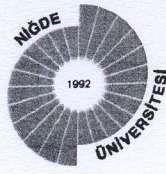


KİL 2012

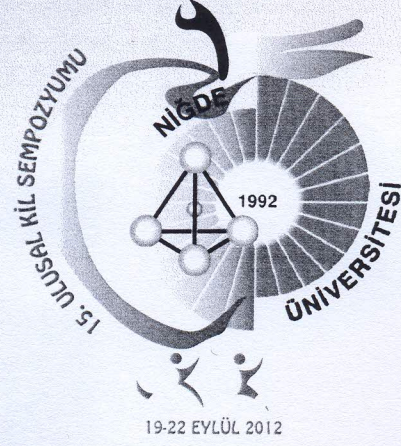


**KİL 2012**

Niğde Üniversitesi  
Kil Bilimleri Türk Milli Komitesi



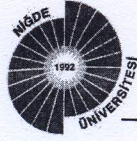
**15. Ulusal Kil Sempozyumu**  
**Bildiriler Kitabı**



**15. Ulusal**  
**Kil Sempozyumu**

**Bildiriler Kitabı**

Proceedings of 15<sup>th</sup> National Clay Symposium



## ZONGULDAK-BARTIN (BATI KARADENİZ) BÖLGESİNDEKİ DEVONİYEN YAŞLI K-BENTONİTLERİN KİL MİNERALOGİSİ

*Clay Mineralogy of Devonian K-Bentonites from  
Western Black Sea Region (Zonguldak-Bartın)*

Asuman GÜNAL TÜRKMEÑOĞLU<sup>1</sup>, Ömer BOZKAYA<sup>2</sup>,  
Özge ÜNLÜCE<sup>1</sup>, Mehmet Cemal GÖNCÜOĞLU<sup>1</sup>, İsmail Ömer YILMAZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara

<sup>2</sup> Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Sivas

e-posta: asumant@metu.edu.tr, bozkaya@cumhuriyet.edu.tr, unluce@metu.edu.tr,  
mcgoncuoglu@metu.edu.tr, ioyilmaz@metu.edu.tr

**ÖZET:** Batı Karadeniz bölgesinde, Bartın ve Zonguldak çevresinde Paleozoyik yaşlı ve sığ denizel karbonat platformunda çökelmiş olan kireçtaşı-dolomitik kireçtaşı istifleri (Orta Devoniyen-Alt Karbonifer yaşlı Yılanlı formasyonu) içerisinde, kalınlıkları yer yer 60 cm'ye varan, sarımsı kahve ve gri-yeşil renkli kilce-zengin K-bentonit seviyeleri yüzeylenmektedir. Bu çalışmada Bartın-Gavurpınarı köyü ve Bartın çayı (Yılanlı Burnu) yakınındaki kireçtaşı ocaklarından alınan K-bentonitlerin optik ve taramalı elektron mikroskop ve X-ışınları kırınımı incelemeleri ile ayrıntılı mineralojik-petrografik özelliklerinin incelenerek köken ve evrimlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Optik mikroskop incelemelerine göre, yer yer ilksel porfirik doku benzeri görünüm sergileyen K-bentonit örneklerindeki fillosilikatlar ince taneli beyaz mika (serizit) görünümüne sahiptir. Elektron mikroskop incelemeleri, illitlerin levhamsı-yapraksı morfolojiye sahip olduklarını ve otijenik olarak geliştiklerini göstermiştir.

Bentonit seviyelerinden alınan örneklerde başlıca fillosilikat minerali illit olup, bazı örneklerde kaolinit ve illit-smektit de bulunmaktadır. Kil dışı mineraller olarak başlıca kalsit, dolomit, kuvars, daha az da jips, feldispat, götit, pirit ve zirkon mineralleri saptanmıştır. İllitlerin kristal-kimyasal karakteristikleri (Kübler indeksi-KI, politipi,  $d_{060}$ ) araştırılmış ve farklı lokasyonlara göre denştirilmiştir. İllitlerin KI verileri Yılanlı Burnu ocağı bentonitleri için 0.47-0.93 (ortalama 0.69 □□□□□□ Bartın-Gavurpınarı ocağı için ise 0.63-1.05 (ortalama 0.80 □□□□) olarak belirlenmiştir. İllitlerin KI verilerine ek olarak, genişleyebilen tabaka (% smektit) içerikleri (en çok % 5) ve kristalit kalınlıkları da (10-20 nm) bentonitlerin yüksek dereceli diyajenez koşullarına uğradığını işaret etmektedir. Benzer biçimde illit politipleri (%  $2M_1/(2M_1+1M_d)$ ) oranları Yılanlı Burnu bentonitleri için % 15-40 (ortalama % 25), kireçtaşı ocağı bentonitlerinde ise % 25-35 arasında (ortalama % 30) değişmekte olup, yukarıdaki görüşü desteklemektedir. İllitlerin  $d_{060}$  değerleri (1.499 – 1.503 Å, ortalama 1.499 Å),

oktahedral Fe+Mg miktarlarının 0.27-0.50 aralığında değiştiğini ve muskovit-fenjit aralığında ideal muskovite yakın bir dioktahedral bileşimini yansıttığını işaret etmektedir.

Mineralojik-petrografik veriler K-bentonitlerin kaynağı ve uzaklığı henüz bilinmeyen, Orta-Geç Devoniyen yaşlı, şiddetli volkanik aktiviteden türeyen ve yüksek diyajenetik koşullar altında (yaklaşık 100-150 °C) evrimleştiklerini göstermektedir.

**Anahar Kelimeler:** Zonguldak Birliği, Devoniyen, K-bentonit, illit, Diyajenez

**ABSTRACT:** Yellowish brown and gray-green colored K-bentonit horizons having thicknesses up to 60 cm are exposed within the limestone-dolomitic limestone successions (Middle Devonian-Early Carboniferous aged Yılanlı formation) deposited on a shallow marine carbonate platform at Zonguldak and Bartın area of the western Black Sea region. In this study, bentonite samples collected from limestone quarries around Bartın-Gavurpınarı village and Bartın çayı (Yılanlı Burnu) areas are investigated by means of optical microscopy, scanning electron microscopy and X-ray powder diffraction in order to reveal their mineralogical-petrographical characteristics and to understand their origin and evolution.

According to optical microscopic studies, phyllosilicates in the bentonite samples showing partly porphyritic-like textures have a fine-grained white K-mica (sericite) aspects. Electron microscope studies showed that illites have platy-tabular morphologies and developed as authigenetic origin.

Illite is the major phyllosilicate mineral in K-bentonites, additionally kaolinite and illite-smectite mixed-layer clay mineral are also detected in some samples. Calcite and dolomite are found as dominant non-clay minerals, and partly quartz, gypsum, feldspar, goethite, pyrite and zircon are also present. Crystal-chemical characteristics of illites (Kübler index-KI, polytypes,  $d_{060}$ ) from the two different sampling locations are investigated and compared each others. KI values of illites are determined as 0.47-0.93 (average 0.69  $\square^{\square}\square^{\square}\square^{\square}$ ) for Yılanlı burnu limestone quarry bentonites, whereas 0.63-1.05 (average 0.80  $\square^{\square}\square^{\square}\square^{\square}$ ) for Bartın-Gavurpınarı quarry bentonites. In addition to KI data, the contents (max. 5%) of swelling component (smectite %) and crystallite size values (10-20 nm) of illites indicate that the bentonites were affected by high-grade diagenetic conditions. Similarly, illite polytype ratios ( $2M_1/(2M_1+1M_d)$  %) range between 15-40 % (average 25%) for the Yılanlı Burnu samples, whereas 25-35% (average 30%) for the limestone quarry samples, and support the above mentioned conditions.  $d_{060}$  values of illites (1.499-1.503 Å, average 1.499 Å) reflect the octahedral Fe+Mg compositions are varying between 0.27-0.50 and indicate dioktahedral composition close to ideal muscovite within muscovite-phenigite interval.

Mineralogical-petrographical data points out that K-bentonites have undergone high-grade diagenetic conditions (approximately 100-150 °C) and formed from the products of volcanic eruptions having yet unknown source and distance during Middle-Late Devonian time.

**Key Words:** Zonguldak unit, Devonian, K-bentonite, Illite, Diagenesis

## GİRİŞ

Batı Karadeniz bölgesinde, Bartın-Zonguldak çevresinde Orta-Geç Devoniyen-Altı Karbonifer yaşlı ve sığ denizel karbonat platformunda çökelmiş olan kireçtaşı-dolomitik kireçtaşı birimleri yer yer yüzlekler vermektedir. Bu birimler Yılanlı Formasyonu olarak tanımlanmıştır (MTA, 2004). Karbonat istif içerisinde arakatlı olarak bulunan ve kalınlıkları yaklaşık 10-60 cm arasında değişen, gri-yeşil renkli K-bentonit seviyeleri (metabentonit) belirlenmiştir. K-bentonitler, başta olarak diyajenetik kökenli illit, az miktarda smektit; volkanik kökenli kvars, feldispat ve zirkon mineralleri ile ikincil kökenli mineraller pirit, kalsit ve jips içermektedir. Mineralojik-petrografik incelemelere dayanılarak, K-bentonitlerin Devoniyen dönemi volkanizmasının ürünleri olan volkanik tüflerin (tefra) diyajenezi ile oluştuğu sonucuna varılmıştır (Türkmenoğlu vd., 2009).

Sedimanter havzalarda çökelen tüflerin smektit-illit transformasyon mekanizması ile K-bentonite dönüşmelerinin ve illit mineralinin Paleozooyik yaşlı formasyonlarda diğer kil minerallerine göre oransal olarak artışının, diyajenetik süreçlere bağlı olduğunu açıklayan birçok araştırmaya bulunmaktadır (Altaner & Yilgan, 1997). Smektit-illit transformasyon mekanizmalarının analizi açısından, bentonitler monomineralik mineral sistemleri içerdiklerinden, detritik

kökenli mineraller de içeren şeyl ve kumtaşlarında yapılacak analizlere göre daha avantajlıdır. Özellikle cansız tüflerin bentonitleşmesi sırasında smektit → illit-smektit (I/S) → illit dönüşümü, K ve Si elementlerinin mobilitesini gerektirmekte, dolayısıyla yarı açık bir jeokinyasal ortamda gerçekleşmektedir.

Diyajenetik evrelerin belirlenmesi ve çok düşük dereceli metamorfik süreçlerin etken olduğu jeolojik olayların incelenmesinde illitin kristallik düzeyinin (illit kristallik indisi) kullandığı yöntemler geliştirilmiştir (Kübler, 1968; Frey, 1987; Bozkaya & Yalçın, 1997). Bu yöntemlerin kullanılmasındaki amaç, gömülme diyajenezi sırasında artan ısı, basınç ve ilerleyen sediman yaşının, kil minerallerinin progresif evrimine (smektitten itibaren illit veya klorit gelişimi) olan etkilerinin saptanmasıdır (Frey, 1987; Lee & Lee, 2001; Merriman, 2005). Illitin kristallik derecesinin diyajenezle artması, illit poliplerinin de  $1M_d \rightarrow 1M \rightarrow 2M_1$  olarak değişimine ve giderek heksagonal (lamelli) kristal morfolojilerinin oluşmasına paralellik göstermektedir (Frey, 1987; Meunier & Velde, 2004; Bozkaya vd., 2002; Bozkaya & Yalçın, 2005; Bozkaya vd., 2012). Buradaki asıl süreç, düşük dereceli diyajenezden orta-yüksek dereceli metamorfizmaya doğru smektit, I-S, illit gibi yarı-kararlı (metastabil) fazlardan muskovit,

biyolit ve klorite doğru progresif dönüşümlerdir (Frey, 1987; Merriman & Frey, 1999; Merriman & Peacor, 1999).

Bu çalışmada Bartın ve Zonguldak çevresinde yüzlekler veren Orta-Geç Devoniyen yaşlı K-bentonitlerin mineralojik ve petrografik özellikleri incelenerek köken ve evrimlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

## JEOLOJİK KONUM

Çalışma alanı Bartın-Zonguldak çevresini kapsayan Batı Karadeniz

bölgesinde yer almaktadır. Devoniyen yaşlı Yılanlı formasyonunun yüzlekler verdiği Bartın- Gavurpınarı Köyü (kireçtaşı ocacı) ve Bartın çayı (Yılanlı Burnu) yakınındaki kireçtaşı ocaklarındaki dolomitik kireçtaşı tabakaları ile arakatlı yeşil-kahverenkli K-bentonit seviyeleri çalışılmış ve ölçülü stratigrafik kesitler boyunca örnekler alınmıştır (Şekil 1 ve 2).



Şekil 1. Bartın-Gavurpınarı kireçtaşı ocacı yakınındaki K-bentonit seviyelerinin araziideki görünümü. Kireçtaşı tabakaları tektonik deformasyon sonucunda dikey konum kazanmıştır.

YAS FORMASYON	METRE	ÖRNEK	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
ORTA DEVONİYEN YILANLI	40	09v01		Fay
		09v02		Gri renkli kireçtaşı
		09v03		Bireleşme
	5	09v04		Terra (K-bentonit seviyesi)
		09v05		Kahverengi kireçtaşı
	10	09v06		Gri renkli kireçtaşı
		09v07		Bireleşme
		09v08		2-3 sm kalınlığında, kıllı, sarı renkli terra seviyesi
		09v09		Kahverengi-gri kireçtaşı
		09v10		Yeşil renkli terra
		09v11		Gri renkli kireçtaşı
		09v12		Ezik killi zon
25	09v13		40-50 cm kalınlığında gri-yeşil terra	
	09v14		Kahverengi-gri kireçtaşı	
	09v15		Sarı renkli killi görünümlü terra	
	09v16		Yeşil killi ince seviye	
	09v17		50 cm kalınlıkta biseks zon	
30	09v18		Bireleşme	
	09v19		Gri renkli kireçtaşı	
35	09v20		20-30 cm kalınlıkta terra	
	09v21		Algü kireçtaşı seviyesi	
	09v22		50 cm kalınlıkta yeşil 'kahve renkli killi terra	
	09v23		Kıllı biseks zonlu	
	09v24		Fay	

Şekil 2. Kireçtaşı ocacığında ölçülen stratigrafik kesitte yer alan K-bentonit seviyeleri (Türkmenoğlu vd., 2009).

Kireçtaşı ocacı ölçülü kesiti boyunca gözlenen mikrofasiyes tipleri daha çok stromatoliti dolomitik kireçtaşı, ostrakotlu, pelloitli mikritik kireçtaşı, ostrakotlu killi kireçtaşı, ostrakot, pelloit ve intraklast içeren mikritik kireçtaşı, deforme olmuş ve pirit içeren mikritik kireçtaşı tanesi, yarı yuvarlaklaşmış kalsit tanesi, ve mikritik killi matriksten oluşan polijenik karbonat breşi ve killi

kireçtaşı/marnlardan oluşmaktadır. Yılanlı Burnu yakınındaki ölçülü kesit boyunca ise daha çok dolomit kayaçları hakimdir. Bunlar arasında dolomitleşmiş stromatolit, bivalv parçaları içeren dolomit taşı, pelloitli dolomit taşı, gözenekleri petro/organik madde ile dolmuş dolomit taşı, sadılı dolomit minerali içeren dolomit taşı, ostrakot içeren

Killi kireçtaşı/marn fasiyesleri dikkat çekmektedir.

Gerek arazi ve gerekse mikrofasiyes incelemeleri sonucunda istifler boyunca stromatolit ve ostrakot içeren fasiyeslerin çoğunluğu, herhangi bir pelajik fasiyes veya yüksek enerjili ortam işaret eden bir fasiyes/sedimenter yapı gözlenmemiş olması, bu istiflerin çökeltme ortamının çok sığ platform içi ortam olduğunu düşündürmektedir. Ayrıca mikro breşlerin mevcudiyeti ve mercan / ekinit / krinoit / foraminifer / alg fosillerine rastlanılmaması olması da çok sığ ortam olabileceği yorumunu desteklemektedir. Kireçtaşı istifinde kırıntılı fasiyesin olmaması, marn / çamurtaşı fasiyeslerinin kireçtaşları / dolomittaşları ile ardalanıyor olması da, çökeltme ortamının, kara bağlantısından uzakta olan çok sığ "Epierik" bir platform tipi olduğunu işaret etmektedir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Örneklerin mineralojik özelliklerinin incelenmesi optik mikroskop (OM), X-ışınları toz difraksiyon (XRD) ve enerji yayımlı X-ışınları spektroskopisi destekli taramalı elektron mikroskopu (SEM-EDX) aracılığıyla yapılmıştır. İnce kesitler ODTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit laboratuvarında hazırlanmıştır ve Olympus optik mikroskopu ile incelenmiştir. XRD

analizleri aynı bölümdeki Rigaku Miniflex II cihazı kullanılarak, Cu K $\alpha$ , 35 kV, 15mA koşullarında gerçekleştirilmiştir. XRD tüm kayaç toz diffraktogramları 2 $^{\circ}$ 2 $\theta$  / dak

gonyometre hızı kullanılarak elde edilmiştir. Kıl diffraktogramları ve illit kristalinite analizleri ve diğer kristal-kimyasal parametrelerin belirlenmesi analizlerinde ise gonyometre hızı 1 $^{\circ}$  2 $\theta$ /dak olarak ayarlanmıştır (Kisch, 1991). Bentonit örneklerinden tüm kayaç yönlenmemiş ve sedimantasyon ile elde edilen <2  $\mu$ m kil fraksiyonlarından yönelmiş preparatları hazırlanarak (havada kurutulmuş, etilen glikollü, 300 $^{\circ}$ C ve 550 $^{\circ}$ C'de ısıtılmış) XRD desenleri elde edilmiştir. SEM-EDX analizleri ODTÜ Merkezi Laboratuvarları'ndaki Quanta 400F Field Emission SEM ile yapılmıştır.

Kübler indeksi (illit 10 Å pikinin yarı yükseklikteki genişliği,  $\Delta^2\theta$ ) ölçümlerinin kalibrasyonu Warr & Rice (1994) tarafından sağlanan CIS standartları kullanılarak yapılmıştır.

KI kalibrasyonu için  $IC_{CIS}=1.18 \times IC_{ODT} - 0.015$ ,  $R^2 = 0.999$  linear regresyon eşitliği elde edilmiştir.

Illit politipleri yönelmemiş preparatlar kullanılarak  $2\theta = 16-36^{\circ}$  arasında bulunan karakteristik piklerle tanımlanmıştır (Bailey, 1988).  $2M_1$ ,  $1M$  ve  $1M_d$  yüzdelerini (% $2M_1$  / ( $2M_1+1M_d$ ) belirlemek için Grathoff & Moore (1996) tarafından önerilen  $I^{(2.80)} / I^{(2.58)}$  ve  $I^{(3.07)} / I^{(2.58)}$  pik alan oranları ve eşitlikleri kullanılmıştır.

Illitlerin  $b_0$  değerleri, kuvarsin (211) piki ( $2\theta=59,97^{\circ}$ ,  $d=1,541\text{\AA}$ ) referans alınarak, illitin  $d_{600}$  piki ile bulunmuş ve mineralin oktahedral (Mg+Fe) bileşimi (Hunziker ve diğ., 1986) hakkında veri elde edilmiştir. Illit kristallit boyutları WINFIT programı (Krumm, 1996) ile belirlenmiştir.

## BULGULAR

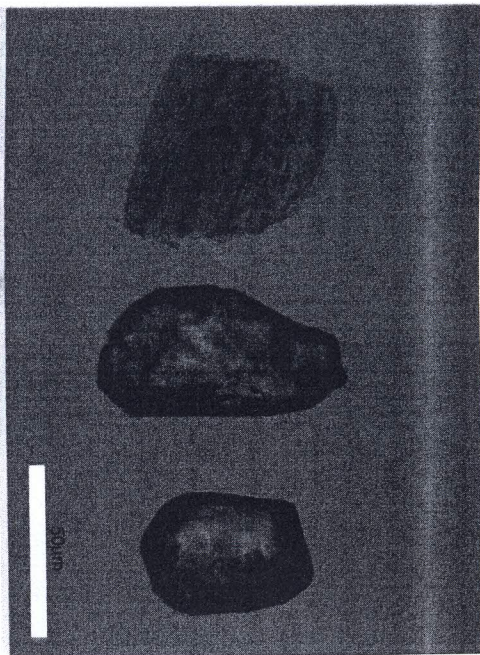
K-bentonitler OM incelemelerine göre porfirink dokü sergilemekte olup, kil dışı minerallerden, volkanik kökenli kuvars, feldispat, biyotit ve zirkon (Şekil 3) içermektedir. Zirkon kristallerinin boyutlarının 100 mikrondan küçük olduğu saptanmıştır.

K-bentonitlerde diyajenetik kökenli mineraller olarak pirit, kalsit, dolomit ve jips (Şekil 4) tanımlanmıştır. Pirit minerallerine gerek bentonitlerde gerekse de bentonitlerle aratabakalı olan kireçtaşı-dolomitik kireçtaşı örneklerinde rastlanmaktadır. İnce kesit analizlerinde piritlerin oksitlendiği gözlenmiş ve ileri derecede oksitlenme gözlenen bentonitlerin içerdikleri göüt ve limonitlerden dolayı kahverengi-sarı renk kazandıkları gözlenmiştir. K-bentonitlerin bu özellikleri arazide tanımlanmalarında yardımcı bir unsur olarak kullanılmaktadır. K-bentonitlerin içerdiği başlıca kil minerali illitir (Şekil 5). Örneklerde ayrıca kaolinit ve karışık katmanlı

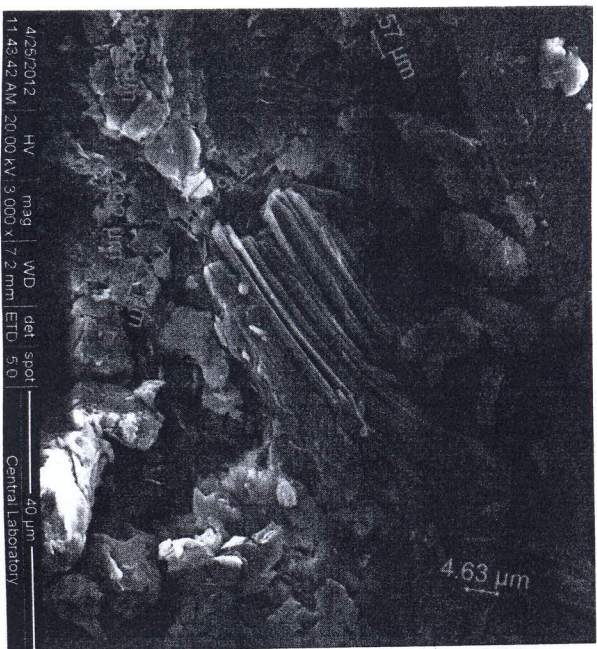
illit-simekitit belirlenmiştir. Örneklerin SEM-EDX analizinde illit kristallerinin lamelli yapıda oldukları ve yapraklanma gösterdikleri belirlenmiştir (Şekil 6).

Örneklerdeki illitlerin belirlenen temel kristal-kimyasal karakteristikleri Çizelge 1'de topluca verilmiştir.

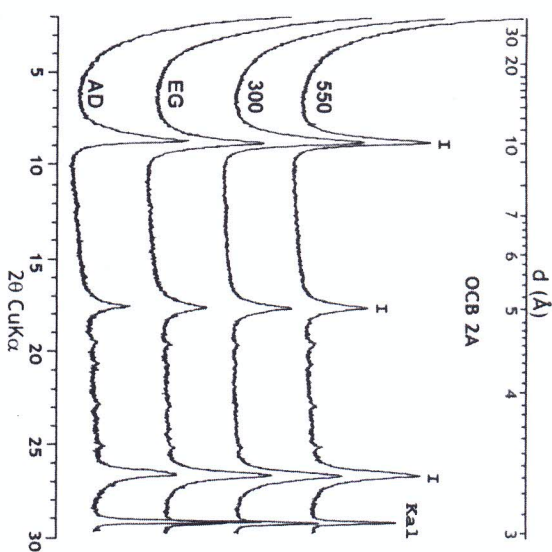
Illitlerin KI değerleri Yılanlı burnunda yüzlek veren K-bentonitler için 0.47-0.93, (ortalama 0.69  $\Delta^2\theta$ ); kireçtaşı ocağı için ise 0.63-1.05, (ortalama 0.80  $\Delta^2\theta$ ) olarak bulunmuştur. Ir (Srodon, 1984) değerleri ise aynı lokasyonlar için sırasıyla 1.13-1.48 (ortalama 1.33) ve 1.26-1.64 (ortalama 1.47) olarak belirlenmiştir. Şekil 7'den de görüldüğü üzere % genişleyebilen tabaka (smektit) içerikleri (en çok % 5) ve kristalit kalınlıkları ( $N:10-20$  nm) bu bentonitlerin yüksek diyajenez koşullarına uğradığını işaret etmektedir. Illitlerdeki genişleyebilen tabaka (smektit) içeriğiyle birlikte artan Ir değerinin Gavurpinarı Köyü kireçtaşı ocağındaki illitlerde kısmen de olsa yüksek olması buradaki istifin görececi olarak daha düşük diyajenetik koşullara maruz kaldığını işaret etmektedir. K-bentonitlerdeki illit politipleri  $2M_1$  ve  $1M_d$  olup (Şekil 8), (%  $2M_1$  / ( $2M_1+1M_d$ ) oranları Yılanlı burnu ocağından alınan örnekler için % 15-40 (ortalama % 25), Gavurpinarı



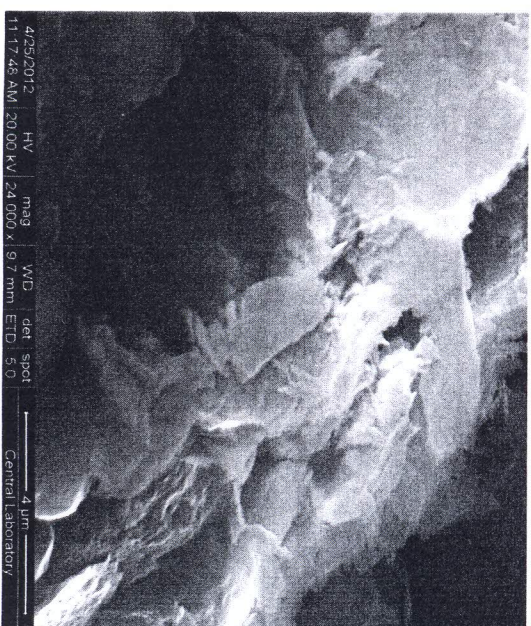
Şekil 3. Bartın bölgesindeki K-bentonitlerde bulunan volkanik kökenli minerallerden biyotit (solda) ve zirkon (ortada ve sağda) kristallerinin OM görüntüleri.



Şekil 4. OC-1 örneğinde kil mineralleri ile çevrelenen, karakteristik bazal dilinimli jips kristalinin SEM görünümü.



Şekil 5. Kireçtaşı ocagına ait OCB-2A örneğine ait kil fraksiyonunun XRD desenleri (I: illit, Ka1: Kalsit, AD: havada kurutulmuş, EG: etilen glikollü, 300: 300°C fırınlanmış, 550: 550°C fırınlanmış).



Şekil 6. OCB-2B örneğinde dağıntık paketlenmiş lamelli morfolojide ve yapraklanma gösteren illit kristallerinin SEM görünümü.

köyü kireçtaşı ocağı bentonitlerinde ise % 25-35 arasındadır (ortalama % 30). Her iki lokasyon arasında politipi oranları yakın değerlerde olup; diyajenetik koşullar açısından çok az bir farklılık söz konusudur.

$d_{600}$  değerleri kullanılarak illitlerin oktahedral Mg+Fe içerikleri ( $d_{600}$ -1.499 - 1.503 Å, ortalama 1.499 Å; Hunziker vd., 1986) saptanmıştır. Buna göre illitlerin oktahedral Fe+Mg miktarları 0.27-0.50 aralığında değişmekte olup, ideal muskovit-fenit arasında muskovite daha yakın bir dioktahedral bileşimi yansıtmaktadır. Illitlerin  $b_0$  ortalama değerleri yaklaşık 9.000 Å olup, K-bentonitlerin düşük-orta derecede basınç (Sassi & Scolari, 1976; Guidotti & Sassi, 1986) koşulları etkisi altında evrimleştiklerini göstermektedir.

## SONUÇLAR

Batı Karadeniz bölgesinde Zonguldak-Bartın çevresinde Devoniyen yaşlı Yılanlı formasyonu içerisinde kireçtaşı-dolomitli kireçtaşı ve dolomit litolojileriyle aratabakalı

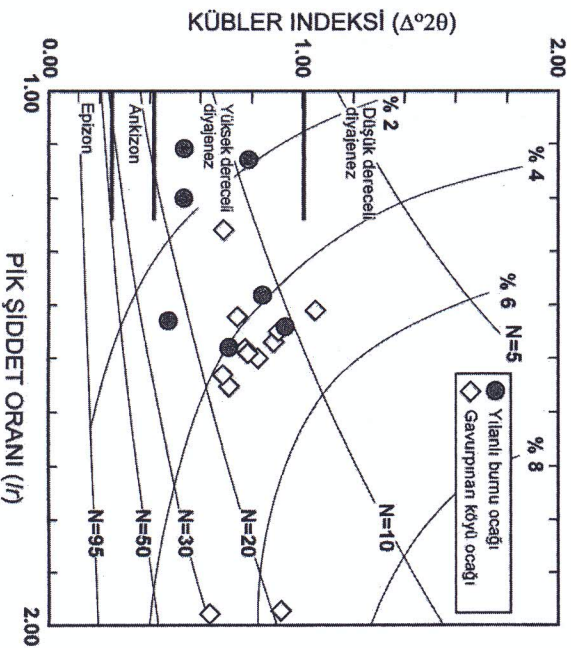
olarak bulunan yeşil-kahverenkli K-bentonit seviyeleri volkanik kökenli kuvars, plajiyoklaz, mika ve zirkon minerallerini, başlıca kil minerali olarak da illit içermektedir.

Bu çalışmada iki lokasyondan (Bartın çayı Yılanlı burnu ve Bartın Gavurpınarı köyü kireçtaşı ocakları) alınan K-bentonitlerin ana kil minerali olan illitin kristal kimyasal özellikleri araştırılmış ve bentonitlerin oluşum koşulları hakkında veriler elde edilmiştir. KI ve Ir diyagramında da gözleendiği gibi (Şekil 7), illitlerde en çok %5'e varan şişen kil minerali (simektit) olması, kristal kalınlıkları, ve illit politip oranları, dioktahedral tabakanın Mg+Fe miktarı ve SEM de izlenen mikromorfolojik özellikler (lamelli yapı ve yapraklanma) tefra seviyelerinin yüksek diyajenetik koşullarda (yaklaşık 100-150°C) illiteserek K-bentonitlere dönüştüğü görüşünü desteklemektedir (Merriman & Frey, 1999; Merriman & Peacor, 1999). Ancak lokasyonlar arasında bu koşullarda göreceli olarak bazı farklılıkların olması da mümkündür.

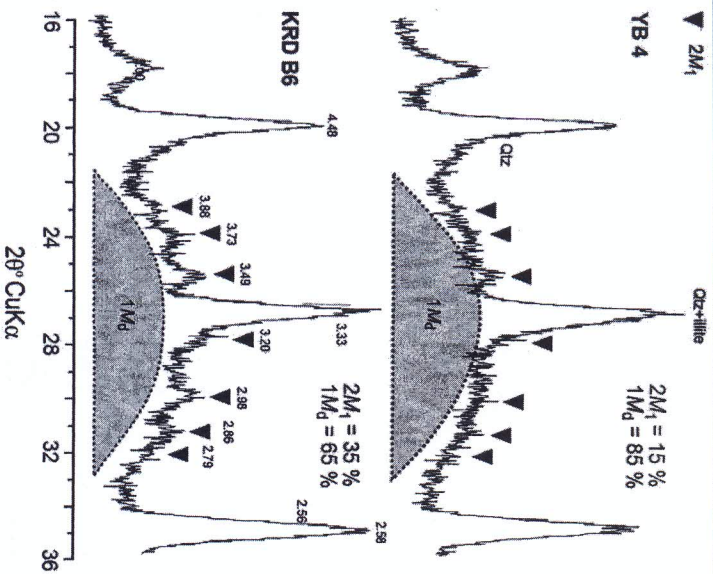
Çizelge 1. Yılanlı Burnu ve Gavurpınarı köyü kireçtaşı ocaklarından alınan temsili K-bentonit örneklerindeki illitlerin kristal-kimyasal karakteristikleri.

Örnek No	KI( $\Delta^2\theta$ )	$I_{001}/I_{001}$	Ir*	$d_{600}$	$b_0$	$IM_d$	$2M_1$	Mg/Fe
YBA-19A	0.69	0.32	2.21	1.5033	9.0198	60	40	0.48
YB-1	0.47	0.37	1.43	1.5013	9.0078	60	40	0.38
YB-2	0.78	0.41	1.13	1.4995	8.9970	80	20	0.30
YBA-10	0.84	0.40	1.38	1.5013	9.0078	55	45	0.38
YBA-8	0.93	0.48	1.44	1.4912	8.9474	80	20	0.10
YBA-5	0.53	0.43	1.20	1.5039	9.0234	50	50	0.51
Gavurpınarı Köyü Kireçtaşı Ocağı								
OCB2-B	0.77	0.40	1.48	1.4991	8.9946	75	25	0.27
OCB2-A	0.69	0.38	1.26	1.5000	8.9990	60	40	0.27
OCB1-S	0.69	0.38	1.53	1.5015	9.0090	55	45	0.36

\* $[I_{003}/I_{001}]_{\text{normal çekim}} / [I_{003}/I_{001}]_{\text{glikolli çekim}}$



Şekil 7. Yılanlı burnu ve Gavurpınarı kireçtaşı ocaklarından alınan K-bentonitlerdeki illitlerin KI-Ir diyagramındaki dağılımları.



Sekil 8. K- bentonitlerin başlıca kil minerali olan illitin politip oranları.

Bu çalışmadan elde edilen veriler K- bentonitlerin uzaklığı ve kaynağı henüz bilinmeyen, Orta-Geç Devoniyen yaşlı, şiddetli volkanik aktivitenin ürünleri olan tefraların yüksek diyajenetik koşullar altında illitleşmesiyle oluştuğunu işaret etmektedir.

#### TEŞEKKÜR

Bu araştırma TÜBİTAK 110Y272 No lu ve "Batı Karadeniz Devoniyen Yaşlı Bartın) Bölgesinde Devoniyen Yaşlı K-Bentonit Oluşumları ve Jeolojik Önemi" konulu proje çalışmasının bir ürünüdür. Proje desteğinden dolayı

yazarlar TÜBİTAK'a teşekkür ederler.

#### KAYNAKLAR

Altaner, S.P., Ylağan, R.F., 1997. Comparison of structural models of mixed-layer illite/smectite and reaction mechanisms of smectite illitization. *Clays and Clay Minerals*, 45, 517-533.

Bailey, S.W., 1988. X-ray diffraction identification of the polytypes of mica, serpentine, and chlorite. *Clays and Clay Minerals*, 36, 193-213.

- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 1996. Diyajenez-metamorfizma geçişinin belirlenmesinde kullanılan yöntem-ler. *Jeoloji Mühendisliği*, 49, 1-22.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 2005. Diagenesis and very low - grade metamorphism of the Antalya unit: mineralogical evidence of Triassic rifting, Alanya-Gazipaşa, central Taurus belt, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 25, 109-119.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., Göncüoğlu, M.C., 2002. Mineralogic and organic responses to stratigraphic irregularities: an example from the Lower Paleozoic very low grade metamorphic units of the eastern Taurus autochthon, Turkey. *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 82, 355-373.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., Göncüoğlu, M.C., 2012. Mineralogic evidences of a mid-Paleozoic thermal event in the Zonguldak terrane, northwest Turkey: implications for the dynamics of some Gondwana - derived terranes during the closure of Rheic ocean. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 49, 1-17.
- Frey, M., 1987. Very low-grade metamorphism of clastic sedimentary rocks. In: *Low Temperature Metamorphism* (M. Frey, editor). Blackie, Glasgow and London, Pp: 9-58.
- Grathoff, G.H., Moore, D.M., 1996. Illite polytype quantification using Wildfire© calculated X-ray diffraction patterns. *Clays and Clay Minerals*, 44, 835-842.
- Guidotti C.V., Sassi, F.P., 1986. Classification and correlation of metamorphic facies series by means of muscovite bo data from low-grade metapelites. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen* 153, 363-380.
- Hunziker, J.C., Frey, M., Clauer, N., Dallmeyer, R.D., Friedrichsen, H., Flehning, W., Hochstrasser, K., Roggwiler, P., Schwander, H., 1986. The evolution of illite to muscovite: mineralogical and isotope data from the Glarus Alps, Switzerland. *Contributions to Mineralogy Petrology*, 92, 157-180.
- Kisch, H.J., 1991. Illite crystallinity: recommendations on sample preparation, X-ray diffraction settings and interlaboratory samples. *Journal of Metamorphic Geology*, 9, 665-670.
- Kübler, B., 1968. Evaluation quantitative du metamorphisme par la cristallinite de l'illite. *Bull. Centre Rech Pau-SNAP* 22, 385-397.
- Krumm, S., 1996. WINFIT 1.2: version of November 1996 (The Erlangen Geological and Mineralogical Software Collection) of WINFIT 1.0: a public domain program for



- interactive profile analysis under WINDOWS. XIII Conference on Clay Mineralogy and Petrology, Praha, 1994. Acta Universitatis Carolinae Geologica, 38, 235-261.
- Lee, J.I., Lee, Y.I., 2001. Kübler illite "crystallinity" index of the Cretaceous Gyeongsang basin, Korea: implications for basin evaluation. Clays and Clay Minerals, 49, no.1, 36-43.
- Merriman, R.J., 2005. Clay minerals and sedimentary basin history. European Journal of Mineralogy, 17, 7-20.
- Merriman, R.J., Frey, M., 1999. Patterns of very low-grade metamorphism in metapelitic rocks. Pp. 61-107 in: Low Grade Metamorphism (M. Frey & D. Robinson editors). Blackwell Sciences Ltd, Oxford, UK.
- Merriman R.J., Peacor D.R. (1999) Very low-grade metapelites: mineralogy, microfabrics and measuring reaction progress. Pp. 10-60 in: Low Grade Metamorphism (M. Frey & D. Robinson, editors). Blackwell Sciences Ltd, Oxford, UK.
- Meunier, A., Velde, B., 2004. Illite. Springer, 286p.
- MTA, 2004. Batı Karadeniz bölgesi litostratigrafi birimleri, Stratigrafi Komitesi Litostratigrafi Birimleri Serisi-1. MTA, Ankara, 92s.
- Sassi, F.P., Scolari, A., 1974. The  $b_0$  value of the potassic white micas as a barometric indicator in low-grade metamorphism of pelitic schists. Contributions to Mineralogy Petrology 45, 143-152.
- Srodon, J., 1984. X-ray powder diffraction identification of illitic materials. Clays and Clay Minerals, 32, 337-349.
- Türkmenoğlu, A.G., Göncüoğlu, M.C., Bayraktaroğlu, Ş., 2009. Early Carboniferous K-bentonite formation around Bartın: Geological implications. 2nd International Symposium on the Geology of the Black Sea Region, ISGB-2, MTA, Ankara.
- Warr, A.H.N., Rice, L.N., 1994. Interlaboratory standardization and calibration of clay mineral crystallinity and crystallite size data. Journal of Metamorphic Geology, 12, 141-152.