: 15.01.2021

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Bu çalışmada, Doğu Toroslar'ın batı kesiminde Kahramanmaraş ili kuzeyinde batıdan doğuya doğru Göksun, Afşin ve Ekinözü ilçeleri çevresinde yüzeyleyen Üst Paleozoyik-Alt Mesozoyik yaşlı metamorfik birimlerindeki fillosilikatların jeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Bu kapsamda düşük-orta dereceli metamorfik örneklerden elde edilen saf K-mika ve illit/K-mikalarda jeokimyasal (ana ve iz/eser element, duraylı ve radyojenik izotop) incelemeler yapılmıştır. Fillosilikatların ana oksit bileşimlerine göre; Afşin ve Göksun bölgelerine ait illit/K-mikalar Ekinözü bölgesindekilere göre daha yüksek SiO₂ ve Al₂O₃, buna karşın daha düşük MgO, Fe₂O₃, MnO ve Na₂O içermektedir. Fillosilikat minerallerinin ana oksit bileşimlerine göre; şistlerle temsil edilen Ekinözü bölgesindeki K-mikalar biyotit-seladonit, fillitlerle temsil edilen Afşin ve Göksun bölgesindekilere ise muskovit bileşimlerine daha yakındır. Kloritler; şamozit ve klinoklor arasında trioktahedral bileşime sahiptir. Hem trioktahedral, hem de dioktahedral özelliğindeki illit/K-mikalar; genel anlamda muskovit ile biyotit arasında (biyotit-seladonit, muskovit-filogopit, muskovit-ferrifenjit, muskovit-ferrobiyotit, Al-flogopit-Al-annit) bir bileşim sergilemektedir. Fillosilikat minerallerinin eser element içerikleri; geçiş metalleri ve granitoid elementler bakımından yüksek; buna karşın diğer elementler, özellikle kalıcılığı düşük (LFSE) ve yüksek (HFSE) elementler açısından düşük derişim göstermektedir. Fillosilikat minerallerinin kondrit-normalize iz element desenlerinde; kloritler K-mikalara, benzer biçimde trioktahedral K-mikalar dioktahedral olanlara göre daha düşük değerler sunmaktadır. Klorit ve illit/K-mikaların kondrit ve Kuzey Amerika Şeyl Bileşimi'ne (NASC) göre normalize edilmiş nadir toprak element (NTE) dağılımlarında; Afşin bölgesine ait dioktahedral K-mikalar en fazla fakirleşmeye, Ekinözü bölgesine ait trioktahedral mikalar ise en yüksek zenginleşmeye sahiptirler. Oksijen ve hidrojen izotop bileşimlerine göre; fillosilikatları incelenen tüm örnekler yüksek sıcaklık ve derin ortam koşullarını temsil eden hipojen bölgede yer almaktadır. Serizit/K-mika ve kloritlerin oksijen ve hidrojen izotop değerleri; bu minerallerin oluşum sıcaklıklarının 375-500 °C arasında değiştiğine işaret etmektedir. İllit/K-mikaların ⁴⁰Ar/³⁹Ar radyometrik yaş verileri; Afşin ve Göksun bölgelerindeki metamorfik kayalar için Üst Kretase (Santoniyen-Kampaniyen), Ekinözü bölgesindekilere için Alt-Orta Eosen (İpresiyen-Bartonyen) döneminde gelişen metamorfizmayı göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Ana ve iz/eser elementler, duraylı ve radyojenik izotoplar, fillosilikatlar, metamorfizma, metamorfitlet, Toros dağları.

Abstract: This study determined the geochemical properties of phyllosilicates in the Upper Palaeozoic-Lower Mesozoic metamorphic units outcropping from west to east in the vicinities of Göksun, Afşin and Ekinözü towns in the north of Kahramanmaraş province in the westerly part of the Eastern Taurus mountains. Geochemical examination of phyllosilicates (major and trace elements, stable isotope) was carried out on pure K-micas and

illite/K-micas separated from low-medium grade metamorphic samples. According to the main oxide composition of the phyllosilicates, illite/K-micas from the areas of Afşin and Göksun contain higher SiO₂ and Al₂O₃ and lower MgO, Fe₂O₃, MnO and Na₂O compared to those in the area of Ekinözü. The minerals represented by schists in the Ekinözü K-micas are close to having a biotite-celadonite composition while those with phyllites in Afşin and Ekinözü are close to muscovite composition. Chlorites have a trioctahedral composition between chamosite and clinochlor. Illite/K-micas with both trioctahedral and dioctahedral characteristics show a composition between muscovite and biotite (biotite-celadonite, muscovite-phlogopite, muscovite-ferriphengite, muscovite-ferrobiotite, Al-phlogopite-Alannite) in general. In the trace element content of phyllosilicate minerals, transition metals and granitoid elements are at high concentrations while other elements, especially elements with low (LFSE) and high field strength (HFSE), display low concentrations. In the chondrite-normalized trace element content of phyllosilicate minerals, chlorites have higher values compared to K-micas and trioctahedral K-micas show lower values compared to dioctahedral K-micas. Rare earth element (REE) distribution of chlorite and sericite/K-mica minerals is normalised to chondrite and North American Shale Composition (NASC); the dioctahedral K-mica of Afşin region has the highest depletion, while the trioctahedral mica of Ekinözü has the highest enrichment. The oxygen and hydrogen isotope composition of the phyllosilicate minerals show that they are in the hypogene region, which represents high temperature and deep environment conditions. The oxygen and hydrogen isotope values of sericite/K-mica and chlorites indicate that the formation temperatures of these minerals varied between 375 and 500 °C. ⁴⁰Ar/³⁹Ar radiometric age data for the metamorphic rocks show that the metamorphism developed during the Upper Cretaceous (Santonian-Campanian) in the Afşin and Göksun regions and the Lower-Middle Eocene (Ypresian-Bartonian) periods in the Ekinözü region.

Keywords: Major and trace elements, metamorphism, metamorphites, phyllosilicates, stable and radiogenic isotopes, Taurus mountains.

GİRİŞ

Diyajenez/metamorfizma derecesinin belirlenmesinde; fillosilikatların parajenetik, mineralojik ve kristalografik-yapısal özelliklerinin (Frey, 1987; Merriman ve Frey, 1999; Merriman ve Peacor, 1999) yanı sıra, jeokimyasal verileri (Ohr vd., 1994; Savin ve Lee, 1988; Sheppard ve Gilg, 1996; Uysal vd., 2000, 2006; Bozkaya ve Yalçın, 2013) de kullanılabilir. Fillosilikatlarının gerek ana gerekse iz elementlerinin dağılımında görülen ayrılaşmalar, köken kayalık ve/veya oluşum süreçleri hakkında önemli bilgiler vermektedir (Fleet, 1984; McLennan, 1989). Örneğin; metamorfik granatlardaki iz elementlerin, özellikle nadir toprak elementlerinin (NTE) dağılımlarından yararlanılarak metamorfik birliklerin P-T-X (basınç-sıcaklık-bileşim) zonu çizilebilmiştir (Hickmott vd., 1987). Duraylı izotop (oksijen-hidrojen) jeokimyası incelemeleriyle, sıvı-kayaç etkileşiminin izlerini saptamanın yanı sıra, belirli mineral parajenezleri kullanılarak metamorfizmada etkin olan sıcaklık koşulları belirlenmiştir (Huebner vd., 1986; Harris ve Holland, 1984). ⁴⁰Ar/³⁹Ar yöntemi gibi

radiometrik yaş tayini yöntemleri ile metamorfik kayaların soğuma tarihçelerine ait kantitatif veriler elde edilebilmektedir (McDougall ve Harrison, 1999).

İnceleme alanının yer aldığı Toros-Anadolu Platformu veya Toros-Anadolu Tektonik Birliği'ne ait Toroslar veya Toros Kuşağı (Göncüoğlu vd., 1997), büyük ölçüde diyajenetik-çok düşük dereceli metamorfik Paleozoyik istifler içermesi nedeniyle Alpin-öncesi jeolojik tarihçenin izlerini taşımaktadır. Torosları oluşturan tektono-stratigrafik birlikler ile bunların paleocoğrafik konumları, stratigrafik ve yapısal karakteristiklerinin yanı sıra, çökme ortamlarına ve metamorfizma özelliklerine göre ayrılanmıştır (Özgül, 1976, 1984). Toros kuşağındaki birliklerin paleocoğrafik konumlarına göre yapılan bu ayrılanmaya göre; Toros kuşağı içerisindeki metamorfik kayalar Alanya Birliği altında toplanmıştır. Doğu Toros kuşağı'ndaki metamorfik kayalardan Doğu Anadolu Fay Zonu'nun (DAFZ) kuzey kesiminde kalanlar (Malatya, Keban, Engizek ve Göksun Metamorfikleri) Alanya Birliği, DAFZ güneyinde

kalanlar (Bitlis ve Pütürge Metamorfitleri) ise Misis Birliği içerisinde değerlendirilmiştir. Bu birliklerin Erken Paleozoyik yaşlı bölümünün Gondvana'nın kuzeybatı sınırındaki riftleşme ile ilişkili bir ortamda çökeldiği, Neotetis'in kuzey ve güney kollarının Geç Kretase'de kapanması ile de çift yönlü bir nap sistemine dönüştüğü belirtilmektedir (Göncüoğlu, 2010). Güneydoğu Anadolu orojenik kuşağında yer alan metamorfik masiflerin kökenine yönelik yapılan çalışmalarda metamorfik masiflerin birbirinden bağımsız olmayıp aynı tektonik birime ait oldukları, benzer bir stratigrafik istif sundukları ve Üst Kretase'de metamorfizmaya uğramış bir kıta platformundan (Toros Mesozoyik karbonat platformu) türedikleri belirtilmiştir (Yılmaz vd., 1992). Metamorfik Masiflerin yer aldığı Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağı'nda Yılmaz ve Yiğitbaş (1990) ile Yılmaz (1993) tarafından güneyden kuzeye doğru; Arap Platformu, Ekay Zonu ve Nap Bölgesi olmak üzere üç tektonik kuşak ayrılmıştır. Yılmaz vd. (1993) ise; Güneydoğu Anadolu orojeninin yaklaşık olarak doğu-batı gidişli, Toros platformu ile Arap kıtası arasındaki kıtasal çarpışmanın bir sonucu olarak şekillenen üç yapısal zona ayrılabilirliğini öne sürmüşlerdir. Orojenik kuşak boyunca metamorfik ve ofiyolitik kayaçların geniş yayılım gösterdiklerini, ofiyolitlerin Geç Kretase'den Miyosen'e kadar olan dönemde bu yakınsayan kıtasal blokların arasında tamamen tüketilmiş olan okyanus kalıntılarını sunduklarını ifade etmişlerdir. Araştırmacılara göre; okyanusal kabuğun tüketilmesi ve napların Arap kıtasına doğru ilerleyen güney yönlü hareketi boyunca, bir nap yığını içerisinde bir araya gelmiş kıtasal ve okyanusal kayaçlardan oluştuklarını ileri sürmüşlerdir (Yılmaz ve Güner, 1996).

Bu çalışmada doğu Toroslar'ın batı kesiminde Kahramanmaraş ili kuzeyindeki Göksun, Afşin ve Ekinözü ilçeleri çevresinde geniş ve tipik yüzlekler sunan ve coğrafik konumlarına göre Göksun, Binboğa ve Engizek metamorfikleri olarak tanımlanan Üst Paleozoyik-Alt Mesozoyik

yaştaki metamorfik birimlerdeki fillosilikatların jeokimyasal özelliklerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, mineralojik ve petrografik özellikleri saptanan fillosilikatların ana, iz, NTE derişimleri ve duraylı izotop (O ve H) bileşimindeki değişimlerin yanı sıra, radyojenik ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) izotop jeokimyası da araştırılmıştır. Böylece bu incelemeler sonucunda elde edilen verilerin bölgenin jeolojik evriminin yorumlanmasına katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

JEOLJİ

Toros Kuşağı'ndaki Alpin orojenezile ilişkili metamorfik masiflerde sonelli yıldag gerçekleştirilen çalışmalarda değişik adlamalar (Alanya, Malatya, Göksun, Binboğa, Engizek ve Keban Metamorfitleri) ile farklı birliklerin (Antalya, Alanya, Geyikdağı, Bozkır, Aladağ, Bolkardağı, Pütürge ve Bitlis) incelendiği görülmektedir (Özgül, 1976, 1984; Yılmaz ve Yiğitbaş, 1990; Yılmaz vd., 1987, 1988, 1992, 1993; Yılmaz, 1993; Göncüoğlu, 2010). Bununla birlikte Toros Kuşağı'ndaki Üst Paleozoyik-Alt Mesozoyik yaşlı metamorfik birimlere yönelik öncel çalışmalar da yapılmıştır (Bozkaya, 1999, 2001; Bozkaya ve Yalçın, 2004; Bozkaya vd., 2007a, 2007b). Torosları konu edinen ilk kapsamlı çalışma Özgül (1976) tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırmacı, Torosları Kambriyen-Tersiyer aralığında çökelmiş kaya birimlerini, stratigrafi ve metamorfizma özellikleri, içerdikleri kaya birimleri ve yapısal konumlarıyla birbirinden ayrılan; farklı coğrafik bölge ve değişik havza koşullarını yansıtan birliklere ayırmıştır. Bolkardağı Birliği, Aladağ Birliği, Geyikdağı Birliği, Alanya Birliği, Bozkır Birliği ve Antalya Birliği olarak adlandıran bu birliklerin bir kuşak boyunca yüzlerce kilometre yanal devamlılık gösterdiği ve çoğunlukla birbirleri üzerinde allohton olduklarını belirtmiştir. Bu birliklerden Bolkardağı, Aladağ, Geyikdağı ve Alanya birliklerinin şelf türü

karbonatlı ve kırıntılı kaya türünü kapsadığını, Bozkır ve Antalya birliklerinin ise daha çok derin deniz çökellerini, ofiyolitleri ve bazik bileşimli denizaltı volkanitlerini kapsadığını ifade etmiştir. Toros Kuşağı birlikleri Geç Kretase'de Neotetis'in kuzey ve güney kolunun kapanması ve kıtasal mikrolevhaların çarpışması (Şengör ve Yılmaz, 1981) sonucu dilimlenmiş ve platformun kuzeyindeki birlikler (Bozkır, Bolkardağı ve Aladağ) güneye doğru, güneyindekiler (Antalya ve Alanya) ise kuzeye doğru Geyikdağı Birliği üzerine bindirmiştir (Özgül, 1976; 1984).

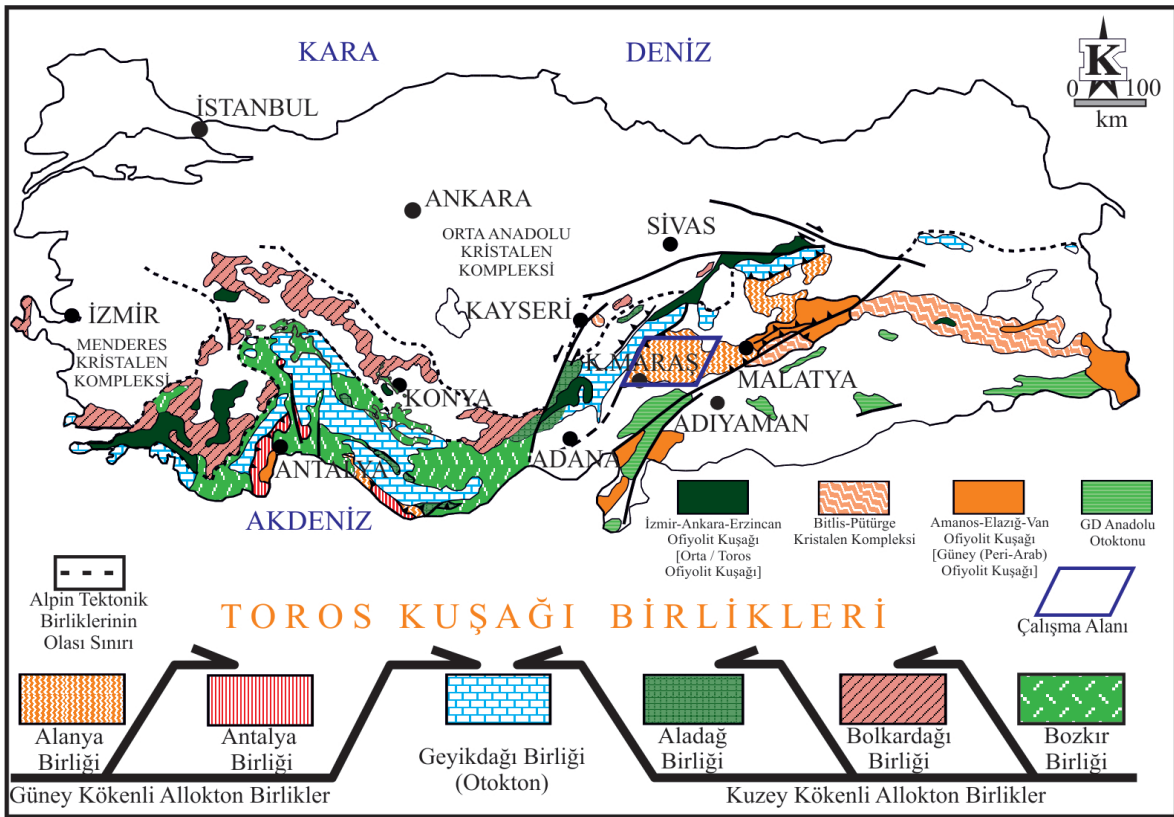
Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağı Metamorfik Masiflerinin doğu uzantısını temsil eden metamorfik kayalar Arap Platformu, Ekay Zonu ve Nap bölgesi olmak üzere üç tektonik kuşağa ayırılmıştır (Yılmaz ve Yiğitbaş, 1990; Yıldırım ve Yılmaz, 1991; Yılmaz, 1993; Yılmaz ve Yıldırım, 1996). Bunlardan Arap Platformu; Kambriyen-Tersiyer yaş aralığına sahip otokton sedimanter kayaları (Güneydoğu Anadolu Otoktonu), Nap Bölgesi; ofiyolitik, metamorfik, volkanik-volkanoklastik sedimanter kayalar ile temsil edilmekte olup, inceleme alanı bu kuşak içinde yer almaktadır. Ekay zonu ise Arap Platformunun kuzey uzantısını sınırlayan ters fay ve bindirme dilimlerinden oluşmaktadır. Gerçekleştirilen çalışmalarda bu metamorfik masiflerin kökeni ve tektonik konumları hakkında kesin bir görüş birliği sağlanamamıştır. Doğu Toros Kuşağı Metamorfitlerinin (Bitlis-Pütürge, Keban, Malatya, Göksun/Binboğa ve Engizek Metamorfitleri) kökeni ve tektonik konumları incelendiğinde farklı yaklaşımların söz konusu olduğu görülmüştür. Bunlardan birincisinde hem Bitlis-Pütürge hemde Keban Metamorfitlerinin Arap Plakasını temsil ettiği (Yazgan, 1981, 1984; Yazgan ve Chessex, 1991; Yılmaz vd., 1993), ikincisinde bölgede yüzeyleyen tüm metamorfik kayaların aynı kökenli (Toros kökenli) olduğu (Yılmaz, Y. vd., 1992; Yılmaz, Y., 1993; Yılmaz, A. vd., 1993) öne sürülmektedir. Üçüncü görüş ise; Bitlis ve Pütürge Metamorfitlerinin birbirinden

farklı olduğu, Pütürge Metamorfitlerinin Keban ve Malatya Metamorfitleri ile birlikte, Anadolu ve Arap Plakasından dar okyanus havzalarıyla ayrılan bağımsız bir mikrolevhayı (Keban Levhacığı) temsil ettiği belirtilmiştir (Perinçek ve Özkaya, 1981). Yazarlar Bitlis Metamorfitlerinin üzerinde ofiyolitlerin yer aldığını, buna karşın Pütürge ve Keban Metamorfitleri üzerinde ofiyolitlerin bulunmadığını vurgulamışlardır. Bunlara ilaveten; Hall (1976, 1980) Bitlis Metamorfitlerinin bir yitim zonu karmaşığı olduğunu, buna karşın Perinçek (1980a) istifin yitim zonu karmaşığı olmadığını, Anadolu levhasına tipik bir kıtasal kabuk niteliğinde olduğunu ileri sürmektedir. Baştuğ (1976) ve Özkaya (1978) Bitlis Metamorfitlerinin Arap Plakasının bir uzantısı olduğunu belirtmişlerdir. Bitlis-Pütürge ve Keban Metamorfitlerinin aksine Malatya Metamorfitlerinin Toros kökenli olduğu konusunda görüş birliği söz konusudur. Diğer taraftan, birçok yazar Malatya ve Keban Metamorfitlerinin aynı kökene sahip olduklarını belirtmiş ve Keban-Malatya Birimi şeklinde adlandırma kullanmışlardır (Yazgan, 1981, 1984; Yazgan ve Chessex, 1991; Yılmaz vd., 1993; Yılmaz, 1993). Yılmaz ve Yiğitbaş (1990), Malatya Metamorfitlerinin Keban ve Bitlis-Pütürge Metamorfitleriyle birlikte Üst Kretase'ye kadar ki dönemde aynı platforma ait olup, metamorfizmadan sonra da aynı bütünün parçaları olduklarını ileri sürmektedir. Yazarlar, metamorfik birlikleri oluşturan istifin Triyas'akadarki dönemde Arap otoktonundan ayrılmış ve onun kuzeyinde yeralan Toros levhasıyla bağlantılı olmuşlardır. Jura-Kretase yaşlı kesimlerin karbonat platformu niteliğinde olduğu ve metamorfizmanın Üst Kretase sonunda olduğu belirtilmektedir. Triyas döneminden sonra bu metamorfik birliklerin Arap otoktonuyla ilk temaslarının ancak Miyosen'de olabileceği ileri sürülmüştür (Yılmaz ve Yiğitbaş, 1990; Yılmaz vd., 1992; Yılmaz, 1993). Candan vd. (2012), Kahramanmaraş kuzeyinde Berit bölgesindeki nap dilimlerinde yer alan eklojit ve granat proksenitler üzerinde, Oberhansli vd.

(2012, 2014), Bitlis Kompleksinde glokofan ve karfolitlerde yaptıkları çalışmada yüksek basınç metamorfizmasının koşullarını yansıtan sıcaklık ve basınç değerleri tespit etmişlerdir. Elde edilen bu sonuçlar yüksek basınç olayının Bitlis Masifi ve küzeyindeki Anatolid-Torid platformu arasında yer alan bir okyanusal havzanın veya Neotetis okyanusu'nun güney kolunun kapanması ile ilişkilendirmişlerdir.

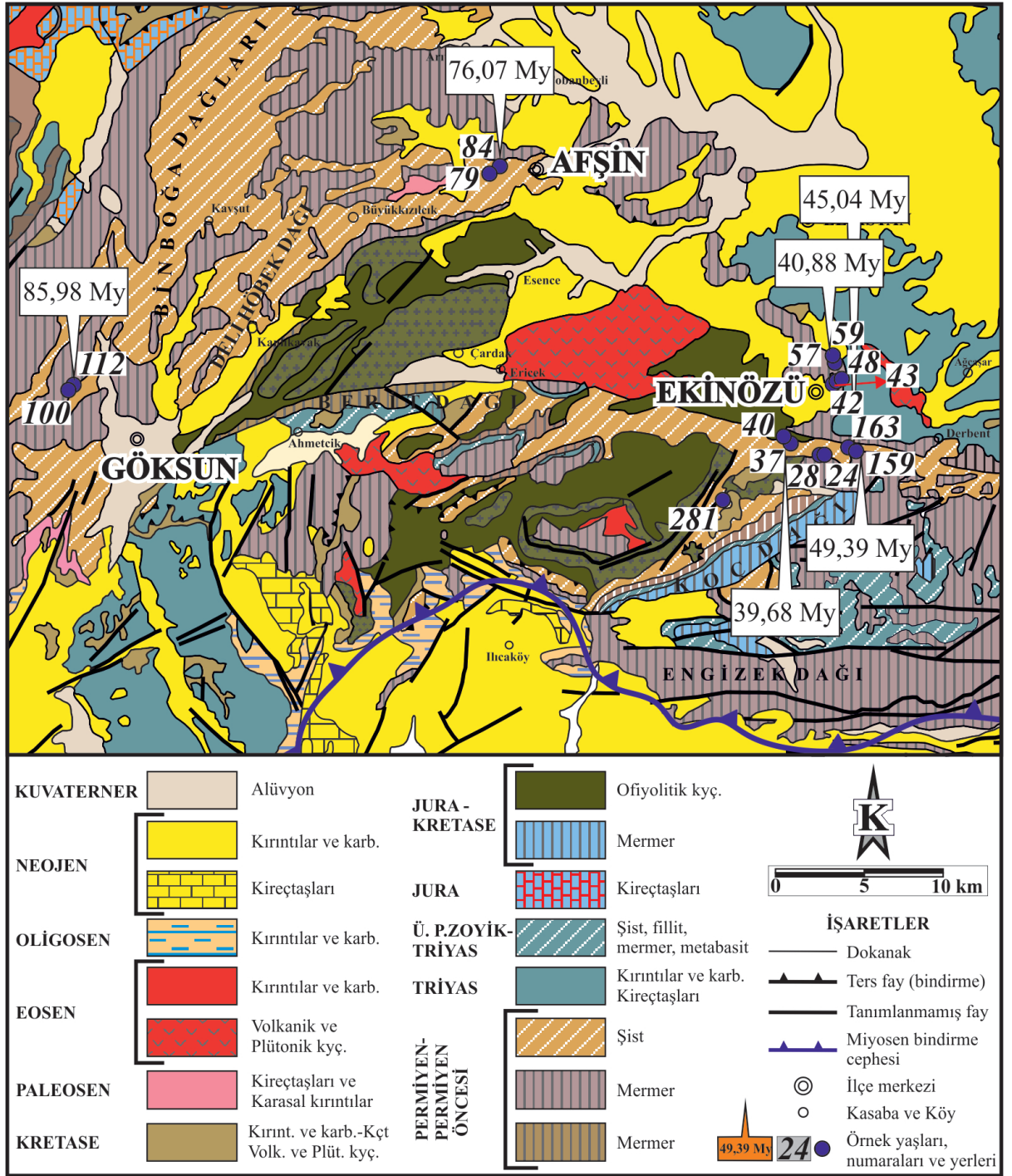
İnceleme alanı ve yakın çevresinde yer alan sedimanter-metamorfik (Özgül, 1976; 1984, Göncüoğlu vd., 1997) ve ofiyolitik birlikler (Juteau, 1980; Göncüoğlu vd., 1997) ve bunların

olası sınırları (Göncüoğlu vd., 1997; Göncüoğlu, 2010) Şekil 1'de, bölgesel jeoloji haritası (Bilgiç, 2002; Ulu, 2002) da Şekil 2'de verilmiştir. Bu sınıflamalara göre inceleme alanı Üst Devoniyen-Üst Kretase aralığında oluşmuş kırıntılı ve karbonat kayaçları kapsayan Alanya Birliği içerisinde yer almaktadır. İnceleme alanında yüzeyleyen en yaşlı kaya birimleri Üst Paleozoyik (Yoncayolu ve Çayderesi formasyonları) ve Triyas (Alçılı Formasyonu) yaşlı metamorfitler ve bunları kesen granitoid sokulumlardır. Bu kaya topluluğu üste doğru metamorfizmadan etkilenmemiş allokton ve örtü birimleri ile tektonik olarak üzerlenmektedir. (Yılmaz vd., 1993, 1997).



Şekil 1. Toros Kuşağı'ndaki otokton ve allokton birliklerin coğrafik dağılımı ve tektonik konumları (Tektonik Birliklerin Adlaması: Özgül, 1976, 1984; Göncüoğlu vd., 1997, Ofiyolitik Kuşakların Adlaması: Juteau, 1980, Alpin Tektonik Birliklerinin Olası Sınırı: Göncüoğlu vd., 1997; Göncüoğlu, 2010'dan düzenlenmiştir).

Figure 1. Geographical distribution and tectonic setting of autochthonous and allochthonous units in the Taurus Belt (nomenclature of Tectonic Units from: Özgül, 1976, 1984; Göncüoğlu et al., 1997; nomenclature of Ophiolite Belts from: Juteau, 1980; and probable boundary of Alpine Tectonic Units from: Göncüoğlu et al., 1997; Göncüoğlu, 2010).



Şekil 2. Doğu Torosların bölgesel jeoloji haritası (Bilgiç, 2002 ve Ulu, 2002'den düzenlenmiştir), jeokimyasal analizlerde kullanılan örneklerin konumları ve illit/K-mika yaş verilerinin alansal dağılımı

Figure 2. Regional geological map of Eastern Taurides (prepared from Bilgiç, 2002 and Ulu, 2002), location of samples used for geochemical analysis, and areal distribution of illite/K-mica age data.

MATERYAL VE YÖNTEM

Fillosilikatların mineral kimyası incelemeleri kapsamında düşük-orta dereceli metamorfik örneklerden binoküler mikroskop yardımıyla ayrılan saf klorit ve mika pulcukları (muskovit, biyotit), ayrıca optik mikroskop, XRD-tüm kayaç ve kil ayırma yöntemiyle elde edilen saf kil fraksiyon verilerinin bir bütün halinde ayrıntılı olarak değerlendirilmesi sonucu mika pulcukları ve saf ve/veya safa yakın kil fraksiyonlarından itibaren 2 adet klorit, 9 adet illit/K-mika (serizit) olmak üzere toplam 11 adet kil fraksiyonu üzerinde ana, iz/eser ve NTE'nin analizleri Activation Laboratories Ltd. (Actlabs-Kanada) şirketine yaptırılmıştır. Bunun yanı sıra 2 adet serizit, 1 adet klorit, 1 adet biyotit ve 1 adet muskovit olmak üzere toplam 5 adet örneğin oksijen-döteryum duraylı izotop jeokimyası GNS Science National Isotope Centre'de (Yeni Zelanda) gerçekleştirilmiştir. Ayrıca metamorfizma yaşlarının belirlenmesi için 4 adet illit/K-mika, 1 adet biyotit ve 1 adet muskovit olmak üzere toplam 6 adet örnek üzerinde Argon Geochronology Laboratory of University of Michigan (Amerika Birleşik Devletleri)'da $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yöntemiyle yaşlandırma tayini yaptırılmıştır. Bu çalışma kapsamında toplamda 22 adet örnekte kimyasal analiz yaptırılmıştır.

Kil mineralleri ($<2\ \mu\text{m}$) lityum metaborat/tetraborat ile eritilmiş ve elde edilen boncuk zayıf bir nitrik asit ile çözeltiye alınmıştır. Füzyon, oksit (örneğin; kuvars, vb.), refrakter (örneğin; zirkon, sfen, monazit, kromit, gahnit, vb.), NTE ve diğer kalıcılığı yüksek elementleri içeren mineraller dahil olmak üzere tüm numunenin çözünmesini sağlar. Analitik doğruluk, hassasiyet, tekrarlanabilirlik, standartlar ve tespit limitleri hakkında ek bilgiler ilgili şirketin sayfasından (www.actlabs.com) temin edilebilir.

Kil minerallerinin oksijen izotop analizi için, toz haline getirilmiş örneklerden CO_2 lazer ve BrF_3 kullanılarak oksijen çıkarılmıştır (Sharp,

1990). Oksijen izotop değerleri, Viyana Standart Ortalama Okyanus Suyu'na (V-SMOW) göre, $\delta^{18}\text{O}$ biçiminde sunulmuştur. Örnekler milde +9,6 değerini kullanarak NBS-28, uluslararası kuvars standardına ya da milde +5,8 değerini kullanarak UWG-2 Granat standardına normalize edilmiştir. NBS-28 ve UWG-2 için elde edilen değerler 0,15‰ den daha az bir değişkenlik göstermiştir. Örnekler ve standartlar vakum ekstraksiyon hattına yüklenmeden önce gece boyunca 150 °C de ısıtılmıştır. Boş BrF_3 , 0,2 mmol'den az oksijen elde edilene kadar çalıştırılmıştır. Oksijen eldeleri kaydedilmiş ve CO_2 gazı Geo20-20 kütle spektrometresinde analiz edilmiştir. Örnekler, GV Instruments IsoPrime kütle spektrometresi ile birleştirilmiş bir HEKAtech Yüksek Sıcaklık Element Analiz cihazında analiz edilmiştir. Örnekler gümüş kaspüllerde 1450 °C de pirolizlenmiş ve her bir örnek üç paralel olarak analiz edilmiştir. Bütün sonuçlar V-SMOW'a göre hesaplanmış ve 100 ‰, -66‰ ve -118‰ δD değerli IAEA-CH-7, NBS30 ve NBS22 uluslararası standartlara göre normalize edilmiştir. Bu ölçümler için harici hassasiyet 2‰'den iyidir.

Illit/K-mika içeren örnekler için $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş tayininde, örneklere 1 ml deiyonize su içinde yeniden süspansiyonlama işlemi yapılmış, mikro santrifüjde 10.000 devir/dk'da döndürülmüş ve dekantasyondan sonra ~1 mm'lik tanecikler haline getirilmiştir. Geri tepmeden kaynaklanan ^{39}Ar kaybını önlemek için, kil tanecikleri, McMaster Nükleer Reaktörünün orta akım lokasyonlarında 90 mWh boyunca nötron bombardımanı için gönderilmeden önce 1 mm ID erimiş silika şişelerine yerleştirilmiştir (ışınlama 1 için örnek yuvası 8C, ışınlama 2 için örnek yuvası 8A). Işınlamanın ardından, örnekler lazer füzyon sistemine tutturulmuş, şişeler 1×10^{-8} Torr vakum altında kırılmış ve örnekler, çoklu modda çalıştırılan 5W Coherent Innova continuous Arion lazerinden gelen odaklanmamış ışın kullanılarak yerinde kesintili-ısıtılmıştır. Argon izotopları daha sonra Hall (2013) tarafından önerilen yöntemler

vasıtasıyla analog modda işletilen Daly detektörü ile donatılmış VG1200S kütle spektrometresi kullanılarak analiz edilmiştir. Vakumla kapsüllenmiş örnekten elde edilen toplam gaz yaşı, klasik bir K-Ar yaşına eşittir. Bununla birlikte, Ar-Ar yaş verileri sonuçları hem kapanma (retention) yaşı hem de toplam gaz yaşı olarak verilmiştir. Analiz yapılan örnekler, anki-epimetamorfik ve daha yüksek dereceli metamorfizmayı temsil etmekte olup, metamorfizmaya ait mineral oluşum yaşına karşılık gelen kapanma sıcaklıkları kullanılmıştır (Middleton vd., 2014).

MİNERALOJİ

Göksun, Afşin ve Ekinözü yörelerindeki metamorfik kayaçların mineralojik-petrografik özellikleri Hozatlıoğlu vd. (2020) tarafından ayrıntılı olarak verilmiştir. Burada fillosilikat jeokimyası ortaya konulan kayaçların tanımlanması ile yetinilmiştir.

Göksun çevresindeki metamorfik kayaçları oluşturan buruşma kıvrımlı/dilinimli fillit, kalkfillit ve mermer litolojileri başlıca kalsit, dolomit, kuvars, feldispat ve fillosilikat ($2M_1$ illit/K-mika, I**b** klorit, paragonit, kaolinit, klorit-vermikülit/C-V, illit-klorit/I-C) içermektedir. Metamorfitler; KI ve *b*-hücre mesafesi verilerine göre yüksek ankizon-epizon ve orta basınç fasiyesi koşullarını (alt yeşilşist) yansıtmaktadır.

Afşin çevresindeki metamorfik kayaçlar fillit, kalkfillit, kalkşist, granatlı ve epidotlu mikaşist, klorit-epidot-amfibolşist ile tremolitli ve mikalı mermer litolojileriyle temsil edilmekte, fillosilikat minerallerini illit/K-mika (1*M* biyotit, $2M_1$ muskovit, paragonit), I**b** klorit, C-V, I-C, illit-simektit/I-S ve simektit oluşturmaktadır. Mineral birliktelikleri ve dokusal verilerin yanı sıra, illit/K-mika KI (epizon) ve *b*-hücre mesafesi (orta-yüksek basınç) verileri alt yeşilşist-yeşilşist fasiyesi koşullarına karşılık gelmektedir.

Ekinözü çevresindeki metamorfik kayaçlar alt düzeylerde kloritşist, amfibolşist, granat, sillimanit, stavrolit ve disten içeren mikaşist ve mikagnays litolojilerinden, üst düzeylerde ise tremolit, aktinolit, biyotit, muskovit ve klorit içeren kalsitli ve dolomitli mermerlerden oluşmaktadır. Mikalar, muskovit ($2M_1$) ve biyotit (1*M*) arasında (biyotit-seladonit, muskovit-filogopit, muskovit-ferrişist, muskovit-ferrobiyotit, Al-filogopit-Al-annit), kloritler (I**b**) ise şamozit ve klinoklor (brunsvigite ve diyabantit) arasında trioktahedral bileşime sahiptir. Mineral birlikteliklerine göre, Ekinözü bölgesindeki metamorfik kayaçlar metabazik ve metapelitlerce zengin alt seviyelerde amfibolit fasiyesi; metakarbonatlarca zengin üst seviyelerde ise yeşilşist fasiyesi koşullarını yansıtan metamorfizma derecelerini göstermektedir. İri tane boyutlu biyotit, muskovit ve kloritlere çok düşük-dereceli metamorfizmayı işaret eden C-V, C-S, I-C ve illit-vermikülit/I-V eşlik etmektedir.

Mineralojik bileşim ve metamorfizma derecelerine göre Göksun ve Afşin bölgesindeki metamorfik kayaçlar Malatya Metamorfitleri'ne, Ekinözü bölgesindekiler ise Pütürge Metamorfitleri'ne benzerlik sunmaktadır (Hozatlıoğlu vd., 2020). Elde edilen veriler; Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağı Metamorfik Masiflerinin batı uzantısını temsil eden metamorfik kayaçların bölgelere göre farklı köken kayaç ve/veya litolojilere, batıdan (Göksun) doğuya (Ekinözü) doğru artan sıcaklık ve basınç koşullarına ve her birinin farklı jeolojik evrime sahip mozayikleri temsil ettiklerini göstermiştir.

FİLLOSİLİKAT JEOKİMYASI

Ana ve İz Element Jeokimyası

Göksun, Afşin ve Ekinözü bölgelerinden alınan klorit ve illit/K-mika minerallerinin ana element içerikleri ve birim-hücre bileşimleri Çizelge 1, iz element içerikleri ise Çizelge 2'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Fillosilikat minerallerinin ana element kimyasal ve birim-hücre bileşimleri.**Table 1.** Major element chemical and unit-cell composition of phyllosilicate minerals.

Bölge	Ekinözü güneyi				Ekinözü doğusu				Afşin	Göksun	
	Mineral	Klorit	Klorit	Fenjit	Fenjit	Fenjit	Fenjit	Fenjit	Fenjit	İllit/ Mika	İllit/ Mika
Örnek/ Oksit	TEM-24	TEM-28	TEM-40	TEM-42	TEM-43	TEM-48	TEM-57	TEM-59	TEM-79	TGM-100	TGM-112
SiO ₂	30,78	37,97	41,83	47,03	44,93	44,61	43,90	44,88	46,89	46,49	47,49
TiO ₂	0,383	0,666	1,720	1,623	1,824	1,512	1,525	1,504	1,398	1,829	1,589
Al ₂ O ₃	19,85	19,86	18,95	17,19	18,35	19,62	18,98	20,20	25,43	21,52	19,87
tFe ₂ O ₃	21,28	17,80	12,67	12,09	11,59	15,41	13,15	12,68	7,17	11,03	10,85
tFeO*	19,15	16,02	11,40	10,88	10,43	13,87	11,83	11,41	6,45	9,92	9,76
Fe ₂ O ₃ *	3,19	2,67	1,90	1,81	1,74	2,31	1,97	1,90	1,08	1,65	1,63
FeO*	16,28	13,61	9,69	9,25	8,86	11,79	10,06	9,70	5,48	8,44	8,30
MnO	0,097	0,091	0,396	0,092	0,067	0,073	0,241	0,075	0,124	0,018	0,028
MgO	14,18	8,46	6,76	6,12	6,72	5,88	5,90	5,13	1,96	3,58	4,12
CaO	0,24	0,59	2,33	0,84	1,20	0,53	1,27	0,81	0,77	0,19	0,49
Na ₂ O	1,20	1,79	0,61	1,21	0,57	0,74	0,56	0,72	0,59	0,10	0,10
K ₂ O	0,31	0,45	4,71	6,59	7,15	6,78	6,50	7,00	8,32	8,47	7,95
P ₂ O ₅	0,15	0,34	0,14	0,16	0,19	0,19	0,16	0,06	0,36	0,18	0,45
LOI	10,21	10,48	9,82	5,73	7,36	5,45	8,15	6,79	6,58	6,81	6,68
Total	98,68	98,50	99,95	98,69	99,94	100,8	100,3	99,86	99,59	100,2	100,1
Si	2,98	3,59	3,05	3,31	3,19	3,10	3,14	3,17	3,24	3,24	3,32
Al	1,02	0,41	0,95	0,69	0,81	0,90	0,86	0,83	0,76	0,76	0,68
TC	1,02	0,41	0,95	0,69	0,81	0,90	0,86	0,83	0,76	0,76	0,68
Ti	0,03	0,05	0,09	0,09	0,10	0,08	0,08	0,08	0,07	0,10	0,08
Al	1,25	1,80	0,68	0,73	0,72	0,70	0,74	0,85	1,30	1,01	0,95
tFe ³⁺	1,55	1,27	0,70	0,64	0,62	0,81	0,71	0,67	0,37	0,58	0,57
tFe ²⁺	1,64	1,33	0,72	0,66	0,64	0,84	0,73	0,69	0,38	0,59	0,59
Fe ³⁺	0,24	0,20	0,11	0,10	0,10	0,12	0,11	0,10	0,06	0,09	0,09
Fe ²⁺	1,39	1,12	0,61	0,56	0,54	0,71	0,62	0,59	0,32	0,50	0,50
Mn	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
Mg	2,05	1,19	0,73	0,64	0,71	0,61	0,63	0,54	0,20	0,37	0,43
TOC	4,89	4,31	2,23	2,11	2,15	2,20	2,17	2,14	1,96	2,06	2,03
OC	0,00	0,22	-0,02	0,24	0,15	-0,07	0,05	0,04	0,27	0,09	0,24
Ca	0,03	0,06	0,18	0,06	0,09	0,04	0,10	0,06	0,06	0,03	0,02
Na	0,23	0,33	0,09	0,17	0,08	0,10	0,08	0,10	0,08	0,01	0,01
K	0,04	0,05	0,44	0,59	0,65	0,60	0,59	0,63	0,73	0,75	0,71
P	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,03
ILC	0,38	0,64	0,93	0,93	0,98	0,83	0,91	0,87	1,03	0,85	0,92
TLC	0,38	0,64	0,93	0,93	0,97	0,83	0,91	0,87	1,03	0,85	0,93

tFe₂O₃: Toplam demir; LOI: Ateşte kayıp; TC: Tetrahedral yük; TOC: Toplam oktahedral katyon; OC: Oktahedral yük; ILC: Tabaka arası yük; TLC: Toplam tabaka yükü

Çizelge 2. Fillosilikat minerallerinin iz element kimyasal bileşimleri (ppm).**Table 2.** Trace element chemical composition of phyllosilicate minerals (ppm).

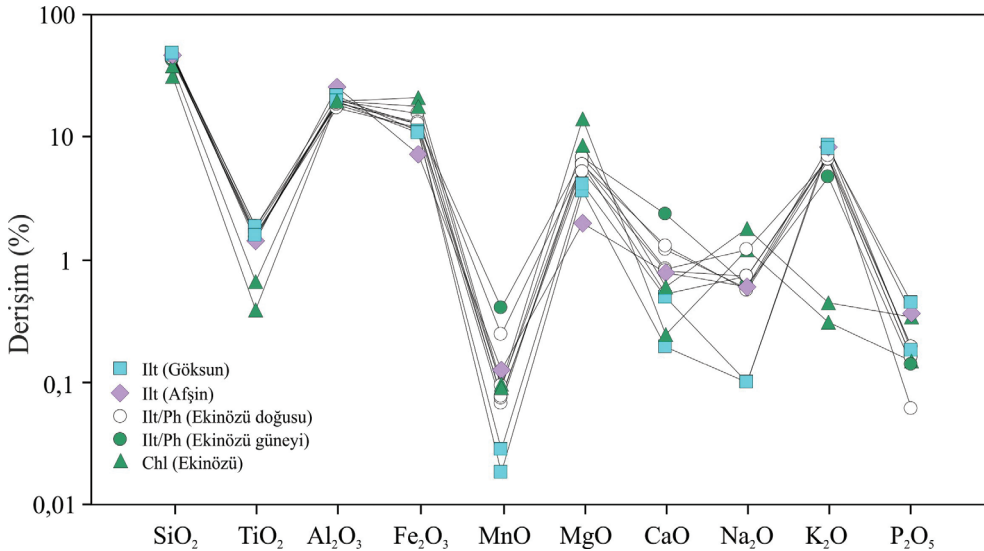
Bölge	Ekinözü güneyi				Ekinözü doğusu				Afşin	Göksun	
Mineral	Klorit	Klorit	Fenjit	Fenjit	Fenjit	Fenjit	Fenjit	Fenjit	İllit/ Mika	İllit/ Mika	İllit/ Mika
Örnek/ Element	TEM-24	TEM-28	TEM-40	TEM-42	TEM-43	TEM-48	TEM-57	TEM-59	TEM-79	TGM-100	TGM-112
Cr	550	280	30	120	130	120	130	110	70	120	110
Ni	160	150	40	80	100	90	110	80	80	30	30
Co	28	43	69	37	44	26	45	33	41	5	4
Sc	34	64	13	21	23	23	17	17	29	17	10
V	211	264	202	178	185	181	150	152	126	179	179
Cu	<10	770	<10	<10	<10	<10	100	<10	20	30	30
Pb	<5	<5	18	5	<5	<5	31	12	10	14	18
Zn	50	60	170	80	90	90	110	80	60	90	70
Bi	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	0,6	0,2	0,2	0,3
In	0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1
Sn	7	5	<1	4	4	4	4	3	4	5	4
W	128	117	51,1	62,3	31,9	39,9	72,9	49,6	69,3	18,5	17,3
Mo	<2	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	2	4
As	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	8	12
Sb	<0,2	<0,2	0,6	0,3	0,4	<0,2	<0,2	0,3	1,4	0,4	0,6
Ge	2,3	2,8	1,5	1,9	2,1	2,1	1,8	2,2	2,6	2,4	1,6
Be	3	4	2	3	4	4	3	5	4	5	5
Ag	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	2,5	1,5	1,0
Rb	8	15	251	230	224	264	253	239	219	232	249
Cs	0,5	0,2	12,2	9,2	8,8	14,6	14,4	9,5	14,9	7,9	17,2
Ba	119	2047	1782	693	540	640	986	783	2640	217	252
Sr	14	49	173	44	34	32	44	56	33	9	13
Tl	<0,05	<0,05	1,18	0,80	0,81	1,10	0,91	0,88	0,97	0,55	0,61
Ga	36	50	22	26	28	27	26	26	35	30	26
Ta	0,18	0,33	0,24	1,54	2,94	1,79	1,68	1,94	1,72	4,62	3,41
Nb	1,3	3,2	3,7	10,9	31,5	20,9	16,8	21,1	23,0	56,1	44,1
Hf	1,1	3,3	0,3	0,7	1,4	1,4	1,9	1,6	17,2	10,8	8,1
Zr	50	149	10	29	53	55	79	61	824	478	338
Y	10,7	25,5	3,5	10,2	13,3	10,9	12,9	9,6	48,2	28,1	18,4
Th	0,65	1,83	0,14	5,08	8,31	3,83	34,2	4,69	38,6	12,3	13,2
U	1,05	2,29	0,09	0,75	1,52	1,60	1,74	1,82	3,43	6,92	11,8
La	2,62	9,81	1,46	10,4	23,3	13,4	13,5	18,3	212	12,4	13,4
Ce	5,52	20,4	2,86	20,4	46,7	25,6	28,5	28,9	442	24,2	35,8
Pr	0,73	2,57	0,39	2,38	5,31	2,96	2,86	3,18	51,3	2,77	3,60
Nd	3,52	12,2	1,93	9,76	20,8	12,3	11,1	11,0	203	11,2	14,5
Sm	1,23	4,32	0,51	2,09	4,05	2,37	2,19	2,00	36,9	2,36	2,97
Eu	0,364	1,28	0,155	0,596	0,713	0,540	0,437	0,478	8,47	0,499	0,653
Gd	2,02	5,69	0,58	2,02	3,04	2,19	1,92	1,73	22,8	2,59	2,55
Tb	0,35	1,00	0,09	0,32	0,47	0,35	0,36	0,27	2,38	0,54	0,44
Dy	2,09	5,74	0,53	1,90	2,68	2,01	2,21	1,64	9,84	4,34	3,05
Ho	0,39	1,01	0,11	0,38	0,51	0,40	0,48	0,31	1,78	1,09	0,69
Er	1,12	2,61	0,29	1,03	1,38	1,12	1,48	0,88	5,42	3,85	2,32
Tm	0,163	0,360	0,042	0,154	0,224	0,172	0,238	0,131	0,881	0,672	0,404
Yb	1,08	2,41	0,28	1,00	1,44	1,08	1,71	0,91	6,21	4,63	2,87
Lu	0,157	0,379	0,039	0,149	0,204	0,156	0,265	0,146	0,979	0,723	0,440

Fillosilikatların ana oksit derişimlerine göre; kloritler illit/K-mikalara göre daha yüksek MgO ve Fe₂O₃, daha düşük SiO₂, Al₂O₃ ve K₂O içerikleriyle belirgin biçimde ayrılmaktadır (Şekil 3). İllit/K-mikaların ana oksit derişimleri Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, Na₂O ve P₂O₅ için geniş aralıkta, diğerleri daha dar aralıkta değişmektedir. İllit/K-mikaların oksit bileşimleri bölgelere ve dolayısıyla metamorfizma derecelerine göre farklılıklar göstermektedir. Afşin ve Göksun bölgesine ait illit/K-mikalar Ekinözü bölgesindekilere göre daha yüksek SiO₂ ve Al₂O₃, buna karşın daha düşük MgO, Fe₂O₃, MnO ve Na₂O içermektedir.

Klorit ve illit/K-mika minerallerinin ana bileşimine katılan oksitlerin üçgen diyagramdaki dağılımlarına göre (Şekil 4), SiO₂-MgO-Al₂O₃+tFe₂O₃ diyagramında incelenen fillosilikat mineralleri üçgenin sağ-orta kesiminde ve SiO₂-Al₂O₃+tFe₂O₃ çizgisine yakın yer almaktadır (Şekil 4a). İllit/K-mikalar muskovit-biyotit-seladonit arasında muskovit köşesine yakın konumlanmıştır. Şistlerle temsil edilen Ekinözü bölgesindekilere biyotit-seladonit bileşimine, fillitlerle temsil

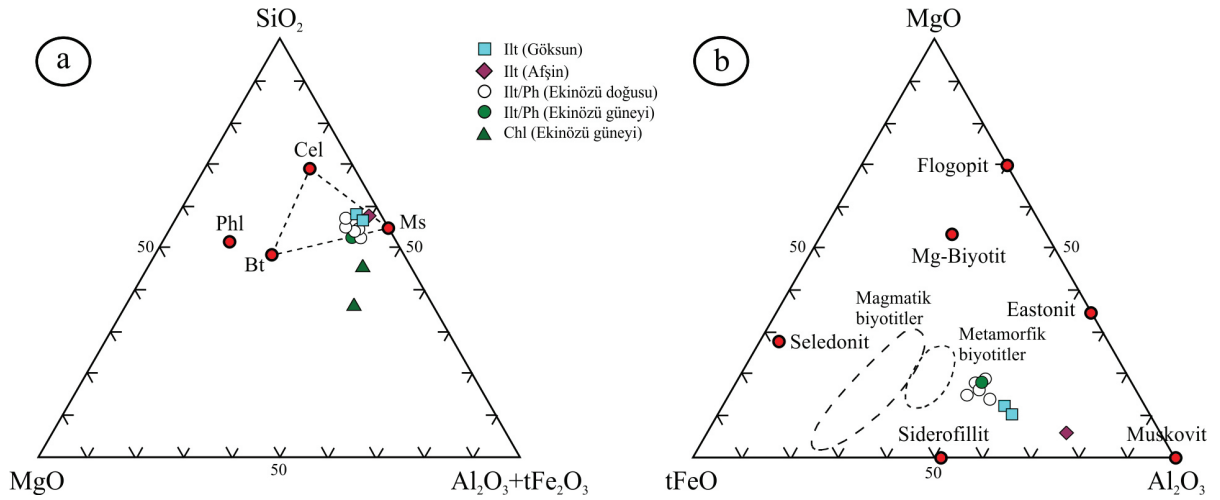
edilen Afşin ve Göksun bölgesindekilere muskovit bileşimine daha yakın konumlanmış bulunmaktadır. Magmatik ve metamorfik biyotit alanlarının (Deer vd., 1962) da işaretlendiği MgO-tFeO-Al₂O₃ üçgen diyagramında ise, alt-orta kesimde ve MgO-Al₂O₃ çizgisine yaklaşık paralel bir dağılım göstermektedir (Şekil 4b). K-mikaların oksit bileşimleri metamorfik biyotitler ile ideal muskovit arasında dağılım sunmaktadır (Şekil 4b).

Ekinözü ilçesi güneyinde yüzeyleyen Engizek Metamorfitleri'ne ait kloritlerin oktahedral kationlarını başlıca Mg, Fe ve Al (Mg_{1,19-2,05}Fe_{1,27-1,55}Al_{1,25-1,80}) oluşturmakta ve şamozit (Fe_{3,5}Mg_{1,5}Al) ve klinoklor (Mg₅Al) arasında trioktahedral bileşimi yansıtmaktadır. Kloritler Foster (1962) sınıflamasına göre brusvigit ve diyabantit (Şekil 5a), Bailey (1980) sınıflamasına göre klinoklor ve şamozit, olarak adlandırılmıştır (Şekil 5b). Aynı birimden alınan iki klorit örneğinin tetrahedral Al içeriğindeki farklılık çok az da olsa kil fraksiyonunda kalan kuvars ve feldispatlardan kaynaklanmış gözükmektedir.



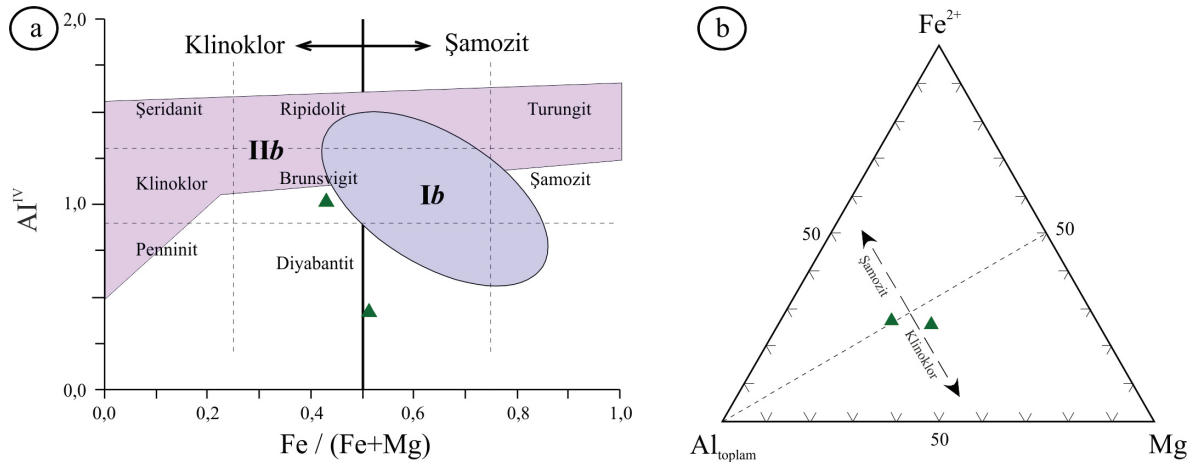
Şekil 3. Klorit ve illit/K-mikaların ana oksit bileşimlerinin dağılımları.

Figure 3. Distribution of major oxide composition of chlorite and illite/K-micas.



Şekil 4. Fillosilikat minerallerinin üçgen diyagramlarındaki dağılımları, **a)** $\text{SiO}_2\text{-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{+tFe}_2\text{O}_3$, **b)** $\text{MgO-tFeO-Al}_2\text{O}_3$ (Magmatik ve metamorfik biyotit alanları Deer vd. 1962'den alınmıştır).

Figure 4. Distribution of phyllosilicates on ternary diagrams: **a)** $\text{SiO}_2\text{-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{+tFe}_2\text{O}_3$, **b)** $\text{MgO-tFeO-Al}_2\text{O}_3$ (igneous and metamorphic biotite fields from Deer et al., 1962).



Şekil 5. Kloritlerin adlandırılma diyagramlarındaki konumları: **a)** $\text{Al}^{\text{IV}}\text{-Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$, **b)** $\text{Fe-Al}_{\text{toplam}}\text{-Mg}$.

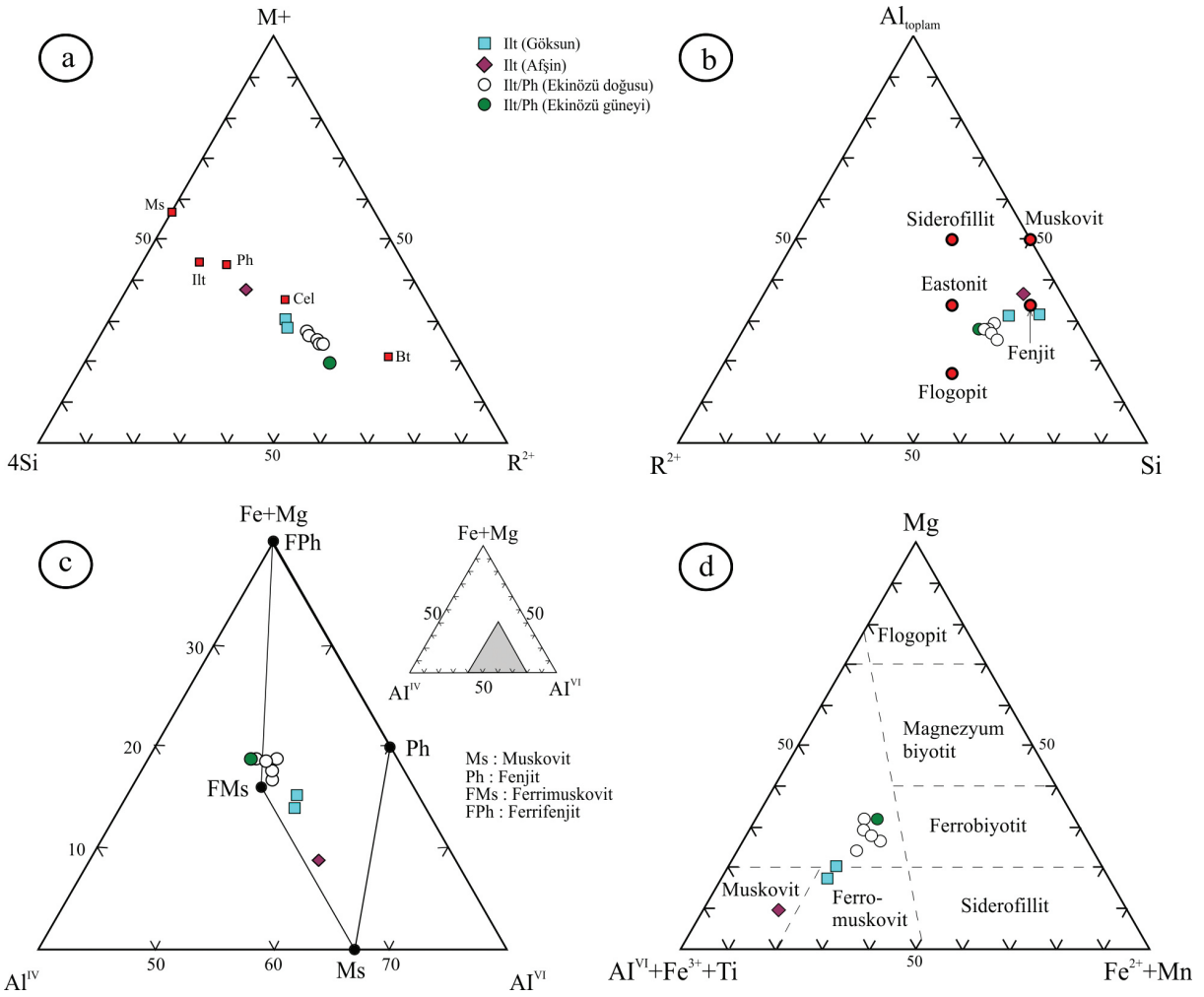
Figure 5. Setting of chlorites in nomenclature diagrams: **a)** $\text{Al}^{\text{IV}}\text{-Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$, **b)** $\text{Fe-Al}_{\text{total}}\text{-Mg}$.

Ekinözü bölgesinde şistleri temsil eden K-mikaların oktahedral katyon içerikleri ($\text{Al}_{0,68-0,85}\text{Mg}_{0,54-0,73}\text{Fe}_{0,62-0,81}$) trioktahedral ($\text{Fe}+\text{Mg}>\text{Al}^{\text{VI}}$), Afşin ve Göksun bölgesinde fillitleri temsil eden illit/K-mikalar ($\text{Al}_{0,95-1,30}\text{Mg}_{0,20-0,43}\text{Fe}_{0,37-0,58}$) ise dioktahedral ($\text{Al}^{\text{VI}}>\text{Fe}+\text{Mg}$) bileşimi yansıtmaktadır. İllit/K-mikaların birim-hücre bileşimleri genel anlamda muskovit ile biyotit

arasında bir bileşimi yansıtmaktadır (Şekil 6). $\text{M}^+-4\text{Si-R}^{2+}$ diyagramında Ekinözü ve Göksun bölgesi illitleri biyotit-seladonit, Afşin bölgesine ait illit fenjit-seladonit arasında bileşime sahiptir (Meunier ve Velde, 1989) (Şekil 6a). $\text{Al}_{\text{toplam}}\text{-R}^{2+}\text{-Si}$ diyagramında illit/K-mikalar muskovit-flogopit arasında, Afşin ve Göksun bölgesi illit/K-mikaları fenjit, Ekinözü bölgesi illit/K-mikaları fenjit-

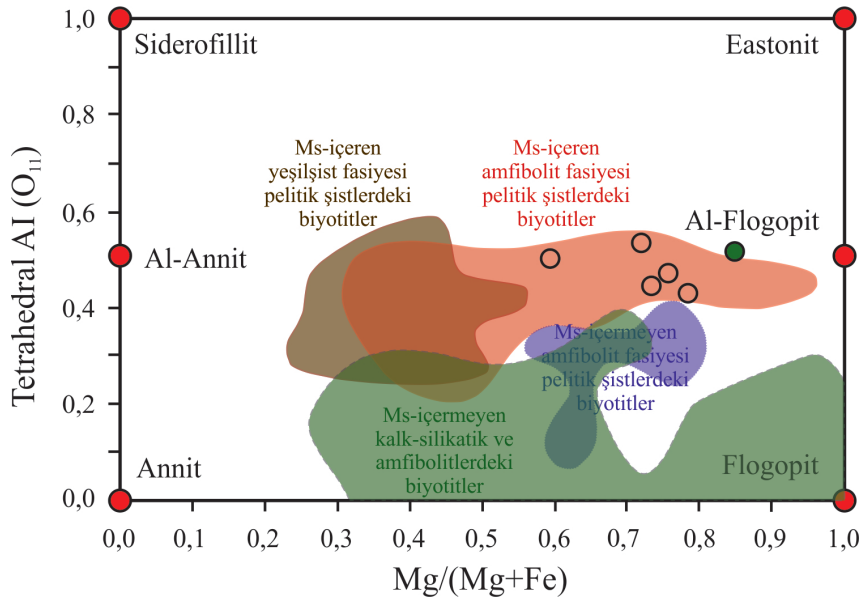
flogopit arasında bileşim sergilemektedir (Şekil 6b). Fe+Mg-Al^{IV}-Al^{VI} diyagramında muskovit-ferrimuskovit arasında bileşime sahip Afşin bölgesi illit örneği hariç, diğer illit/K-mikalar ferrimuskovit bileşimindedir (Guidotti, 1984) (Şekil 6c). Mg-Al^{VI}+Fe+Ti-Fe²⁺+Mn diyagramında illit/K-mikalar Afşin-Göksun-Ekinözü bölgeleri sırasına göre muskovitten ferrobipyotit bileşimine doğru değişim sunmaktadır (Foster, 1960) (Şekil 6d).

Ekinözü bölgesindeki trioktahedral K-mikalar; Al-flogopit-Al-annit arasında Al-flogopite yakın bir bileşime sahiptir (Şekil 7). Trioktahedral mikaların bileşimi mineralojik-petrografik verilerle uyumlu şekilde amfibolit fasiyesi pelitik şist alanı içerisinde yer almaktadır (Guidotti, 1984).



Şekil 6. K-mikaların adlandırma diyagramlarındaki konumları: a) M⁺-Si-R²⁺, b) Al_{toplam}-R²⁺-Si, c) Fe+Mg-Al^{IV}-Al^{VI}, d) Mg-Al^{VI}+Fe³⁺+Ti-Fe²⁺+Mn.

Figure 6. Setting of K-micas in nomenclature diagrams: a) M⁺-Si-R²⁺, b) Al_{total}-R²⁺-Si, c) Fe+Mg-Al^{IV}-Al^{VI}, d) Mg-Al^{VI}+Fe³⁺+Ti-Fe²⁺+Mn.



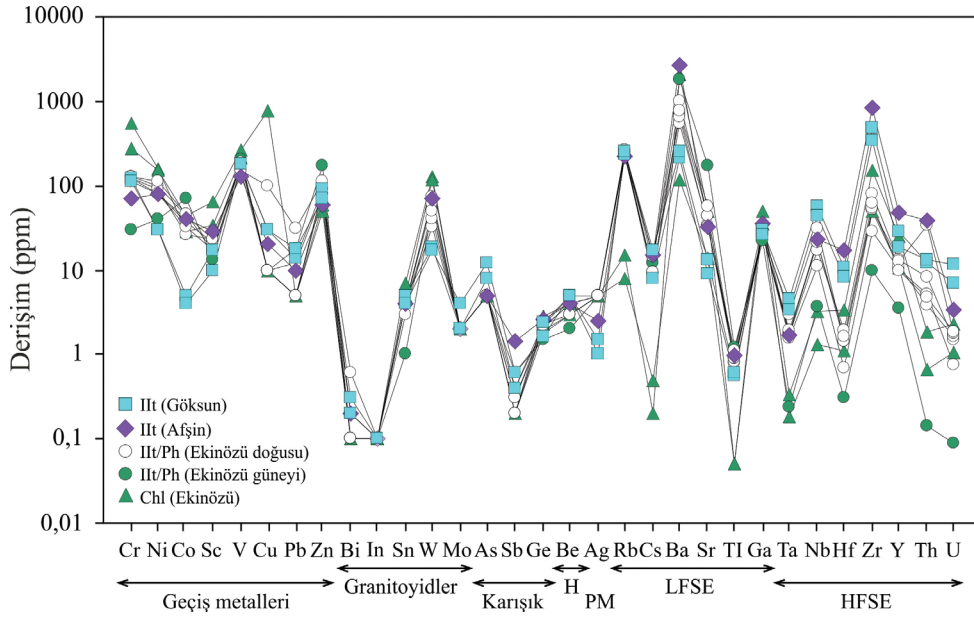
Şekil 7. Trioktahedral K-mikaların tetrahedral Al-Mg/(Mg+Fe) diyagramındaki konumu ve amfibolit fasiyesi metamorfik kayalarındaki biyotit alanları ile kökensel durumu (Sınıflandırma diyagramı ve biyotit alanları Guidotti, 1984'ten alınmıştır).

Figure 7. Setting of trioctahedral K-micas in tetrahedral Al-Mg/(Mg+Fe) diagram with their biotite fields and origin position in metamorphic rocks of amphibolite facies (Classification diagram and biotite fields taken from Guidotti, 1984).

Ekinözü bölgesindeki klorit ve trioktahedral K-mikaların NTE hariç diğer eser element içerikleri Şekil 8'de topluca sunulmuştur. Toplam eser element konsantrasyonu önemli farklılıklar göstermemekle birlikte, saf klorit örneğinde (TEM-24) en düşük (1443 ppm), dioktahedral K-mika örneğinde (TEM-79) en yüksek (4426 ppm) değere sahiptir. Bu durum elementsel süstitüsyonun kloritlerde daha az, buna karşın dioktahedral mikalarda daha yüksek düzeyde gerçekleştiğine işaret etmektedir. Kloritlerden bir örneğin özellikle Cu ve Ba konsantrasyonlarının yüksek olması, kil fraksiyonunda kalan klorit dışı minerallerden (feldispat, opak mineral vb.) kaynaklanmış gözükmektedir. Kloritlerde geçiş metalleri yüksek; buna karşın diğer elementler, özellikle kalıcılığı düşük (LFSE) ve yüksek (HFSE) elementler düşük derişim göstermektedir. Dioktahedral mikalar trioktahedral olanlara göre daha yüksek As, Sb, Be, Cs, Ba, Ga, Nb, Hf, Zr, Y, Th ve U, buna karşın daha düşük Cr, Ni, Sc, Zn,

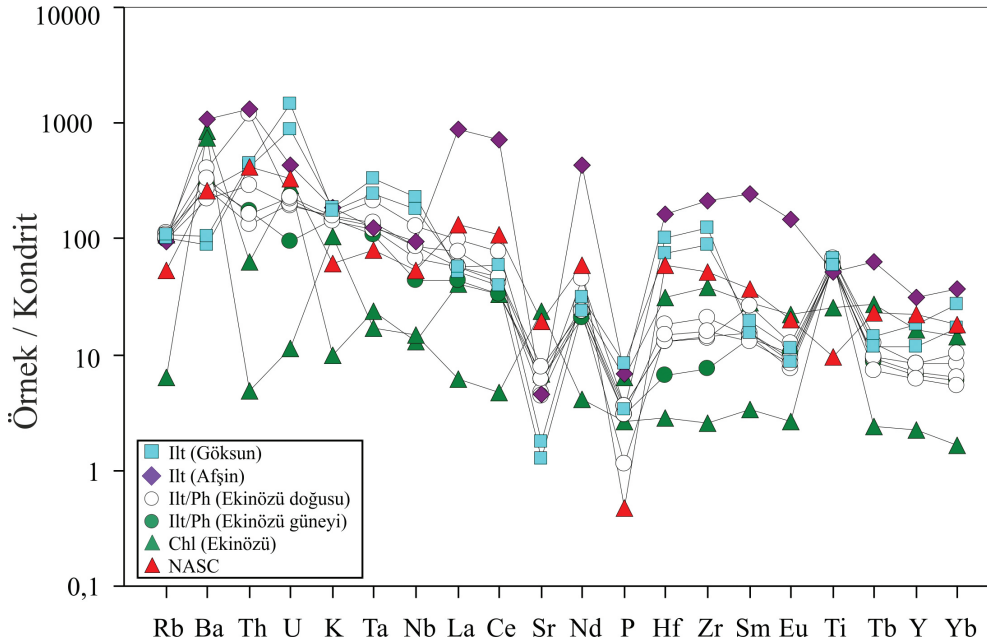
Ag, Sr ve Tl içeriğine sahiptir. Diğer bir ifadeyle, dioktahedral mikalar genel olarak geçiş metalleri ve granitoyid elementlerince daha yüksek, karışık davranışlı, halojen, değerli metaller, LFSE ve HFSE bakımından daha düşük derişimlere sahiptir.

Klorit ve illit/K-mika minerallerinin kondrite göre normalize edilmiş bazı iz element örümcek diyagramındaki dağılımları Şekil 9'da verilmiştir. Kondrit değerlerine göre; genellikle minerallerin desenleri birbirinden ve Kuzey Amerika Şeyl Bileşimin'den (NASC) ayrılmakta olup; belirgin bir ayrımlaşmayı/farklılaşmayı ifade etmektedir. Kloritler K-mikalara göre, benzer biçimde trioktahedral K-mikalar dioktahedral olanlara göre daha düşük değerler sunmaktadır. NASC'ye göre kloritler ve trioktahedral K-mikalar P ve Ti hariç fakirleşme/tüketilme, dioktahedral K-mikalar ise Sr ve Ba hariç zenginleşme göstermektedir. Sr, P ve Eu bir klorit örneği hariç negatif anomali oluşturmaktadır.



Şekil 8. Fillosilikat minerallerinin eser element içeriklerine göre dağılımı. (H: Halojen, PM: Değerli metaller, LFSE:Kalcılığı düşük elementler, HFSE: Kalcılığı yüksek elementler).

Figure 8. Distribution of phyllosilicate minerals according to trace element content. (H: Halogen, PM: Precious metals, LFSE: Low-field-strength elements, HFSE: High-field-strength elements).



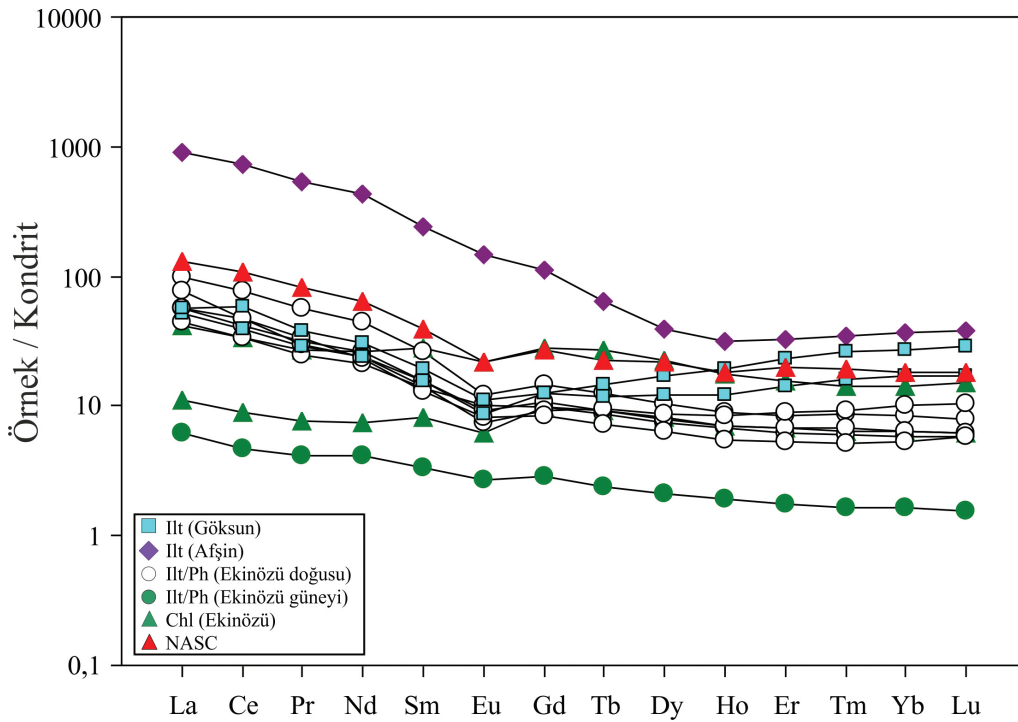
Şekil 9. Fillosilikat minerallerinin kondrit-normalize iz element desenleri. (Kondrit: Sun ve McDonough, 1989, NASC için Nb ve Y: Condie, 1993; diğer elementler: Gromet vd., 1984).

Figure 9. Chondrite-normalized trace element patterns of phyllosilicate minerals. (Chondrite: Sun and McDonough, 1989, Nb and Y for NASC: Condie, 1993; other elements: Gromet et al., 1984).

Klorit ve illit/K-mika minerallerinin kondrite göre normalize edilmiş NTE dağılımları Şekil 10'da verilmiştir. Tüm mineraller kondrite göre yaklaşık 1-1.000 kat zenginleşme göstermektedir. Fillosilikatlar hafif NTE'den ağır NTE'ye doğru azalan biçimde bir dağılım sunmakta olup, tüm örnekler az miktarda da olsa negatif Eu anomalisine sahiptir. Afşin bölgesine ait dioktahedral K-mika en yüksek fakirleşme, Ekinözü bölgesine ait trioktahedral mika ise en yüksek zenginleşmeye sahiptir. Kloritler ve trioktahedral mikalar NASC'ye göre fakirleşme sunmaktadır. Göksun Metamorfitleri'ne ait dioktahedral mika NASC'ye yakın ve az miktarda fakirleşme, buna karşın Afşin Metamorfitleri'ne ait mika örneği belirgin bir zenginleşme sunmaktadır.

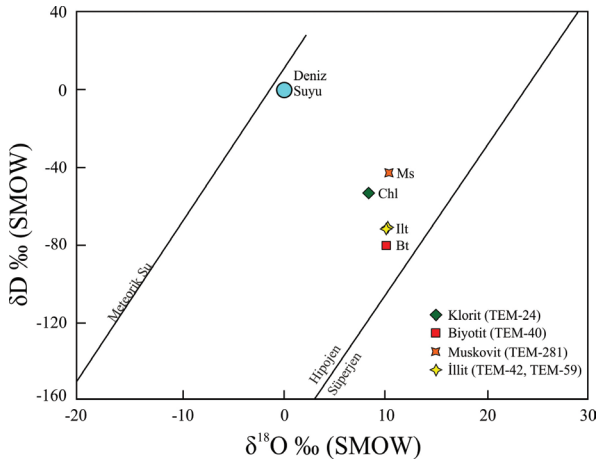
Duraylı İzotop (Oksijen-Hidrojen) Jeokimyası

Bu çalışmada oksijen ve hidrojen izotopları jeokimyası incelemeleri 1 klorit, 1 biyotit, 1 muskovit ve 2 illit/K-mika olmak üzere toplam 5 fillosilikat minerali üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kloritin $\delta^{18}\text{O}$ değeri en düşük ($\%8,4$) olup, illit/K-mika ve K-mikalar klorite göre biraz daha yüksek ve birbirine oldukça yakın değerler sunmaktadır ($\%10,1-10,4$). δD değerleri $\% -42,6$ – $-79,9$ arasında daha geniş bir aralığa sahiptir. δD değerleri yeşilist/amfibolit fasiyesi kayaçlarını temsil eden klorit ve muskovitlerde en yüksek, yeşilist fasiyesi kayaçlarını temsil eden illitlerde daha düşük değerlere sahiptir. En düşük δD değeri biyotitte saptanmıştır (Şekil 11, Çizelge 3).



Şekil 10. Fillosilikat minerallerinin kondrit-normalize NTE bollukları. (NASC: Ho ve Tm elementleri Haskin vd., 1968, diğer elementler Gromet vd., 1984, Kondrit: Sun ve McDonough, 1989).

Figure 10. Chondrite-normalized REE abundance of phyllosilicate minerals. (NASC: Ho and Tm elements from Haskin et al., 1968; other elements: Gromet et al., 1984, Chondrite: Sun and McDonough, 1989).



Şekil 11. Fillosilikat minerallerinin oksijen ve hidrojen izotop bileşimlerinin $\delta^{18}\text{O}$ ve δD diyagramındaki konumları (Süperjen-hipojen çizgisi: Sheppard vd., 1969, Meteorik su çizgisi: Craig, 1961).

Figure 11. Settings of oxygen and hydrogen isotope compounds of phyllosilicate minerals in $\delta^{18}\text{O}$ and δD diagrams (Supergen-hypogen line: Sheppard et al., 1969; Meteoric water line: Craig, 1961).

Tüm örnekler yüksek sıcaklık ve derin ortam koşullarını temsil eden hipojen bölgede konumlanmakta, muskovit ve klorit örnekleri süperjen-hipojen çizgisine en uzak konumda yer almaktadır (Şekil 11). İllit ve özellikle biyotit süperjen-hipojen çizgisine daha yakındır. Bu durum, illitlerin klorit ve muskovitlere göre daha düşük metamorfizma koşullarına ve dolayısıyla daha düşük δD değerleri sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Biyotitlerin süperjen-hipojen

çizgisine yakınlığı ise diğer fillosilikatlardan daha düşük metamorfizma derecesinden ziyade, 500 °C'yi aşan sıcaklık koşulları nedeniyle daha düşük δD değerleri sunmasıyla ilişkilidir.

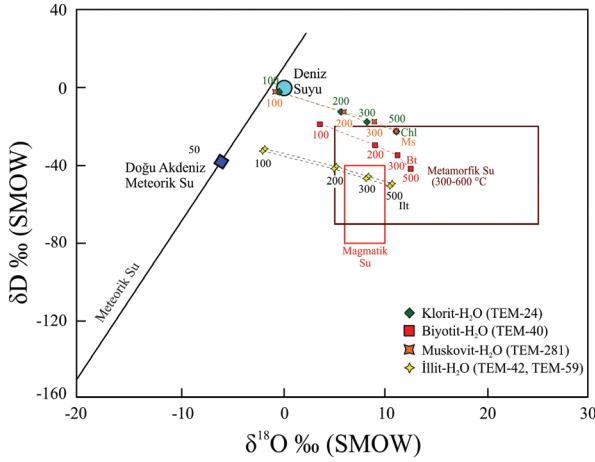
Fillosilikatların su içeriğinin kaynağını belirlemek amacı ile $\delta\text{D} - \delta^{18}\text{O}$ diyagramı kullanılmıştır (Şekil 12). İllit/K-mika ve kloritler bütünüyle metamorfik su alanında dağılmaktadır. İllit/K-mika ve kloritlerin sıcaklığa bağlı mineral-su izotopsal ayrışma verileri metamorfik su alanının minimum $\delta^{18}\text{O}$ ve δD değerlerine göre değerlendirildiğinde, minimum sıcaklık verileri illitler için 200 °C, muskovit ve kloritler için 300 °C belirlenmiştir. Metamorfik su alanının 300-600 °C arasının temsil etmesi göz önünde bulundurulduğunda, tüm örnekler tipik metamorfizma sıcaklık koşullarını yansıtabilecek niteliktedir.

Fillosilikat minerallerini oluşturan suyun $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin sıcaklıkla ilişkisinin değerlendirildiği $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}} - \text{Sıcaklık (}^\circ\text{C)}$ diyagramında illit, muskovit ve kloritler metamorfik su minimum $\delta^{18}\text{O}$ değeri esas alındığında birbirine yakın ancak metamorfizma derecesinin altında kalan sıcaklık koşulları (~200 °C) elde edilmiştir (Şekil 13). Bu sıcaklık değeri örneklerin mineralojik ve petrografik özellikleriyle uyumsuz olup, metamorfik su bileşiminin daha yüksek değerde olduğunu ($\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}} \approx -10$) ve 375-500 °C arasında değişen sıcaklık koşullarındaki bir metamorfizmayı işaret ettiğini göstermiştir.

Çizelge 3. Fillosilikat minerallerinin duraylı izotop ($\delta^{18}\text{O}$ ve δD) bileşimleri.

Table 3. Stable isotope composition ($\delta^{18}\text{O}$ and δD) of phyllosilicate minerals.

Örnek No	Bölge/Formasyon	Mineral	$\delta^{18}\text{O}$ ‰ (SMOW)	δD ‰ (SMOW)
TEM-24	Ekinözü G/Yoncayolu	Klorit	8,4	-52,9
TEM-40	Ekinözü G/Yoncayolu	Biyotit	10,1	-79,9
TEM-42	Ekinözü D/Çayderesi	İllit/mika	10,1	-71,6
TEM-59	Ekinözü D/Çayderesi	İllit/mika	10,3	-70,6
TEM-281	Ekinözü GB/Çayderesi	Muskovit	10,4	-42,6

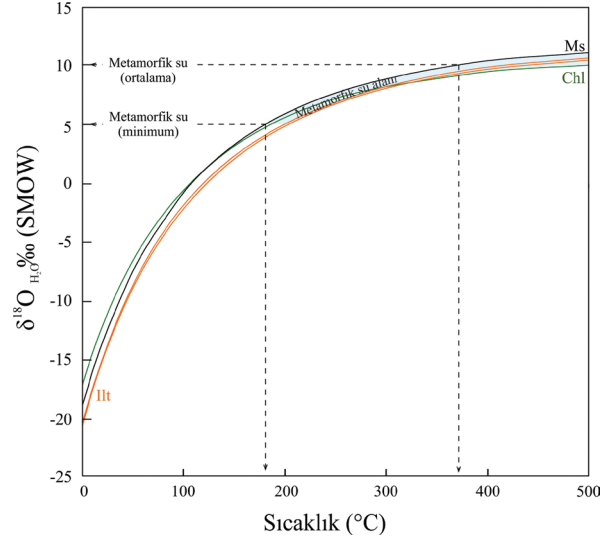


Şekil 12. Fillosilikat minerallerindeki $\delta^{18}\text{O}$ ve δD verilerinin mineral-su ayrışması eşitliklerinden itibaren hesaplanan sıcaklık-izotopsal bileşim dağılımları (Doğu Akdeniz Meteorik Su bileşimi: Gat vd., 1996, Magmatik ve metamorfik su alanları: Taylor, 1974; Rye vd., 1976; Sheppard, 1981, $\delta^{18}\text{O}$ mineral-su ayrışma eşitlikleri: Zheng, 1993, δD mineral-su ayrışma verileri: klorit-su için Graham vd., 1984, biyotit-su ve muskovit-su için IAEA (International Atomic Energy Agency, Ferronsky ve Polyakov, 2012).

Figure 12. Temperature-isotopic composition distribution of $\delta^{18}\text{O}$ and δD data in phyllosilicate minerals calculated from mineral-water separation equations (Eastern Mediterranean Meteoric Water composition: Gat et al., 1996; Magmatic and metamorphic water fields: Taylor, 1974; Rye et al., 1976; Sheppard, 1981). $\delta^{18}\text{O}$ mineral-water separation equations: Zheng, 1993; δD mineral-water separation data: Graham et al., 1984 for chlorite-water, IAEA for biotite-water and muscovite-water (International Atomic Energy Agency, Ferronsky and Polyakov, 2012).

Radyojenik İzotop ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) Jeokimyası

Metamorfizma yaşlarının belirlenmesi kapsamında mika mineralleri üzerinde $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ radyometrik yaş tayinleri gerçekleştirilmiştir. Epimetamorfik illitlerin (serizit) yaşları için “toplam gaz yaşı” yerine “argon kapanma yaşı” kullanılması tercih edilmiştir (Hall, 2013). Ekinözü güneyindeki amfibolit fasiyesi mika gnayslardan ayırt edilen biyotit (Bt) ve muskovit (Ms) örneklerine ait

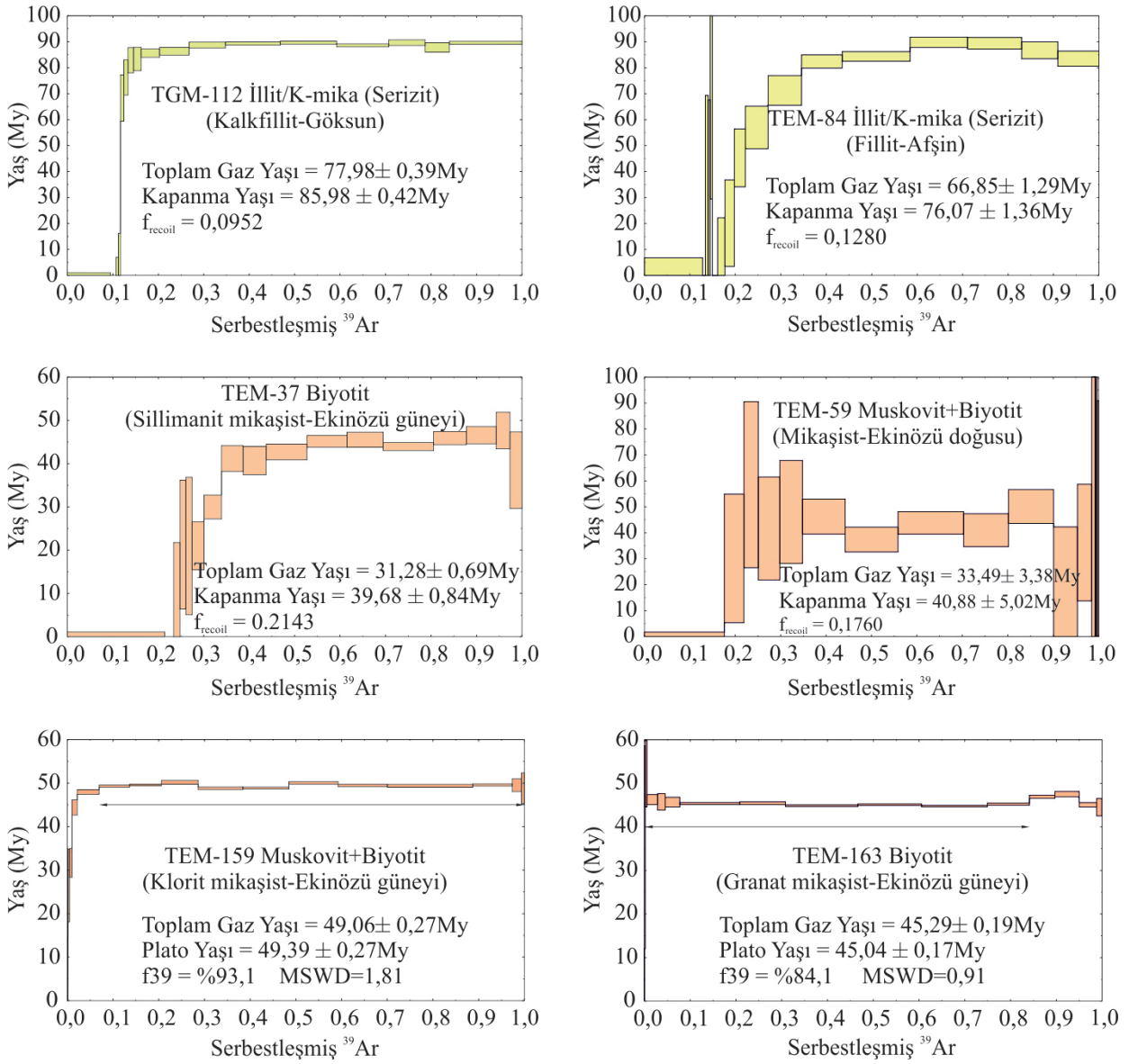


Şekil 13. Klorit ve K-mikalardaki suyun mineral-su eşitliklerine (Zheng, 1993) göre hesaplanmış $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ (SMOW) değerleri ile sıcaklık arasındaki ilişki ($\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ -5; Taylor, 1974).

Figure 13. Relationship between temperature and $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ (SMOW) calculated according to mineral-water equations of water in chlorite and K-micas (Zheng, 1993, $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ -5; Taylor, 1974).

(Hozatlıoğlu, 2018: TEM-37 Bt, TEM-159 Ms+Bt ve TEM-163 Bt) $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş verileri ($49,39 \pm 0,27 - 39,68 \pm 0,84$ m.y.) Alt-Orta Eosen (İpresiyen-Bartoniyen) döneminde gelişen metamorfizmaya karşılık gelmektedir (Şekil 14).

Sillimanit mikaşist örneğine (TEM-37) ait biyotitlerin en genç metamorfizma yaşı vermesi, biyotitlerin muskovitlere göre daha az Ar içermesinden (Örneğin, Roddick vd., 1980; Heizler ve Harrison, 1988) ziyade, en yüksek dereceli metamorfizmanın en genç dönemde gerçekleşmesiyle ilişkilidir. Nitekim, biyotitlerinkine benzer metamorfizma yaş bulgusu ($40,88 \pm 5,02$ m.y.; Bartoniyen-Orta Eosen) Ekinözü doğusundan alınan fillitik şist örneğindeki (TEM-59) epimetamorfik illitlerden elde edilmiştir.



Şekil 14. İllit/K-mikaların Ar-Ar yaş spektralleri (İnce taneli/serizitik örneklerde kapanma yaşı, iri taneli örneklerde plato yaşı ölçümleri esas alınmıştır).

Figure 14. Ar-Ar age spectras of illite/K-micas (based on retention age in fine-grained/sericitic samples and plateau age in coarse-grained samples).

Afşin ve Göksun ilçeleri yakınından alınan metamorfitlere ait fillit (TEM-84) ve kalkfillit (TGM-112) örneklerindeki epimetamorfik illitlerden sırasıyla $76,07 \pm 1,36$ m.y. (Kampaniyen-Geç Kretase) ve $85,98 \pm 0,42$ m.y. (Santoniyen-

Geç Kretase) $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaşları elde edilmiştir (Hozatlıoğlu, 2018). Doğu Toroslardaki metamorfik ve magmatik (Hozatlıoğlu, 2018; Yazgan, 1984; Asutay, 1987; Yazgan, 1983; Rızaoğlu vd., 2009; Yazgan ve Chessex, 1991;

Bozkaya vd., 2003; Helvacı, 1983; Okay vd., 2010), ayrıca ofiyolitik kayalara (Dubertret, 1953; Aslaner, 1973; Selçuk, 1981; Delaloye vd., 1979; Delaloye vd., 1980a; Delaloye vd., 1980b; Uysal vd., 2012; Parlak vd., 2009; Çoğulu vd., 1976; Dilek ve Thy, 2009; Karaoğlan, 2012; Tarhan, 1984; Genç vd., 1993; Robertson vd., 2006; Karaoğlan vd., 2013; Yazgan, 1983; Yazgan ve Chessex, 1991; Yılmaz vd., 1981) ait yaş bulguları ile illit/K-mikalardan elde edilen yaşların denestirilmesi Çizelge 4 ve 5’de sırasıyla sunulmuştur.

⁴⁰Ar/³⁹Ar radyometrik yaş tayini yöntemi ile illit/K-mikalardan elde edilen yaşlar bölgesel jeoloji haritası üzerinde değerlendirilmiştir (Bedi vd., 2005, 2009) (Şekil 14). Veriler genel olarak Üst Kretase (Göksun-Binboğa Metamorfileri) ve Alt-Orta Eosen’e (Engizek Metamorfileri) karşılık gelmektedir (Şekil 15). Metamorfilerin çevresindeki ofiyolit tabanı metamorfizması yaşları ve yay magmatiklerinden elde edilen yaşlar ile illit/K-mikalardan elde edilen yaşlar bölgesel jeoloji haritasına yerleştirilmiş ve büyük benzerlik sunduğu görülmüştür (Yılmaz vd., 1993) (Şekil 16). İllit/K-mikalardan elde edilen metamorfizma yaşlarının Doğu Toroslar’ın bölgesel jeoloji haritasındaki dağılımları, batıdan doğuya doğru, diğer bir ifadeyle GD Anadolu kenet kuşağına yaklaşıldığında daha da gençleşmektedir (Bilgiç, 2002; Ulu, 2002) (Bkz Şekil 2).

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, Doğu Toroslar’ın batı kesiminde Göksun, Afşin ve Ekinözü ilçeleri (Kahramanmaraş ili kuzeyi) çevresinde yüzeyleyen Üst Paleozoyik-Alt Mesozoyik yaşta metamorfik birimlerde yapılan jeokimyasal incelemelerden elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur:

Jeoloji

Güneydoğu Anadolu bölgesinde Arap Plakası kuzeyi ile Doğu Toros Kuşağı boyunca

yüzeyleyen metamorfik kayalar coğrafik konumlarına göre Bitlis, Pütürge, Keban, Malatya, Engizek ve Göksun Metamorfileri biçiminde adlandırılmışlardır. Bunlardan Bitlis ve Pütürge litolojik ve metamorfizma derecesi, jeolojik konumu ve kökenleri bakımından birbirinin eşdeğeri iken, Keban, Malatya, Engizek ve Göksun Metamorfileri de benzer parametreler gözönüne alınarak eşdeğer kabul edilmektedir (Perinçek ve Özkaya, 1981; Yazgan, 1984; Yazgan ve Chessex, 1991; Yılmaz vd., 1993; Turan vd., 1995; Erdem ve Bingöl, 1997). Yazarlara göre Bitlis-Pütürge Arap Plakası’ndan, Keban, Malatya, Engizek ve Göksun Metamorfileri ise daha kuzeyde yer alan Toros veya Keban Plakası’ndan türemişlerdir. Bununla birlikte, tüm metamorfik kayaların eşdeğer ve Toros kökenli olduğu şeklinde görüşler de bulunmaktadır (Yılmaz vd., 1987; Yılmaz vd., 1992; Yılmaz, 1993). Ayrıca son yıllarda yapılan çalışmalarda Bitlis Kompleksindeki yüksek sıcaklık ve basınç metamorfizmasının nedeni olarak Bitlis Masifi ve kuzeyindeki Anatolid-Torid platformu arasında yer alan bir okyanusal havzanın veya Neotetis okyanusu’nun güney kolunun kapanması gösterilmiştir (Candan vd., 2012; Oberhänsli vd., 2012; Oberhänsli vd., 2014).

Doğu Toros kuşağında Neotetis Okyanusu’nun kolu ile bölgedeki metamorfik kayaların konumu ile ilgili olarak iki farklı görüş bulunmaktadır. Birincisi okyanus kolunun Bitlis-Pütürge Masiflerinin güneyinde yer aldığı şeklindedir (Perinçek ve Özkaya, 1981; Yazgan vd., 1983; Michard vd., 1984; Yazgan, 1984; Yazgan ve Chessex, 1991). Neotetisin güney kolunun tek bir okyanusal alandan (Hall, 1976; Özkaya, 1978; Baştuğ, 1980; Yazgan, 1984; Aktaş ve Robertson, 1990; Yazgan ve Chessex, 1991; Yılmaz, 1993) veya en az iki okyanustan (Perinçek ve Özkaya, 1981; Şengör ve Yılmaz, 1983; Turan vd., 1995) kaynaklandığı biçiminde yaklaşımlar da bulunmaktadır.

Çizelge 4. Göksun, Afşin ve Ekinözü bölgelerinden elde edilen illit/K-mika yaşları ve Doğu Toroslar bölgesi metamorfik ve magmatik kayalara ait yaş bulguları ile denştirilmesi.

Table 4. Illite/mica ages obtained from Göksun, Afşin and Ekinözü regions and their correlation with age findings of metamorphic and magmatic rocks of Eastern Taurus region.

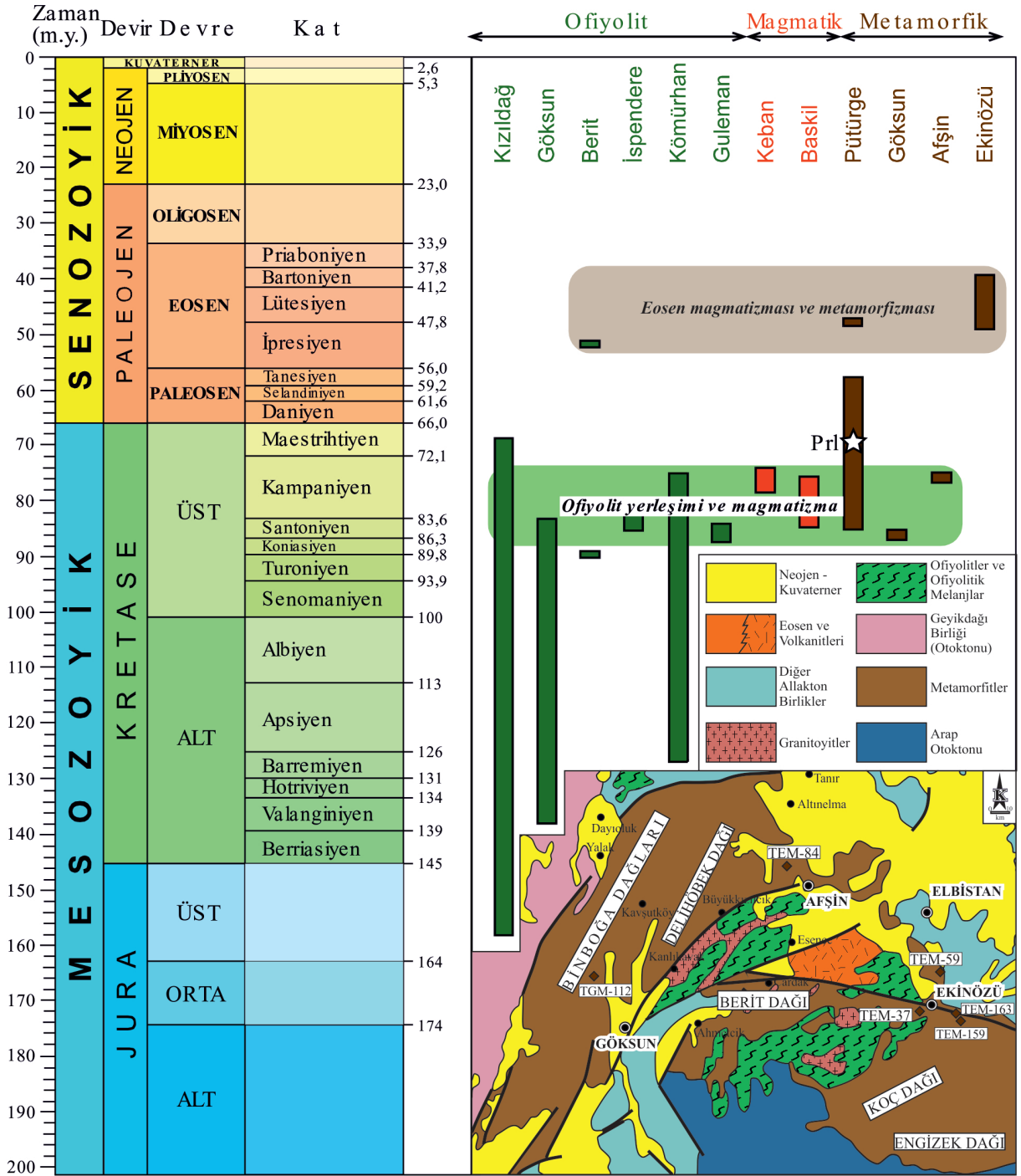
Metamorfitler	Örnek	Kayaç Türü	Mineral	Lokasyon	Yaş (My)	Yöntem	Referanslar	
Göksun	TEM-84	Fillit	Ill/Ms	Afşin/Başüstü	76,07±136		Hozatlıoğlu (2018)	
	TGM-112	Kalkfillit	Ill/Ms	Göksun/ Soğukpınar	85,98±0,42			
Engizek	TEM-37	Sil-mikaşist	Bt	Gözpınar/ Altunyaprak	39,68±0,84	⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar	Hozatlıoğlu (2018)	
	TEM-59	Mikaşist	Ms+Bt	Ekinözü/Akpınar	40,88±5,02			
	TEM-159	Chl-mikaşist	Ms+Bt		49,39±0,27			
	TEM-163	Grt-mikaşist	Bt	Gözpınar/Güleyler	45,04±0,17			
Malatya	-	Mikrosiyenit	Sa	Türk Dağı	76,0-78,5 ±2,5	K-Ar	Yazgan (1984)	
Keban	30/80	Siyenit	Sa-Fsp	Keban kuzeyi	78,5±2,5	K-Ar	Asutay (1987)	
	31/80		Sa	Elazığ-Keban yolu	76,0±2,5			
	124/81	Siyenit Gabro	Hbl	Baskil güney batısı	77,5±4,5			
	95/79	Granodiyorit	Bt		86,5±2,5			
	96/79	Monzodiyorit	Hbl	Baskil güneyi	83,5±2,5			
	100/79	Monzodiyorit	Hbl		86,0±2,5			
	101/79	Monzodiyorit	Hbl		84,0±2,5			
	9/2-78	Diyorit	Amp		76,0±2,5			
	9/2-78	Diyorit	Bt		75,5±2,5			
	-	Pülitonik	-		Baskil			82,0-86,0
-	Damar- Volkanik	-	74,0-80,0					
Baskil Magmatitleri	-	Granitoyid	Bt	Baskil	81,5±0,8- 81,9±	⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar	Rızaoğlu vd. (2009)	
	-		Hbl		0,7 81,5±1,1- 84,0±			
Pütürge	48/79	Metaalbit	Chl+Ms	Pütürge	47,0±2,0	K-Ar	Yazgan ve Chessex (1991)	
	50/79	Bt-Ms şist	Bt		57,5±2,0			
	52/79	Bt-Ms şist	Bt		56,3±2,0			
	45/79	Gözlü gnays	Bt		66,7±2,0			
	45/79	Gözlü gnays	Bt		67,0±7,0			
	6/79	Muskovitşist	Ms		72,5±2,0			
	7/79	Muskovitşist	Ms		73,0±2,0			
	8/79	Muskovitşist	Ms		74,0±2,0			
	51/79	Amfibolit	Amp		76,5±6,0			
	EE/78	Amfibolit	Bt		77,5±2,0			
	54/79	Amfibolit	Amp		85,0±2,6			
	54/79	Amfibolit	Amp		85,0±1,2			
	-	Mikaşist	Ms		Pütürge			70,0-74,0
	-	Amfibolit	Amp		Pütürge			70,0-85,0
	PP-32	Pirofillit	Alu		Pütürge (Vaktit Tepe)			71,3±2,0
PP-40	Alu		Pütürge (Vaktit Tepe)	69,1±1,8				
S3-29	Metavolkanik	K-Fsp	Bingöl (Avnik)	91,0±9,0	Rb-Sr	Helvacı (1983)		
Bitlis	TU-136	Metakumtaşı	Ap	Bitlis sütün zonu	13,4±2,2	Apatit Fizyon İzi	Okay vd. (2010)	
	TU-138	Gnays	Ap		13,8±3,1			
	TU-140	Kumtaşı	Ap		17,5±2,8			
	TU-145	Metagranit	Ap		14,6±2,5			
	TU-149	Gnays	Ap		18,0±1,8			
	TU-155	Kumtaşı	Ap		13,9±2,1			

Ill: İllit; Bt: Biotit; Ms: Muskovit; Sa: Sanidin; Fsp: Feldispat; Hbl: Hornblend; Amp: Amfibol; Chl: Klorit; Alu: Alunit; Ap: Apatit; K: Potasyum.

Çizelge 5. Doğu Toroslar bölgesindeki ofiyolitik kayalara ait yaş verileri.**Table 5.** Literature age data of ophiolitic rocks in Eastern Taurus region.

Ofiyolitler	Örnek	Kayaç Türü	Mineral	Lokasyon	Yaş (My)	Yöntem	Referanslar	
Kızıldağ (Hatay)	-	-	-	Kızıldağ	Kampaniyen- Erken Maastrithiyen (yerleşme)	-	Dubertret (1953), Aslaner (1973), Selçuk (1981)	
	-	Gabro/Peridotit	-	Kızıldağ	92,3±16,0	¹⁸⁷ Re/ ¹⁸⁸ Os	Uysal vd. (2012)	
	-	Plajiyogranit	Zrn	Kızıldağ	90,3±2,4	LA-MC-ICP-MS U-Pb	Parlak vd. (2009)	
	-	Gabro	TK	Kızıldağ	112,8±4,0-69,0±2,7	K-Ar	Çoğulu vd. (1976) Delaloye vd. (1980a, 1980b)	
	-	Gabro	TK		157,6±6,1-83,9±4,9			
	-	Dolerit	TK		140,0±18,0-			
	-	Plajiyogranit	Zrn		110,0±10,0			
	-	FK-25 FK-26	Plajiyogranit Gabro	Zrn Zrn	Kızıldağ	90,3±2,4 93,4±3,0	LA-MC-ICP-MS U-Pb	Karaoğlan (2012)
	-	FK-25 FK-26	Plajiyogranit Gabro	TK TK	Kızıldağ	90,0 96,4±9,8	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	
	-	FK-27	Gabro	TK	Kızıldağ	95,3±6,9		
-	-	-	-	Göksun	Ü.Portlandiyen - A.Berriasiyen	-	Tarhan (1984)	
Göksun (K.maraş)	FK08-47	Gabro	Zrn	Göksun	287 ± 19,0	LA-MC-ICP-MS	Karaoğlan (2012)	
	FK08-48	Riyolit	Zrn	Göksun	83,1 ± 2,2	U-Pb		
	FK-23	Gabro	TK	Göksun	97,3 ± 6,4	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd		
Berit (K.maraş)	-	Epiofiyolit	-	Berit	Jura-Krease (oluşum yaşı)	-	Genç vd. (1993)	
	-	-	-	-	Ü-Kretase-Ü-Eosen (yerleşme yaşı)	-	-	
	B5h FK-17	Volkanoklastik Ky-Granülit Grt-Amfibolit	- Grt-Cpx Amp	Afşin Berit Doğanşehir	90,0 50,6 ± 3,1 52,0 ± 1,7	Fosil yaş Sm-Nd Sm-Nd	Robertson vd. (2006) Karaoğlan vd. (2013)	
İspendere (Malatya)	-	Marnlı kireçtaşı	-	İspendere	Ü-Kampaniyen A- Maastrithiyen	Fosil yaş	Yazgan (1983)	
	FK08-42	Gabro	Zrn	İspendere	566±20,0	LA-MC-ICP-MS	Karaoğlan (2012)	
	FK08-44	Gabro	Zrn	İspendere	84,5±3,9	U-Pb		
	FK-29	Gabro	TK	İspendere	85,1±7,1	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd		
	FK-30	Plajiyogranit	TK	İspendere	82,0	U-Pb		
-	Granodiyorit- Amfibolit	Bt-Amp	Karga dağı	75,0±2,5	K-Ar	Yazgan (1983)		
Kömürhan (Elazığ)	-	Lökogranit	Bt	Kömürhan	85,0±3,0	K-Ar	Yazgan ve Chessex (1991)	
	-	Trondjemit	Ms	Kömürhan	78,5±2,5	K-Ar		
	-	Amfibolit	Amp	Kömürhan	127,0±14,0,	K-Ar		
	-	-	-	-	95,0±9,0-89,5±5,0	-		
	FK08-40 FK-10 FK-12	Kümülat Gabro Riyolit Gabro	Zrn Zrn Zrn	Kömürhan Kömürhan Kömürhan	86,2±2,6 74,6±4,4 87,2±3,1	LA-MC-ICP-MS U-Pb		
FK-12	Olivinli Gabro	Pl-Cpx	Kömürhan	84,0	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd			
Guleman (Elazığ)	-	-	-	Gevaş	Paleosen sonrası	-	Yılmaz vd. (1981)	
	-	-	-	Guleman	84,0-87,0	-	Karaoğlan (2012)	

Zrn: Zirkon; TK: Tüm kayaç; Grt: Granat; Cpx: Klinopirosken; Amp: Amfibol; Bt: Biyotit; Ms: Muskovit; Pl: Plajiyoklaz.



Şekil 15. Göksun, Afşin ve Ekinözü bölgelerindeki illit/K-mikalara Ar-Ar yaş verilerinin dağılımı ve bölgedeki ofiyolitik ve magmatik kayaç verileriyle denştirilmesi (Bölgesel jeoloji haritası: Bedi vd., 2005, 2009).

Figure 15. Distribution of illite/K-mica Ar-Ar age data in Göksun, Afşin and Ekinözü and their correlation with ophiolitic and magmatic rock data in the region (Regional geology map: Bedi et al., 2005, 2009).

Doğu Toroslar'da Keban, Malatya ve Pütürge metamorfitlerinde gerçekleştirilen mineralojik-petrografik çalışmalarda metamorfik istiflerin yukarıda özetlenen çalışmalarda ileri sürülenlerden farklı köken ve evrime sahip olduğunu göstermiştir. Fillosilikatların kristal-kimyasal verilerinden elde edilen bulgulara göre; Keban Metamorfitleri Geyikdağı Birliği'nden, Malatya Metamorfitleri Aladağ Birliği'nden, Pütürge Metamorfitleri ise Güneydoğu Anadolu Otokonu'ndan türemiştir. Metamorfik faktörlerin (P-T-t) etkisi ve yönelimi açısından Malatya Metamorfitleri açılmalı basenlerdeki metamorfizmayı yansıtacak biçimde P-T-t'nin tersi, diğerlerinin ise tipik bölgesel metamorfizmayı yansıtan P-T-t yönünde gerçekleştiği belirlenmiştir (Bozkaya, 1999, 2001; Bozkaya ve Yalçın, 2004; Bozkaya vd., 2007a; 2007b).

Yukarıdaki görüşlerin geçerliliğini belirlemek açısından Toros kuşağının ve Arap platformunun ayrıntılı olarak çalışılarak bölgedeki metamorfik kayaçlarla denştirilmesi gerekmektedir. Günümüze kadar benzer incelemelerin büyük ölçüde genel jeolojik boyutta kalması nedeniyle bu problemler çözülememiştir. Bölgede genel jeolojik çalışmaların yanı sıra gerek bu çalışma gerekse Yalçın vd. (1999), Bozkaya (1999, 2001), Bozkaya ve Yalçın (2004), Bozkaya vd. (2007a, 2007b), Hozatlıoğlu (2018), Hozatlıoğlu vd. (2020) çalışmalarında olduğu gibi ayrıntılı mineralojik-petrografik incelemeler de gerçekleştirilmelidir.

Ana ve İz Element Jeokimyası

Dioktahedral ve trioktahedral mikalar arasındaki ana, iz, özellikle NTE içeriklerindeki bileşimsel farklılıklar büyük ölçüde ana ve köken kayaç bileşimi, jeolojik ortam, oluşum süreçleri ve çözelti bileşimiyle (Guidotti, 1984; Cathelineau, 1988) ilişkili olmakla birlikte, K-mikaların Mg+Fe içeriğinin metamorfizma derecesinden de etkilediğini (Robinson vd., 1980; Ireland vd., 1983; Hunziker vd., 1986; Brill, 1988) düşündürmektedir.

İnceleme alanındaki trioktahedral (klorit ve biyotit) ve dioktahedral (illit/muskovit) fillosilikatlarda iz ve NTE'nin dağılımlarının birbirlerinden farklı desenler, diğer bir ifadeyle ayrımlaşma/farklılaşma göstermesi, büyük olasılıkla farklı bir köken kayacı ve/veya oluşum sürecini işaret etmektedir. Diğer bir ifadeyle, Afşin, Göksun ve Ekinözü bölgelerindeki mikalar gerek köken kayaç (Göksun ve Afşin bölgesinde fillit/şist, Ekinözü bölgesinde şist/gnays) ve gerekse metamorfizma derecesindeki (Göksun ve Afşin bölgesinde alt-yeşilşist/yeşilşist, Ekinözü bölgesinde amfibolit) farklılıklar, kimyasal bileşimdeki değişimlere yansımış gözükmektedir.

Duraylı İzotop Jeokimyası

Bu çalışma kapsamında incelenen illit/K-mika ve kloritlerin oksijen ve hidrojen izotop değerleri; bu minerallerin oluşum sıcaklıklarının 375-500 °C arasında değiştiğine işaret etmekte olup; mineralojik-petrografik verilerle uyumlu biçimde orta dereceli (yeşilşist-amfibolit) metamorfizma koşullarını işaret etmektedir. Diğer bir ifadeyle, mikaların köken kayaç (Göksun ve Afşin'de fillit/şist, Ekinözü'nde şist/gnays) ve metamorfizma derecesindeki farklılıklar (Göksun ve Afşin'de alt-yeşilşist/yeşilşist, Ekinözü'nde amfibolit) izotopsal bileşimlere de yansımıştır.

Radyojenik İzotop Jeokimyası

Bu çalışmada illit/K-mikalar üzerinde $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaşlandırma yöntemi tercih edilmiş olup, elde edilen radyometrik yaşlar Kretase dönemi yitim magmatizması ve ofiyolit yerleşimi, Eosen dönemi ise Maden havzasının oluşumunu da kapsayan magmatik ve metamorfik olaylarla ilişkili gözükmektedir (Şekil 15). Bu veriler Göksun-Binboğa ve Engizek Metamorfitleri'nin (Göksun, Afşin ve Ekinözü bölgeleri) farklı bir metamorfik tarihçeye sahip olduğuna işaret etmektedir. Doğu Toroslar'da Neotetis'in

güney kolunun Geç Triyas'taki riftleşmeye bağlı olarak açıldığı ve Geç Kretase başlarında (Konyasiyen-Kampaniyen) kapandığı görüşü kabul edilmiş olup, okyanus kolunun kapanması sırasında Elazığ yay magmatitlerinin oluştuğu belirtilmiştir (Perinçek, 1980b; Yazgan, 1984; Yılmaz vd., 1987; Fourcade vd., 1991; Turan vd., 1995; Karaoğlan vd., 2013). Maden havzasının gelişimine ek olarak, Eosen döneminde oluştuğu ileri sürülen Doğanşehir granitoyidi ve Berit metaofiyoliti (Karaoğlan vd., 2013) ile Van Gevaş bölgesinde gelişen yüksek basınç metamorfizması (Oberhansli vd., 2014), bölgede Eosen döneminde de yoğun magmatizma-metamorfizma olaylarının geliştiğinin diğer kanıtlarıdır.

Bu değerlendirmelere göre, Göksun-Binboğa Metamorfitleri'nin (Göksun ve Afşin bölgeleri) yay magmatizmasına ve Neotetis okyanusunun güney kolunun kapanmasıyla ilişkili ofiyolit yerleşimi ile bağlantılı olma ihtimali oldukça yüksektir. Diğer taraftan, illit/K-mikalardan elde edilen metamorfizma yaşlarının Doğu Toroslar bölgesindeki dağılımı, batıdan doğuya doğru, diğer bir ifadeyle GD Anadolu kenet kuşağına yaklaştığında daha da gençleşmektedir.

Gerek dokusal ve mineralojik bileşim gerekse jeokimyasal veriler dikkate alındığında; Göksun ve Afşin bölgesindeki metamorfik kayaçlar Malatya metamorfitlerine, Ekinözü bölgesindekiler ise Pütürge metamorfitlerine benzerlik sunmaktadır. Elde edilen veriler; Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağı Metamorfik Masiflerinin batı uzantısını temsil eden metamorfik kayaçların bölgelere göre farklı köken kayaç ve/veya litolojlere, batıdan (Göksun) doğuya (Ekinözü) doğru artan sıcaklık ve basınç koşullarına ve her birinin farklı jeolojik evrime sahip mozayikleri temsil ettiklerini göstermiştir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı (SCÜBAP) tarafından M-510 numaralı projeye desteklenmiştir. İnceleme alanının jeolojisinin şekillenmesindeki katkıları için Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ'a teşekkür ederiz. Makalenin titiz biçimde hakem incelemesini gerçekleştirerek, yapıcı eleştirileriyle makalenin geliştirilmesine katkı sağlayan hakemler Doç. Dr. Fatih KARAOĞLAN, Doç. Dr. Tamer RIZAOĞLU'na ve editör Prof. Dr. Erdiç YİĞİTBAŞ'a ayrıca teşekkür ederiz.

EXTENDED SUMMARY

This study aimed to determine the diagenesis/metamorphism degree and characteristic geochemical properties of phyllosilicates in Upper Palaeozoic-Lower Mesozoic metamorphic units that outcrop from west to east in the vicinity of Göksun, Afşin and Ekinözü in the western part of the Eastern Taurus mountains lying within Alpine Tectonic Units.

The rocks in the Göksun region are mostly composed of metacarbonates with fewer metapelitics and rarely metapsamides. Rocks in the Afşin region are mostly metacarbonates and have fewer metapelitic and metabasites, while rocks in the Ekinözü region are mostly metapelitics with fewer metacarbonates and metabasites, and rarely metapsamides.

Geochemical investigation of the phyllosilicates' main and trace/trace elements, stable isotope and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ radiogenic age determination was carried out on pure muscovite, biotite and chlorite flakes separated from low-medium grade metamorphic samples using a binocular microscope and pure illite fractions were obtained by an optical microscope and XRD-whole rock and clay separation.

According to the main concentration of phyllosilicates, the chlorites differ from illite/K-micas with their higher MgO and Fe₂O₃ and lower SiO₂, Al₂O₃ and K₂O content. The illite/K-mica composition shows differences according to the area and degree of metamorphism; illite/K-micas of Afşin and Göksun contain higher SiO₂ and Al₂O₃ and lower MgO, Fe₂O₃, MnO and Na₂O compared to Ekinözü. According to the distribution of oxides (chlorites and illite/K-mica on the triangular diagrams), the element-oxide composition of K-micas is located in a zone between muscovite, biotite and celadonite. The ones represented by schists in Ekinözü are close to biotite-celadonite composition while those representing phyllites in Afşin and Ekinözü are close to muscovite in composition. Chlorites have a trioctahedral composition between chamosite and clinochlor (or brusvigite and diabantite). Illite/K-micas, which have both trioctahedral and dioctahedral characteristics, generally have a composition between muscovite and biotite (biotite-celadonite, muscovite-phlogopite, muscovite-ferriphengite, muscovite-ferrobiotite, Al-phlogopite-Al-annite). In chlorites, transition metals are found at high concentrations; while other elements, especially elements with low (LFSE) and high field strength (HFSE), show low concentrations. Dioctahedral micas generally have a high concentration of transition metals and granitoid elements and a low concentration of miscellaneous, halogen and precious metals, LFSE and HFSE. According to the chondrite and NASC values; trace element patterns of illite/K-mica and chlorites are generally separated from one another and display a distinctive differentiation/fractionation. Chlorites display higher values when compared to K-micas and trioctahedral K-micas show lower values when compared to dioctahedral K-micas. Considering the Rare Earth Element (REE) distribution of chlorite and illite-mica minerals according to chondrite and North American Shale Composite (NASC), it can be seen that

dioctahedral K-mica in the Afşin region has the highest depletion while the trioctahedral mica of Ekinözü region has the highest enrichment. The distribution of trace elements, especially REE, shows that trioctahedral (chlorite and biotite) and dioctahedral (illite/muscovite) phyllosilicates have different patterns; this indicates high probability of a different source rock and/or formation process. The settings of the oxygen and hydrogen isotope components of micas show that all samples examined belong in the hypogene region, which represents high temperature and deep environment conditions. According to the diagram of the isotope composition of water; a differentiation between mineral-water boundaries exists with increasing temperature. Oxygen and hydrogen isotope values of illite/K-mica and chlorites indicate that the formation temperature of these minerals varies between 375 and 500 °C.

⁴⁰Ar/³⁹Ar age data of the biotite (Bt) and muscovite (Ms) samples (TEM-37 Bt, TEM-159 Ms and TEM-163 Bt) from the amphibolite facies mica gneisses south of Ekinözü (49.39±0.27-39.68±0.84 m.a.) indicate metamorphism during Lower-Middle Eocene (Ipresian-Bartonian). Biotites of the same sequence give a younger age of metamorphism than muscovites, which may be related to the fact that muscovite contains more Ar than biotites. However, a similar age to that of biotites (40.88±5.02 m.a.; Bartonian-Middle Eocene) was also obtained from the epimetamorphic illites of the phyllitic schist sample (TEM-59) taken from east of Ekinözü. Regarding the epimetamorphic illites of the phyllite (TEM-84) and calcillite (TGM-112) samples belonging to the Göksun-Binboğa Metamorphics, taken from the vicinity of Afşin and Göksun; ⁴⁰Ar/³⁹Ar ages of 76.07±1.36 m.a. (Campanian-Late Cretaceous) and 85.98±0.42 m.a. (Santonian-Late Cretaceous), respectively were obtained.

According to the regional distribution of illite/mica ages obtained from Göksun, Afşin and Ekinözü and their correlation with the


findings of metamorphic, magmatic and ophiolitic rocks in the Eastern Taurus region, the age of metamorphic sole rocks at the base of the Tauride Belt ophiolites around the metamorphic rocks and the age acquired from arc magmatism, the ages obtained from illite/K-micas show great similarities. The age of metamorphism is observed to be rejuvenated from west to east, in other words, when approaching the SE Anatolia suture belt. Accordingly, the Göksun-Binboğa Metamorphites (Göksun and Afşin area metamorphics) are highly likely to be related to arc magmatism and the ophiolite settlement associated with the closure of the southern branch of the Neotethys Ocean.

The obtained data shows that geochemical features, as well as paragenetic, mineralogical and structural-crystallographical properties, are significantly effective on the determination of the degree of metamorphism.

ORCID

Deniz Hozathoğlu  <https://orcid.org/0000-0003-4888-1348>

Ömer Bozkaya  <https://orcid.org/0000-0002-8474-8600>

Hüseyin Yalçın  <https://orcid.org/0000-0001-9539-2817>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Aktaş, G., & Robertson, A.H.F., 1990. *Tectonic evolution of Tethys Suture Zone in S.E. Turkey: Evidence from the petrology and geochemistry of Late Cretaceous and Middle Eocene extrusives*. In Malpas and others (eds.), *Ophiolites Oceanic Crustal Analogues: Proceedings of Semp. Troodos 1987*, Nicosia, Cyprus, 311-328.
- Aslaner, M., 1973. *İskenderun-Kırıkhan Bölgesindeki Ofiyolitlerin Jeoloji ve Petroğrafisi*. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınları, Ankara, 150, 78 s.
- Asutay, H.J., 1987. Baskil (Elazığ) çevresinin jeolojisi ve Baskil magmatitlerinin petrolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 107, 49-72.
- Bailey, S.W., 1980. Summary of recommendations of AIPEA nomenclature committee on clay minerals. *American Mineralogist*, 65, 1-7.
- Baştuğ, C., 1976. Bitlis napının stratigrafisi ve Güneydoğu Anadolu sütür zonunun evrimi. *Yeryuvarı ve İnsan*, 1/3, 55-61.
- Baştuğ, C., 1980. *Sedimentation, defromation and melange emplacement in the Lice basin, Dicle-Karabegan area, southeast Turkey* (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- Bedi, Y., Usta, D., Özkan, M.K., Beyazpirinç, M., Yıldız, H. ve Yusufoglu, H., 2005. *Doğu Toroslar'da (Göksun-Sarız-Elbistan) Allohton İstiflerin Tektono-Stratigrafik Özellikleri*. 58.Türkiye Jeoloji Kurultayı (11-17 Nisan 2005 Ankara) Bildiriler Kitabı, 262-263.
- Bedi, Y., Yusufoglu, H., Beyazpirinç, M., Özkan, M.K., Usta, D., Yıldız, H., 2009. *Doğu Toroslar'ın Jeodinamik Evrimi (Afşin-Elbistan-Göksun)-Sarız Dolayı* (Derleme Rapor No:11150). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü 388 s. (yayımlanmamış).
- Bilgiç, T., 2002. 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No:10 Sivas Paftası (Ed.: M. Şenel). *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları*, Ankara.
- Bozkaya, Ö., 1999. *Alanya Metamorfitleri doğu kesiminin (Anamur Kuzeyi) mineralojisi: Kristalinite, b0 ve politipi*. 11. Mühendislik Haftası, Yerbilimleri Sempozyumu, 20-23 Ekim 1999, Isparta, 183-192.
- Bozkaya, Ö., 2001. Demirtaş-Alanya yöresinde Alanya naplarının metamorfizmasına ilişkin yeni mineralojik bulgular, Orta Toroslar, Türkiye. *Yerbilimleri*, 23, 71-86.
- Bozkaya, Ö. & Yalçın, H., 2004. New mineralogical data and implications for the tectono-metamorphic evolution of the Alanya Nappes, Central Tauride Belt, Turkey. *International Geology Review*, 46, 347-365.
- Bozkaya, Ö. & Yalçın, H., 2013. Geochemical monitoring of clays for diagenetic evolution of the Paleozoic-Lower Mesozoic sequence in the northern Arabian plate: Hazro and Amanos regions, Southeastern Turkey. *Journal of African Earth Sciences*, 86, 10-24.

- Bozkaya, Ö., Yalçın, H. ve Başbüyük, Z., 2003. *Pütürge (Malatya) bölgesindeki pirofillit oluşumlarının mineralojisi* (Rapor No: M-200). Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, 63 s., (yayımlanmamış).
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., Başbüyük, Z., Özfirat, O. & Yılmaz, H., 2007a. Origin and evolution of the Southeast Anatolian Metamorphic Complex (Turkey). *Geologica Carpathica*, 58, 197-210.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., Başbüyük, Z. & Bozkaya, G., 2007b. Metamorphic-hosted pyrophyllite and dickite occurrences from the hydrous al-silicate deposits of the Malatya-Pütürge region, Central Eastern Anatolia, Turkey. *Clays and Clay Minerals*, 55 (4), 423-442.
- Brill, B.A., 1988. Illite crystallinity, b_0 and Si content of K-white mica as indicators of metamorphic conditions in low-grade metamorphic rocks at Cobar, New South Wales. *Australian Journal of Earth Sciences*, 35, 295-302.
- Candan, O., Çetinkaplan, M., Topuz, G., Koralay, E., Oberhaensli, R., Yiğitbaş, E. ve Li, Q., 2012. *Berit Yöresindeki (Kahraman Maraş) Eklojit – Granat Piroksenitlere Ait Ön Bulgular*. 65. Türkiye Jeoloji Kurultayı (2-6 Nisan 2012, Ankara), Bildiriler Kitabı, 444-445.
- Cathelineau, M., 1988. Cation site occupancy in chlorites and illites as a function of temperature. *Clay Minerals*, 23, 471-485.
- Condie, K.C., 1993. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: Contrasting results from surface samples and shales. *Chemical Geology*, 104, 1-37.
- Craig, H., 1961. Isotopic variations in meteoric waters. *Science*, 133, 1702-1703.
- Çoğulu, H.E., Delaloye, M., Vuagnat, M. & Wagner, J.J., 1976. *Some Geochemical, Geochronological and Petrophysical Data on the Ophiolitic Massif from the Kızıl Dağ Hatay-Turkey*. Comptes Rendus Des Seances de la Societe de Physique et D'histoire Naturelle de Geneve, NS, 10, 141-150.
- Deer, W.A., Howie, R.A. & Zussman, J., 1962. *Rock-forming Minerals*. Longmans, London, 270 p.
- Delaloye, M., Pişkin, Ö., Voldet, P., Vuagnat, M. & Wagner, J.J., 1979. Rare Earth Element Concentrations in Mafics from the Kızıl Dağ Ophiolite (Hatay, Turkey). *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 59, 67-73.
- Delaloye, M., Selçuk, H., Vuagnat, M. & Wagner, J., 1980a. Geological section through the Hatay ophiolite along the Mediterranean coast, southern Turkey. *Ophioliti*, 5, 205-216.
- Delaloye, M., De Souza, H., Wagner, J. & Hedley, I., 1980b. *Isotopic ages on ophiolites from the eastern Mediterranean*. In A. Panayiotou (ed.), International Symposium on Ophiolites, Lefkoşe, 292-295.
- Dilek, Y. & Thy, P., 2009. Island arc tholeiite to boninitic melt evolution of the Cretaceous Kizildag (Turkey) ophiolite: Model for multi-stage early arc-forearc magmatism in Tethyan subduction factories. *Lithos*, 113, 68-87.
- Dubertret, L., 1953. *Géologie des roches vertes du NW de la Syrie et du Hatay (Turquie) Notes Mémoire*, Moyen Orient, 6, 227 p.
- Erdem, E. ve Bingöl, A.F., 1997. *Pütürge (Malatya) Masifi'ndeki gnaysların petrografik ve petrolojik özellikleri*. Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi 20. Yıl Jeoloji Sempozyumu (12-16 Mayıs 1997, Konya) Bildiriler Kitabı, 217-227.
- Ferronsky, V.I. & Polyakov, V.A., 2012. *Isotopes of the Earth's Hydrosphere*. Springer, Netherlands, 630 p.
- Fleet, A.J., 1984. Aqueous and Sedimentary Geochemistry of the Rare Earth Elements. In P. Henderson (ed.), *Rare Earth Elements, Developments in Geochemistry* 2 (pp. 343-373). Elsevier, Amsterdam.
- Foster, M.D., 1960. *Interpretation of Composition of Trioctahedral Micas*. United States Geological Survey Professional Paper, 354B, 1-49.
- Foster, M.D., 1962. *Interpretation of the Composition and a Classification of the Chlorites*. United States Geological Survey Professional Paper, 414A, 1-33.

- Fourcade, S., Peucat, J., Martineau, F., Cuesta, A., Corretgé, L.G. & Gil Iburguchi, J.I., 1991. Análisis de isótopos de oxígeno y edad Rb-Sr del plutón zonado de Caldas de Reyes (Galicia. España). *Geogaceta*, 6, 7-9.
- Frey M., 1987. Very low-grade metamorphism of clastic sedimentary rocks. In M. Frey (ed.), *Low Temperature Metamorphism* (pp. 9-58). Blackie, Glasgow and London.
- Gat, J.R., Shemesh, A., Tziperman, E., Hecht, A., Georgopoulos, D., and co-authors., 1996. The Stable Isotope Composition of Waters of the Eastern Mediterranean Sea. *Journal of Geophysical Research-Oceans*, 101, 6441-6451.
- Genç Ş.C, Yiğitbaş, E. ve Yılmaz, Y., 1993. *Berit Metaofiyolitinin jeolojisi*. A. Suat Erk Jeoloji Sempozyumu, 2-5 Eylül 1991, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara, 37-52.
- Göncüoğlu, M.C., 2010. *Türkiye Jeolojisine Giriş: Alpin ve Alpin Öncesi Tektonik Birliklerin Jeodinamik Evrimi*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Monografi Serisi No. 5, Ankara, 69 s.
- Göncüoğlu, M.C., Dirik, K. & Kozlu, H., 1997. Pre-Alpine and Alpine Terranes in Turkey: Explanatory notes to the terrane map of Turkey. *Annales Géologique Pays Hellénique*, 37, 515-536.
- Graham, S.A., McCloy, C., Hitzman, M., Ward, R. & Turner, R., 1984. Basin evolution during change from convergent to transform continental margin in central California. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 68, 233-249.
- Gromet, L.P., Dymek, R.F., Haskin, L.A. & Korotev, R.L., 1984. The "North American shale composite": Its compilation, major and trace element characteristics. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48, 2469-2482.
- Guidotti, C.V., 1984. Micas in metamorphic rocks. In S.W.Bailey (ed.), *Micas. Reviews in Mineralogy, Mineralogical Society of America*, 13, 357-467.
- Hall, C.M., 2013. Direct Measurement of Recoil Effects on $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Standards. In F. Jourdan, D.F. Mark & C. Verati, (eds.), *Advances in $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Dating: from Archaeology to Planetary Sciences*. *Geological Society, London, Special Publications*, 378, 53-62.
- Hall, R., 1976. Ophiolite emplacement and evolution of the Taurus suture zone, southeast Turkey. *Geological Society of America Bulletin*, 87, 1078-1088.
- Hall, R., 1980. Unmixing a melange: The petrology and history of a disrupted and metamorphosed ophiolite, SE Turkey. *Geological Society of London Journal*, 137, 195-206.
- Harris, N.B.W. & Holland, T.J.B., 1984. The significance of cordierite-hypersthene assemblages from the Beitbridge region of the Central Limpopo Belt; evidence for rapid decompression in the Archaean. *American Mineralogist*, 69, 1036-1049.
- Haskin, L.A., Haskin, M.A., Frey, F.A. & Wildeman, T.R., 1968. Relative and absolute terrestrial abundances of the rare earths. In L.H. Ahrens (ed.), *Origin and Distribution of the Elements* (889-912.). Pergamon Press.
- Heizler, M.T. & Harrison, T.M., 1988. Multiple trapped argon isotope components revealed by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ isochron analysis. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 52, 1295-1303.
- Helvacı, C., 1983. Avnik (Bingöl) bölgesi Bitlis Masifi Metamorfik kayalarının Rb/Sr jeokronolojisi. Türkiye Jeoloji Kurumu, 37. Bilimsel ve Teknik Kurultayı (21-25 Şubat 1983, Ankara) Bildiri Özleri Kitabı, 111-111.
- Hickmott, D.D., Shimizu, N., Spear, F.S. & Selverstone, J., 1987. Trace-element zoning in a metamorphic garnet. *Geology*, 15, 573-576.
- Hozathlıoğlu, D., 2018. *Göksun-Binboğa ve Engizek Metamorfitleri'nin Mineralojik-Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi* (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 384 s.
- Hozathlıoğlu, D., Bozkaya, Ö., Yalçın, H., Yılmaz, H. 2020. Mineralogical characteristics of metamorphic massif units outcropping in Göksun, Afşin and Ekinözü (Kahramanmaraş) region. *Bulletin of The Mineral Research and Exploration* 162, 103-143. <https://doi.org/10.19111/bulletinofmre.610884>.

- Huebner, M., Kyser, T.K. & Nisbet, E.G., 1986. Stable-isotope geochemistry of high-grade metapelites from the Central zone of the Limpopo belt. *American Mineralogist*, 71, 1343-1353.
- Hunziker, J.C., Frey, M., Clauer, N., Dallmeyer, R.D., Friedrichsen, H., Flehmig, W., Hochstrasser, K., Roggviler, P. & Schwander, H., 1986. The evolution of illite to muscovite. Mineralogical and isotopic data from the Glarus Alps, Switzerland. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 92, 157-180.
- Ireland, B.J., Curtis C.D. & Whiteman J.A., 1983. Compositional variation within some glauconites and illites and implications for their stability and origins. *Sedimentology*, 30, 769-786.
- Juteau, T., 1980. Ophiolites of Turkey. *Ofoliti*, 2, 199-238.
- Karaoğlan, F., 2012. *Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşaðındaki Ofiyolitik ve Granitik Kayaçların Jeokronolojisi* (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi, Adana, 288 s.
- Karaoğlan F., Parlak O., Klötzli U., Thöni M. & Koller F., 2013. U-Pb and Sm-Nd geochronology of the Kizildag (Hatay, Turkey) Ophiolite: Implications for the timing and duration of suprasubduction zone type oceanic crust formation in the southern Neotethys. *Geological Magazine*, 150, 283-299.
- McDougall, I., Harrison, T.M., 1999. *Geochronology and Thermochronology by the ⁴⁰Ar-³⁹Ar method*. Oxford Monographs on Geology and Geophysics, New York, 2nd Edition, 288 p.
- McLennan, S.M., 1989. Rare earth elements in sedimentary rocks: Influence of provenance and sedimentary processes. In B.R. Lipin, G.A. McKay (eds.), *Geochemistry and mineralogy of rare earth elements* (pp. 169-200). Reviews in Mineralogy. Mineralogical Society of America.
- Merriman, R.J. & Frey, M., 1999. Patterns of very low-grade metamorphism in metapelitic rocks. In M. Frey & D. Robinson, (eds.), *Low Grade Metamorphism*, (pp. 61-107). Blackwell Sciences Ltd., Oxford, United Kingdom.
- Merriman, R.J. & Peacor D.R., 1999. Very low-grade metapelites: mineralogy, microfabrics and measuring reaction progress. In M. Frey & D. Robinson, (eds.) (10-60). Blackwell Sciences Ltd., Oxford, United Kingdom.
- Meunier, A. & Velde, B., 1989. Solid solutions in I/S mixed-layer minerals and illite. *American Mineralogist*, 74, 1106-1112.
- Michard, A., Whitechurch, H., Ricou, L.E., Montigny & R., Yazgan, E., 1984. Tauric subduction (Malatya-Elazığ provinces) and its bearing on tectonics of the Tethyan realm in Turkey. In J.E. Dixon & A.H.F. Robertson (eds.), *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean, Special Publication of the Geological Society, No:17*, (361-373). Blackwell Scientific Publications, Oxford,
- Middleton, A.W., Uysal, I.T., Bryan, S.E., Hall, C.M. & Golding, S.D., 2014. Integrating ⁴⁰Ar/³⁹Ar, ⁸⁷Rb-⁸⁷Sr and ¹⁴⁷Sm-¹⁴³Nd geochronology of authigenic illite to evaluate tectonic reactivation in an intraplate setting, central Australia. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 134, 155-174.
- Oberhänsli, R., Bousquet, R., Candan, O. & Okay, A., 2012. Dating Subduction Events in East Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 21 (1), 1-17.
- Oberhänsli, R., Koralay, E., Candan, O., Pourteau, A. & Bousquet, R., 2014. Late Cretaceous eclogitic high-pressure relics in the Bitlis Massif. *Geodinamica Acta*, 26(3-4), 175-190. <https://doi.org/10.1080/09853111.2013.858951>
- Ohr, M., Halliday, A.N. & Peacor, D.R., 1994. Mobility and fractionation of rare earth elements in argillaceous sediments: implications for dating diagenesis and low-grade metamorphism. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 58, 289-312.
- Okay, A.I., Zattin, M. & Cavazza, W., 2010. Apatite fission-track data for Miocene Arabia-Eurasia collision. *Geology*, 38, 35-38.
- Özgül, N., 1976. Toroslar'ın bazı temel jeolojik özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 19, 65-78.
- Özgül, N., 1984. *Stratigraphy and tectonic evolution of the Central Taurides*. In O. Tekeli & M.C. Göncüoğlu (eds.), International Symposium on the Geology of Taurus Belt (26-29 September 1983, Ankara), 77-90.

- Özkaya, İ., 1978. Ergani-Maden yöresi stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 21(2), 129-139.
- Parlak, O., Rızaoğlu, T., Bağcı, U., Karaoğlan, F. & Höck, V., 2009. Tectonic significance of the geochemistry and petrology of ophiolites in southeast Anatolia, Turkey. *Tectonophysics*, 473, 173-187.
- Perinçek, D., 1980a. *Arabistan Kıtası kuzeyindeki tektonik evrimin kıta üzerinde çökelen istifteki etkileri*. Türkiye 5. Petrol Kongresi Tebliğleri, 77-93.
- Perinçek, D., 1980b. *IX. Bölge Hakkari, Yüksekova, Çukurca, Beytüşşebap, Uludere, Pervari dolayının jeolojisi* (Rapor No:1481). Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Arama Grubu Başkanlığı, 80 s.
- Perinçek, D. ve Özkaya, İ., 1981. Arabistan levhası kuzey kenarı tektonik evrimi. *Yerbilimleri*, 7(8), 91-102.
- Rızaoğlu, T., Parlak, O., Höck, V., Koller, F., Hames, W.E., Billor, Z., 2009. Andean-type active margin formation in the eastern Taurides: Geochemical and geochronological evidence from the Baskil granitoid (Elazığ, SE Turkey). *Tectonophysics*, 473, 188-207.
- Robertson, A.H.F., Ustaömer, T., Parlak, O., Ünlügenç, U.C., Taşlı, K. & İnan, N., 2006. The Berit transect of the Tauride thrust belt, S Turkey: Late Cretaceous-Early Cenozoic accretionary/collisional processes related to closure of the Southern Neotethys. *Journal of Asian Earth Sciences*, 27, 108-145.
- Robinson, D., Nicholls R.A. ve Thomas L.J., 1980. Clay mineral evidence for low-grade Caledonian and Variscan metamorphism in south-western Dyfed, South Wales. *Mineralogical Magazine*, 43, 857-863.
- Roddick, J.C., Cliff, R.A. & Rex, D.C., 1980. The evolution of excess argon in Alpin biotites-A $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ analysis. *Earth and Planetary Science Letters*, 48, 185-208.
- Rye, R.O., Schuiling, R.D., Rye, D.M. & Jansen, J.B.H., 1976. Carbon, hydrogen and oxygen isotope studies of the regional metamorphic complex at Naxos, Greece. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 40, 1031-1049.
- Savin, S.M. & Lee, M., 1988. Isotopic studies of phyllosilicates. In S.W. Bailey (ed.), *Hydrous Phyllosilicates* (pp. 189-223). Reviews in Mineralogy, Mineralogical Society of America.
- Selçuk, H., 1981. *Etude geologique de la partie meridionale du Hatay (Turquie)* (Unpublished doctoral dissertation). University de Geneve, 116 p.
- Sharp, Z.D., 1990. Laser-based microanalytical method for the in situ determination of oxygen isotope ratios of silicates and oxides. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54, 1353-1357.
- Sheppard, S.M.F., 1981. Stable isotope geochemistry of fluids. In D.T. Rickard & F.E. Wickman, (eds.), *Chemistry and Geochemistry of Solutions at High Temperatures and Pressures*. Physics and Chemistry of the Earth, 13/14, 419-445.
- Sheppard, S.M.F. & Gilg, H.A., 1996. Stable isotope geochemistry of clay minerals. *Clay Minerals*, 31, 1-24.
- Sheppard, S.M.F., Nielsen, R.L. & Taylor, H.P. Jr., 1969. Oxygen and hydrogen isotope ratios of clay minerals from porphyry copper deposits. *Economic Geology*, 64, 755-777.
- Sun, S.S. & McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In A.D. Saunders & M.J. Norry (eds.), *Magmatism in the Ocean Basins, Special Publication* (313-345). Geological Society of London, 42.
- Şengör, A.M.C. & Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey, a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1983. *Türkiye'de Tetis'in evrimi: Levha tektoniği açısından bir yaklaşım*. Türkiye Jeoloji Kurumu Yerbilimleri Özel Sayısı, No:1, 75 s.
- Tarhan, N., 1984. Göksun-Afsin-Elbistan dolayının jeolojisi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 19, 3-9.
- Taylor, H.P., 1974. The Application of oxygen and hydrogen isotope studies to problems of hydrothermal alteration and ore deposition. *Economic Geology*, 69, 843-883.

- Turan, M., Aksoy, E. ve Bingöl, F.A., 1995. Doğu Torosların jeodinamik evriminin Elazığ civarındaki özellikleri. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7, 177-199.
- Ulu, Ü., 2002. 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No:16 Hatay Paftası (Ed.: M. Şenel). *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları*, Ankara.
- Uysal, I.T., Golding, S.D. & Baublys, K., 2000. Stable isotope geochemistry of authigenic clay minerals from Late Permian coal measures, Queensland, Australia: implications for the evolution of the Bowen Basin. *Earth and Planetary Science Letters*, 180, 149-162.
- Uysal, T., Mutlu, H., Altunel, E., Karabacak, V. & Golding, S.D., 2006. Clay mineralogical and isotopic (K-Ar, $\delta^{18}\text{O}$, δD) constraints on the evolution of the North Anatolian Fault Zone, Turkey. *Earth and Planetary Science Letters*, 243, 181-194.
- Uysal, İ., Ersoy, E.Y., Karlı, O., Dilek, Y., Sadıklar, M.B., Ottley, C.J., Tiepolo, M. & Meisel, T., 2012. Coexistence of abyssal and ultra-depleted SSZ type mantle peridotites in a Neo-Tethyan Ophiolite in SW Turkey: constraints from mineral composition, whole-rock geochemistry (major-trace-REE-PGE), and Re-Os isotope systematics. *Lithos*, 132-133, 50-69.
- Yalçın, H., Bozkaya, Ö. ve Başbüyük, Z., 1999. *Üst Paleozoyik yaşlı çok düşük dereceli Malatya metamorfitlerinin fillosilikat mineralojisi*. 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı (10-12 Mayıs, Ankara) Bildiriler Kitabı, 271-278.
- Yazgan, E., 1981. Doğu Toroslarda etkin bir paleo-kıta kenarı etüdü (Üst Kretase-Orta Eosen) Malatya-Elazığ, Doğu Anadolu. *Yerbilimleri*, 7, 83-104.
- Yazgan, E., 1983. *A geotraverse between the Arabian Platform and the Munzur Nappes*. International Symposium on the Geology of Taurus Belt, Guide Book for Excursion V., Ankara, 17 p.
- Yazgan, E., 1984. *Geodynamic evolution of the Eastern Taurus region*. In O. Tekeli & M.C. Göncüoğlu (eds.), International Symposium on the Geology of Taurus Belt (26-29 September 1983, Ankara), 199-208.
- Yazgan, E. & Chessex, R., 1991. Geology and Evolution of the Southeastern Taurides in the Region of Malatya. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 3, 1-42.
- Yazgan, E., Michard, A., Whitechurch, H. & Montigny, R., 1983. Le Taurus de Malatya (Turquie orientale), élément de la suture sud-téthysienne. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 25, 59-63.
- Yıldırım, M. ve Yılmaz, Y., 1991. Güneydoğu Anadolu orojenik kuşağının ekaylı zonu. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 3(1), 57-73.
- Yılmaz, A., Bedi, Y., Uysal, Ş. ve Aydın, N., 1997. *1/100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları. Elbistan E-23 paftası*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüdüleri Dairesi, Ankara, 18 s.
- Yılmaz, A., Bedi, Y., Uysal, Ş., Yusufoglu, H. ve Aydın, N., 1993. Doğu Torodlar'da Uzunyayla ile Beritdağı arasının jeolojik yapısı. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 5, 69-87.
- Yılmaz, Y., 1993. New Evidence and Model on the Evolution of the Southeast Anatolian Orogen. *Geological Society of America Bulletin*, 105 (2), 251-271.
- Yılmaz, Y., Dilek, Y. ve Işık, H., 1981. Gevaş (Van) ofiyolitinin jeolojisi ve sinkinematik bir makaslama zonu. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 24, 37-44.
- Yılmaz, Y. ve Gürer, Ö.F., 1996. Andırın (Kahramanmaraş) Dolayında Misis-Andırın Kuşağının Jeolojisi ve Evrimi. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 5, 39-55.
- Yılmaz, Y., Gürpınar, O., Kozlu, H., Gül, M.A., Yiğitbaş, E., Yıldırım, M., Genç, Ş.C. ve Keskin, M., 1987. *Maraş kuzeyinin jeolojisi (Andırın-Berit-Engizek-Nurhak-Binboğa Dağları) Cilt (II-III)* (Rapor No: 2028). Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Ankara, 218 s.
- Yılmaz, Y., Gürpınar, O. ve Yiğitbaş, E., 1988. Amanos dağları ve Maraş dolaylarında Miyosen havzalarının tektonik evrimi. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 1, 52-72.
- Yılmaz, Y. ve Yıldırım, M., 1996. Geology and Evaluation of the Nap Region (the Metamorphic

- Massifs) of the Southeast Anatolian Orogenic Belt, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 5(3), 21-38.
- Yılmaz, Y. ve Yiğitbaş, E., 1990. *SE Anadolu'nun farklı ofiyolitik-metamorfik birlikleri ve bunların jeolojik evrimdeki rolü*. Türkiye 8. Petrol Kongresi (16-20 Nisan 1990, Ankara) Bildirileri, 128-140.
- Yılmaz, Y., Yiğitbaş, E. & Genç, Ş.C., 1993. Ophiolitic and metamorphic assemblages of Southeast Anatolia and their significance in the geological evolution of the Orogenic Belt. *Tectonics*, 12, 1280-1297.
- Yılmaz, Y., Yiğitbaş, E., Yıldırım, M. ve Genç, Ş.C., 1992. *Güneydoğu Anadolu metamorfik masiflerinin kökeni*. Türkiye 9. Petrol Kongresi (17-21 Şubat 1992, Ankara) Bildirileri, 296-306.
- Zheng, Y.F., 1993. Calculation of oxygen isotope fractionation in hydroxyl-bearing silicates. *Earth and Planetary Science Letters*, 120, 247-263.