

ESKİŞEHİR- KB SİVRİHİSAR BÖLGESİ, KAYMAZ YÖRESİNDEKİ BERİL GRUBU MİNERALLERİ VE OLUŞUMLARINA BİR ÖN YAKLAŞIM

Hülya ERKOYUN*, Rifat BOZKURT* ve Selahattin KADIR*

ÖZ.- Kaymaz (Sivrihisar) Eskişehir ilinin 80 km doğusunda yer almaktadır. Çalışma sahası metamorfitle, ofiyolitler, fonolitler ve pegmatitten oluşmaktadır. Bu birimlerden metamorfite kesen dere sedimanlarında beril kristallerinin varlığı belirlenmiştir. Toplanan örneklerde en fazla 35 µm boyutunda, yeşil ve açık yeşilimsi mavi renkli beril taneleri hegzagonal yapılı, bazal dilinimli, $n_o = 1.584$, $n_e = 1.568$ ışık kırma indisleri, tek optik eksenli (-) ve SEM de özşekilli hegzagonal prizmatik karakterli özellikler göstermektedir. Jeokimyasal olarak fonolit örneklerinde Be içeriği (9-31 ppm), pegmatitlerde (4-17 ppm) ve metamorfiklerde ise 1 ppm tespit edilmiştir. Fonolitlerde berilyumla ilişkili elementlerden F (260-440 ppm), Ba (1088-3106 ppm), La (300 ppm), Y (16-19 ppm), pegmatitlerde F (300 ppm), W (10 ppm) ve Sn (5 ppm) değerleri göstermesi ve beril kristallerinin fonolit ve pegmatitlerle tektonik ilişkili olan metamorfik kayalar kesen dere sedimanlarında belirlenmesi berilin oluşumunun kökensel olarak bu kayalarla bağıntılı olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Beril, fonolit, pegmatit, metamorfite, Sivrihisar

GİRİŞ

Eskişehir ilinin 80 km doğusunda, Sivrihisar'ın kuzeybatısında yer alan inceleme alanı, 1/25000 ölçekli Eskişehir İ-26 c4 paftası sınırları içinde kalmaktadır (Şekil 1).

Bölge jeolojik açıdan Romieux (1942), Weingart (1954), Kulaksız (1981), Gözler ve diğerleri (1996) tarafından araştırılmıştır. Ancak bölge ile ilgili tarihi kayıtlarda yer alan ve kıymetli taşlar piyasasında Sivrihisar yöresi kaynaklı olduğu belirtilen zümrüt ve buna eşlik eden minerallerin mineralojisi, jeokimyası ve oluşumu ile ilgili bir çalışmanın varlığı bilinmemektedir.

Dünya beril oluşumlarına bakıldığında, en çok oluştuğu kayalar ofiyolit kuşağı içindeki şistler, nefelinli siyenit, fonolit ve pegmatitlerdir. Bu bilgilerin ışığında bütün bu birimleri bir arada bulunduran Sivrihisar bölgesinin bu araştırma için uygun olacağı düşünülmüştür.

MATERYAL VE METOT

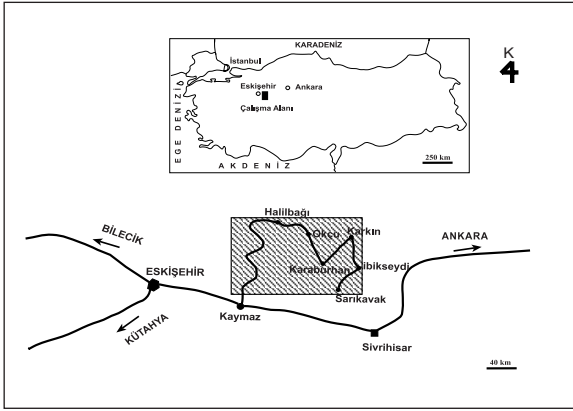
Metamorfite, ofiyolitleri ve pegmatitleri kesen dere vadileri boyunca jeokimyasal prospek-

siyon prensiplerine uygun olarak 29 adet kırıntı ve 29 adet kayaç örneği toplanmıştır. Kırıntı örneklerinden stereomikroskop kullanılarak toplanan şeffaf ve opak mineraller renklerine ve kristal şekillerine göre gruplandırılmışlardır. Şeffaf olanlardan, beril olabileceği düşünülen renkli mineraller ayıklanmış ve bu minerallerin ışığı kırma indisleri 0.002 aralıklı daldırma sıvıları kullanılarak polarize ışıkta incelenmiş, optik özellikleri de belirlenmiştir. Ayrıca bu beril kristalleri elektron mikroskobu (SEM) (Zeiss Supra 50 VP) nda incelenmiştir. Alınan kayaç örneklerinin petrografik incelemeleri yapıp, mineral bileşenleri ve dokuları belirlenmiştir. Beril varlığının saptanması için toplanan 12 adet örneğin eser element analizleri ICP-AES yöntemi ile ACME (Kanada) laboratuvarında yapılmıştır.

JEOLJİK KONUM

İnceleme alanında Metamorfite, Karabayır Metaofiyolitleri, Karakaya Granodiyoriti, Höyükü formasyonu ve Sarıkaya formasyonu bulunmaktadır (Kulaksız 1981). Çalışma alanının temelini oluşturan Üst Kretase yaşlı Metamorfite, metakuarsit, metapelit, mermer, kalkşist, metabazit,

* Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Meşelik, 26480, Eskişehir
e-mail: herkoynun@ogu.edu.tr, skadir_ogu@yahoo.com, rbozkurt@ogu.edu.tr



Şekil 1- Yer buldurur haritası

serpantinşist, metakalsirudit aralanmasından oluşmaktadır (Okay, 1984; Şekil 2). Onun üzerinde tektonik olarak yer alan Karabıyır Metaofiyolitleri metagabro, metahornblendit, metapiroksenit, metaharzburgit, metaserpantin ve metaperidotitleri kapsar. İçinde yer yer derinlere kadar etkili bir kırık hattının oluşturduğu fay boyunca serpantinleri keserek çıkan fonolit domları mevcuttur. Fonolitlerin K-Ar yöntemine göre yaşı Orta Miyosen olarak belirlenmiştir (Özgenç, 1982). Ofiyolitlere plüton şeklinde sokulan Üst Kretase yaşlı Karakaya Granodiyoriti, kuvars, feldispat, turmalin ve pirit içeren pegmatitik bir damar bulundurmaktadır. Miyosen yaşlı Höyükü formasyonu, volkanik malzeme içerikli kumtaşı, grovak, tuf, aglomera ve lav akıntılarında oluşur. Daha üstteki Pliyosen yaşlı Sarıkaya formasyonu ise, altta volkanik tuf, konglomera ile başlayıp gölsel kireçtaşı, kumtaşı, kıltaşı, marn ile devam eder. Bu formasyon yer yer metaofiyolitler üzerine açısız uyumsuzlukla gelmektedir (Kulaksız, 1977). Çalışma alanındaki en genç çökeller Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır (Şekil 3).

Beril mineralizasyonunu araştırmak için metamorfite kesen Karakız Deresi vadisinden toplanan dere kumlarında optik incelemede zümrüt ve akuamarin tespit edilmiştir. İkinci alan olarak ofiyolitler içindeki fonolitler seçilmiştir. Granodiyorit içindeki pegmatitik damar da üçüncü bölge olarak ele alınmıştır.

PETROGRAFİK İNCELEMELER

a- Kayaç Petrografisi

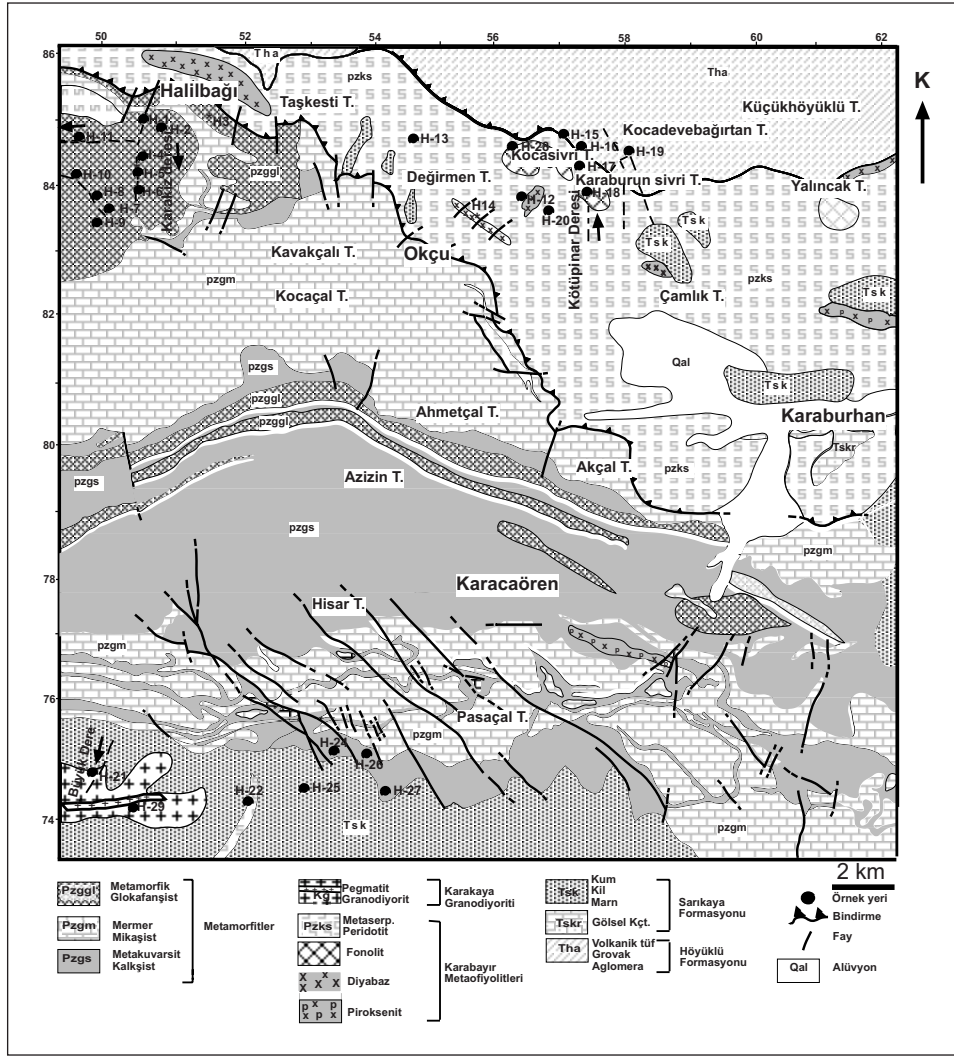
Yapılan petrografik incelemelerde Metamorfite granat-glokofan şist, epidot-klorit şist, granat-lavsonit-glokofan şist, epidotit, klorit-lavsonit şist ve mermerleri kapsadığı, Karabıyır Metaofiyolitleri içinde diyabaz, serpantin, ofikalzit ve fonolit bulunduğu, ayrıca Karakaya Granodiyoriti içinde pegmatit damarı yer aldığı tespit edilmiştir.

Lepidoporfiroblastik dokulu granat glokofan şist ince kesit çalışmalarında, yarı özşekilli, 0.25-0.75 mm arasında değişen büyüklükte granatların kenarlarında kloritleşme izleri görülür (Levha I - Şekil 1). 0.125 mm ile 0.5 mm arasında değişen büyüklükte, prizmatik kristaller halindeki glokofanlar ise kuvvetli pleokroizma ile belirgindir. Glokofanın ışık kırma indisi daldırma sıvıları kullanılarak $n_x = 1.642$, $n_y = 1.656$ ve $n_z = 1.657$ olarak belirlenmiş ve glokofan serisinden krossit olduğu saptanmıştır. Granat ve glokofanla birlikte muskovit, epidot, klorit ve kuvars bulunmaktadır.

Lepidoblastik dokudaki epidot-klorit şistte, b eksenine yönünde uzamış kristaller halinde epidot, mavimsi tonlarda girişim rengiyle klinozoisit, herhangi bir dizilim göstermeyen topluluklar halinde de klorit yer almaktadır.

Nematoporfiroblastik dokudaki granat-lavsonit-glokofan şistte, glokofan mineralleri 0.2-0.3 mm boyutundadır. 0.08-0.22 mm arasında değişen büyüklüğe sahip lavsonit mineralleri kısa prizmatik kristaller halindedir. Granat minerallerinde kapanımlar gözlenmektedir. Epidot mineralleri 0.2 -0.65 mm boyutları arasındadır.

Nematoblastik dokulu epidotitte, özşekilli albit kristalleri epidotlarla birlikte bulunmaktadır. İçerdiği kalsit mineralleri 0.15-0.3 mm. arasında değişen büyüklüklerdedir (Levha I - Şekil 2).



Şekil 2- İnceleme yerinin jeoloji haritası (Kulaksız, 1981'den değişiklikle).

Nematoblastik dokulu klorit lavsonit şistte, kloritler yapraksı kristaller, demetler halinde lavsonit ve epidot minerallerini çevreler durumdadır. Lavsonit mineralleri, kısa prizmatik kristaller halinde, paralel sönme göstermektedir. Epidot mineralleri, 0.13 mm boyutunda, ojit mineralleri ise 0.15-0.3 mm arasında değişen büyüklüklerdedir (Levha I - Şekil 3).

Metamorfitler içindeki mermer örneğinde kalsitin yanı sıra, çok az oranda kuvars, serisit, pla-

jiyoklaz ve ortoklaz gözlenmektedir. Kalsit kristallerinde kayma ikizleri ve bu ikiz lamellerinde bükülmeler gözlenir. Dilinim izlerine göre simetrik sönme gösterir. Kuvars mineralleri özşekilsiz yuvarlak taneler, serisit mineralleri pulsu topluluklar halinde bulunur. Az miktarda plajiyoklaz ve karsbad ikizlenmeli ortoklaz görülür.

Karabayır Metaofiyolitleri içindeki ofitik doku gösteren diyabaz daykı, oligoklaz, diyopsit, aktinolit ve zeolit mineralleri içermektedir. Diyopsitler

Üst Sistem	Sistem	Seri	Formasyon	Simge	Kalınlık (m)	Kaya Türü	Açıklamalar
SENOZOYİK	Kuvaterner		Alüvyon	Qal			Alüvyon
		Tersiyer	Neojen	Sarıkaya	Ts	40	
	Höyükü			Th	30		Volkanik malzeme içerikli kumtaşı, grovak, silisli tuf, aglomera ve lav akıntıları
MESOZOYİK	Kretase		Karakaya Granodiyoriti	Kg			Kuvars, feldispat, turmalin, pirit içeren pegmatitik damarlar bulunan granodiyorit.
			Karabayır Metafiyolitleri	Pzks			Piroksenit Metafiyolit, metaperidotit, metapiroksenit, serpantin, metahornblendit, metagabro. Serpantinler içinde mermer, kumtaşı olistoliti mevcut. Diyabaz dayıkları serpantinleri kesiyor. Yer yer fonalitler bulunmaktadır.
			Metamorfiler	Pzg			Metakuvarsit, mermer, kalksist, mikaşist ardalı olarak yüzeylenekte. Ayrıca metadiyabaz olistoliti mevcut.

Şekil 3- İnceleme yerinin geliştirilmiş dikme kesiti (Kulaksız, 1981; Okay, 1984'den değişiklikle).

uralitleşerek kısmen veya tamamen iğnemsiz aktinolit dönüştürmüştür. Natrolit olarak tanımlanan zeolit minerali iğnemsiz-lifsel agregatlar halinde bulunmaktadır. Serpantinite, olivin kalıntıları bulunduran antigorit ile lifsel krizotil bulunur. Porfirik dokulu fonolit örneğinde (H18), özşekilli fenokristaller halinde, 0.2 - 0.7 mm arasında boyutlarında sanidin, 0,015 mm. boyutunda hornblend ve lösit mineralleri yer almaktadır. Hamuru volkan camı ve kayaç parçacıklarından oluşmaktadır. (Levha I - Şekil 4). Tipik olarak trakitik doku gösteren H28 nolu fonolit örneği farklı olarak nefelin ve apatit mineralleri içerir (Levha I - Şekil 5). Elek dokusu gösteren ofikalsit ise, ikiz lamelli kalsit, lifsi krizotil ve yarı paralel dizilmeli kristaller halinde antigoritten oluşur.

Karakaya Granodiyoriti içindeki pegmatit örneği, ortoklaz, biyotit ve kuvars minerallerinden oluşur. Ortoklaz minerallerinin bazılarında karsbad ikizlenmesi, bazılarında karsbad ve baveno ikizlerinin kombinasyonu görülmektedir (Levha I - Şekil 6). Boyutları 1-4.75 mm arasında değişen biyotitlerin kenarından itibaren kloritleşme görülmektedir. Kuvars taneleri 0.25-0.5 mm arasındadır.

b- Beril Mineralojisi

Beril, gösterdiği renklere göre, koyu yeşil renklisi zümrüt, mavimsi yeşilden maviye kadar değişen renkte olanları akuamarin olarak tanımlanır, berilyum alüminosilikat olup formülü $Be_3Al_2Si_6O_{18}$ dir.

Metamorfitleti kesen Karakız Deresinden alınan ve H1 olarak numaralanan örnekten toplanan en fazla 35 µm boyutunda yeşil ve açık yeşilimsi mavi renkli 25 adet beril tanesi inceleme sonucu zümrüt ve akuamarin olarak tanımlanmıştır (Levha II - Şekil 1).

Stereomikroskopta yeşil kristallerin (tanelerin) görüntüleri hegzagonal sistemde kristalleşmiş olduklarını varsayılmaktadır (Levha I - Şekil 2).

Tanelerin ışığı kırma indisleri, 0.002 aralıklı daldırma sıvıları kullanılarak $n_o=1.568$, $n_e= 1.584$ değerlerinde bulunmuştur (Levha II - Şekil 3).

Optik incelemelerde tek optik eksenli (-) olarak belirlenen ve hegzagonal prizmatik özşekilli kristaller halinde bulunan beril minerallerinin daldırma sıvısı içinde polarize ışıkta yeşil renkli olanları zümrüt, açık mavimsi yeşil olanları akuamarin olarak tanımlanmıştır (Levha II-Şekil 4). Bazal dilinimi (0001) belirgindir (Levha II-Şekil 5).

Stereomikroskopta belirlenen beril kristalleri SEM de incelenmiştir (Levha III - Şekil 1 ve 2). Beril kristalleri genellikle özşekilli hegzagonal prizmatik kristalleri ile tanımlanmıştır. Bu kristallerin 0001 yüzey kesitleri altı köşeli ve yer yer daireseldir. 0001 yüzey kesitleri dairesel ve elipsoid karakterli prizmatik beril kristalleri muhtemelen detritik sedimanlar içinde taşınmadan dolayı hegzagonal prizmatik kristallerin kısmi aşınmasından türemiştir.

JEOLKİMYASAL İNCELEMELERİ

Zümrüt oluşumu beklenen bölgelerde beril varlığının saptanması için kimyasal analiz amaçlı 12 adet örnek derlenmiştir. Bu örneklerin 6 tanesi metamorfikler kesen Karakız Deresinden (H1-H6), 1 tanesi fonolitleri kesen Kötüpinar Deresinden (H18) ve pegmatitleri kesen Büyük Dere'den alınan kırıntılardır (H29). Kayaç örneği olarak da metamorfiklerden (H1), fonolitlerden (H18 ve H28), pegmatitlerden ise (H29) analiz edilmiştir. Hem kayaç hem de sediman örnekle-

rinin analiz nedeni, sedimanlarla kayaç örneklerinin karşılaştırılması ve beril oluşumuna bağlı kayaçların saptanabilmesini sağlamaktır.

Karakız Deresi'nden alınan (H1- H6) arası örneklerde 1 ppm Be, pegmatitleri kesen Büyük Dere' den alınan (H21) dere kumlarında 4 ppm mertebesinde Be belirlenmiştir (Çizelge 1). Fonolitleri keserek gelen Kötüpinar Deresi'nden (H18) alınan dere kumunda en yüksek Be içeriği 9 ppm olarak belirlenmiştir. Bu sedimanlarla ilişkili Karaburunsivri fonolit örneğinde (H18) Be içeriği 31, Kocasivri'deki fonolitte (H28) ise 19 ppm, pegmatitik kayaçta (H29) 17 ppm ve metamorfiklerde (H1) 1 ppm den az Be değeri tespit edilmiştir. Bu veriler ışığında berilin alkali kökenli olan fonolit ve pegmatitten türeyerek zenginleştiğine işaret etmektedir.

Berilyum varlığında yararlı indikatörler F, Li, Rb, Cs, Sn, W ve berilyuma eşlik eden diğer elementler Ba, Sr, B, Sc, Y ve diğer nadir toprak elementleri, U, Th, Nb, Ta, P, Ti, Mo ve Mn dir. Be ile Li, Rb, Cs, Sr, Ba, B, Sc, Y, Ti, Th, P, V, Nb, Ta, Cr, W, U, Mn ve F litofil elementler olduklarından dolayı birbirleri ile ilişkilidirler (Akyol ve diğerleri, 1985; Boyle, 1974). Berilyuma eşlik eden elementlerden küçük yarıçaplı ve çoğunlukla büyük yüklü çeşitli katyonlar (U 10-22, Th 4-142, Mo 2-14, W 4-17, Nb 3-182, Sn 2-5 ppm) uyumsuz elementler olarak adlandırılır. İyon yarıçapları ve yükleri nedeniyle silikat minerallerindeki herhangi bir major iyonla yer değiştirmeleri zordur (Krauskopf, 1979). Fonolit örneklerinde (H18, H28) U 15-22, Th 5-142, Nb 9-182, Mn 1033-1474, Sr 467-976, La 21-64, Ba 1088-3106, Al 8.26-10.4, Y 16-19, ve berilyum tespitinde önemli bir indikatör olan F 440-260 ppm değerleri ile berilyum ile yakından ilişkilidir. Pegmatit kayaç örneğinde (H29) ise W 10, Sn 5, F 300 ppm gibi diğer kayaç örneklerine göre yüksek değer göstermesi damarlarda ve pirometazomatik yataklarda berilyum oluşumlarında özellikle berilyumla W, Sn ve F arasında jeokimyasal ilişkileri desteklemektedir (Warner ve diğerleri, 1959).

Çizelge 1- Çalışma alanından alınan örneklerin jeokimyasal analiz sonuçları

Örnek No Cinsi	H1 Sediman	H2 Sediman	H3 Sediman	H4 Sediman	H5 Sediman	H6 Sediman	H21 Sediman	H18 Sediman	H1 Şist	H28 Fonolit	H29 Pegmatit	H18 Fonolit
Mo(ppm)	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	14	<2	<2	2	<2
Cu(ppm)	34	38	44	56	65	31	14	35	10	3	4	31
Pb(ppm)	11	21	14	11	6	11	58	32	8	189	134	18
Zn(ppm)	51	50	62	78	81	42	32	94	33	308	22	84
Ag(ppm)	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Ni(ppm)	306	192	188	327	247	111	95	107	681	17	5	30
Co(ppm)	31	26	33	40	47	16	9	27	50	<2	<2	27
Mn(ppm)	1590	2596	1595	1718	2663	1014	373	2080	644	1474	294	1033
As(ppm)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	25	34	<5	16	14	9
Au(ppm)	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	4	<4	<4
Th(ppm)	<2	5	4	4	4	5	8	65	<2	142	39	5
Sr(ppm)	137	150	125	143	196	232	131	290	53	976	37	467
Cd(ppm)	<0.4	0.6	0.7	0.5	<0.4	0.5	0.5	0.6	0.5	<0.4	<0.4	<0.4
Sb(ppm)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Bi(ppm)	7	7	9	8	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
V(ppm)	103	111	114	148	204	86	21	203	18	99	4	196
La(ppm)	20	17	27	29	33	18	18	165	<2	64	19	21
Cr(ppm)	523	521	278	490	423	219	325	336	619	2	<2	80
Ba(ppm)	96	109	194	210	172	121	275	5008	36	3106	71	1088
W(ppm)	<4	<4	<4	<4	<4	<4	4	8	<4	<4	10	17
Zr(ppm)	7	12	17	24	17	10	21	72	<2	801	35	67
Sn(ppm)	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	5	<2
Y(ppm)	19	22	19	22	30	14	6	32	2	19	4	16
Nb(ppm)	5	7	11	10	11	4	9	22	3	182	25	9
Be(ppm)	1	1	1	1	1	1	4	9	<1	19	17	31
Sc(ppm)	13	16	13	20	27	10	2	14	3	<1	<1	25
F(ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	10	260	300	440
U(ppm)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	14	22	<10	15
Ca(%)	6.13	7.69	7.61	3.36	3.77	7.83	3.21	1.22	6.43	1.16	0.27	3.77
Mg(%)	3.34	2.35	2.24	3.88	3.69	1.51	0.61	1.35	9.6	0.13	0.07	2.38
Ti(%)	0.29	0.31	0.43	0.41	0.58	0.21	0.10	0.47	0.01	0.16	0.02	0.53
Al(%)	3.54	3.81	4.25	5.32	5.81	3.48	4.40	7.01	7.35	10.4	6.67	8.26
Na(%)	0.62	0.62	0.62	0.80	1.08	0.53	0.91	1.67	0.72	5.86	2.77	3.35
K(%)	0.28	0.44	0.60	0.74	0.64	0.45	2.83	2.81	0.04	4.55	3.64	1.76
P(%)	0.058	0.054	0.059	0.072	0.094	0.040	0.018	0.078	0.004	0.019	0.002	0.065
Fe(%)	4.17	4.95	4.18	5.88	7.26	3.44	1.34	5.17	3.16	2.59	0.73	5.63

Metamorfitleti kesen Karakız Deresi'nden alınan kırıntılarda Cu, Ni, Co, Mn, Ca, Cr, Mg, Sc, V, Fe aynı derenin çevresinden alınan granat-glokofan şist kayaç örneğinde ise mafik volkanitler ve ultramafitlere bağlı olarak Ni ve Cr, granat, glokofan, epidot ve klorit minerallerinde Co, Fe, Ca, Mg yoğunlaşmıştır. Dikkat edileceği gibi kayaç örneği Cu, Mn, Sc ve V açısından kırıntılı örneğe göre daha fakirdir.

Pegmatiti kesen dereden alınan kırıntılarda Pb ve K yoğunlaşırken pegmatit örneğinin (H29) W, Sn, F açısından daha zenginleştiği, Sr ve Ba' un ise tüketildiği görülür. Bu da pegmatit damarlarında wolfram, kalay ve flor yataklarının bulunmasını açıklamaktadır. Karaburun Sivri'deki fonoliti kesen Kötüpınar Deresi'nden alınan sediman örneğinde Al, Na, Mo, Zn, As, Th, Sr, La, Ba, K, W, Zr, Y, Nb yoğunlaşmıştır. Fonolit örneklerinde (H18, H28) ise LFSE elementler (Pb, Mn, Na, Th, Sr, Ba, U, K), HFSE (Y, Nb, Zn, Ti, Zr), LREE (La), geçiş elementleri (V, Sc), litofil elementler (W, F) ve diğer elementler (As, Cu, Fe, Al) bakımından daha zengindir.

Beril Na ve K gibi alkali iyonlar içerebilmekte ve toplam alkali içeriği %5-7' ye kadar çıkabilmektedir. Berilyum, Na ile yer değiştirirken K ile yer değiştirmemektedir. Alkali elementler berilin kafes yapısındaki heksagonal kanallarda kalır (Çelik ve Karakaya, 1998), dolayısıyla yüksek berilyum içeren örneklerde Na ve K gibi alkali elementlerin de yüksek değerler (%0.04- 5.86) verdiği belirlenmiştir. Zaten Kocasivri ve Karaburun Sivri fonolit kayaç örnekleri Na, K ve Al bakımından zengindir, Ca ve Mg açısından fakir olması da bu kayaçların alkali karakterde olduğunu göstermektedir.

Berilyum ile Nb, Mo, Sn, F, Ba, Sr, U, Th ve La elementleri arasında az da olsa pozitif korelasyonun olduğu, Sc, P, Ti, Mn, Cr ve V ile negatif bir ilişkinin, W ve Y arasında ise herhangi bir korelasyonun olmadığı belirlenmiştir (Şekil 4).

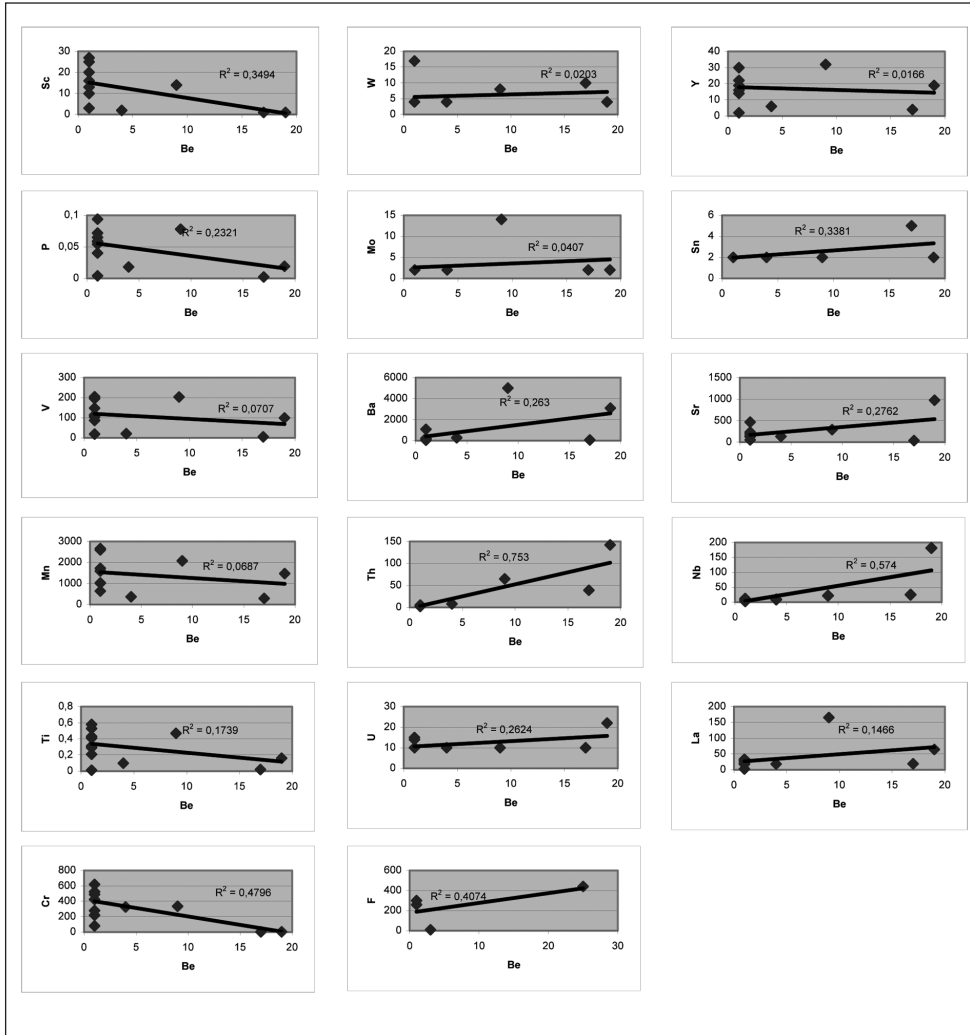
Kimyasal analiz sonuçlarına göre H1 örneğinin dışında Be ile Al elementleri arasında pozitif

bir korelasyonun varlığı, Be elementinin Al'lu minerallerin (sanidin, lösit, nefelin, hornblend, biyotit, ortoklaz) kafes yapısına girdiğini göstermektedir. Çünkü Be ile Al'un iyon yarıçapları ve iyon yüklerinin benzerliği bu elementlerin izomorf olmasını sağlamaktadır.

TARTIŞMA

Beril minerallerinin Kaymaz (Sivrihisar) Kuzeybatısında fonolitler ve pegmatitlere bağlı olarak oluşabilecekleri söylenebilir. Berilyum elementinin fonolitik ve pegmatitik birimlerde anomali göstermesi ve beril kristallerinin bu birimlerle tektonik ilişkili olan metamorfik kayaçları kesen sedimanlarda saptanması da Be ile bu kayaçlar arasında önemli bir jeokimyasal ilişkilerin varlığını göstermektedir. Marshall ve diğerleri (2003) ne göre de zümrüt oluşumları genellikle Cr (+/- V) ve Be getiren solüsyonlarla yakından ilişkilidir. Yazarlar, Cr ve V'un hidrotermal alterasyon boyunca yerel mafik ve ultramafik kayaçlardan gelebileceğini ifade etmektedirler. Kocasivri fonolit (H28) örneğinde V' un yüksek olması ve Be ile negatif ilişkili olması ve metamorfik kayaçlarda Cr'un diğer kayaçlara göre daha yüksek bir değer vermesi bindirmeye bağlı krom getirmesi olduğunu göstermektedir. Optik olarak saptanan beril mineralleri orijinal kayacın başkalaşımını takiben hidrotermal süreç boyunca şist mineralleri ile ilişkili olarak oluşmuş olabilir. Bindirmeye bağlı olarak alkali magmadan türeyen solüsyonların metamorfik kayaçlardaki kırık ve çatlaklarını doldurarak eser miktarda beril çökelimini sağlarlar.

Fonolitik ve pegmatitik kayaçlarda Be ile Na ve K'un arasında pozitif bir korelasyonun olması da berilyumun Na ve K içeren minerallerden sanidin, nefelin, hornblend, ortoklaz ve apatit gibi minerallerin kristal kafes yapısında yer alabileceğini gösterir. Berilyum elementinin eser miktarda olduğundan dolayı, fonolit ve pegmatit incekesitlerinde beril mineralleri gözlenememiş olup kimyasal analiz yöntemiyle saptanmıştır.



Şekil 4- Be ile ilişkili elementlerin korelasyon grafikleri.

Fonolitlerde berilyum içeren çözeltiler F ile birlikte alkali volkanizma ürünü olup, Be 9-31 ppm, F 260-440 ppm ve pegmatitlerde Be 4-17 ppm, F 300 ppm değerler vermesi Be ile F arasında pozitif korelasyonun ve kökensel bir ilişkinin varlığını gösterir. Berilyumun yüksek olduğu yerlerde F'un da yüksek olması, Florun çözelti fazından ayrılmasında reaktif olarak rol oynadığını ve berilyumun pnömatolitik ve hidrotermal çözeltiler içinde ayrılmasını kolaylaştırdığını göstermektedir. Be içeren mineraller, çözeltilerin pH, basınç, sıcaklık gibi özelliklerinin değişmesi veya

yan kayaçlarla etkileşimine bağlı olarak, $[\text{BeF}_4]^{2-}$, $[\text{BeF}_2]$, $[\text{BeF}_2]^\circ$, $[\text{Be}(\text{CO}_3)\text{F}]$ ve $[\text{Be}(\text{CO}_3)_2]^{2-}$ gibi komp-lekslerin bozunması sonucu oluşmaktadır (Gökçe, 2000). Magmanın kristallenmesi sırasında berilyum ya silikatlı minerallerin kafes yapısına girer veya artık çözeltiler içinde zenginleşir. Bunlardan hangisinin gerçekleşeceği mağma içindeki flor içeriğine, hidrostatik basınca, yan kayacın alkalinitesine ve diğer faktörlere bağlıdır. Böylece Be ya granitik pegmatitler içinde veya flor ile birlikte taşınarak hidrotermal oluşumlar ve greyzenler içinde gerçekleşir. İnceleme alanında-

ki fonolitler ile dokanağında oluşmuş olan Kızılcaören florlu barit yatağında F'un yüksek olması aynı volkanizmanın ürünü olduğunu gösterir. Dolayısıyla beril oluşumları köken olarak fonolitlere ve pegmatitlere bağlı olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde Belmont ve Capoeirana'daki (Minas Gerais, Brezilya) anatektik pegmatitlerle Cr'ca zengin ultrabazik kayaların metasomatik reaksiyonları sonucu Preinfalk ve Morteani (2002) tarafından da rapor edilmiştir. İnceleme alanındaki beril oluşumları, pegmatitlerle Cr'ca zengin ofiyolitik kayaların metasomatik reaksiyonu sonucu oluşmuş olabilir.

SONUÇLAR

1- Berilin zümrüt olarak varlığı Türkiye'de ilk defa Kaymaz (KB Sivrihisar- Eskişehir) bölgesindeki sedimanlarda mineralojik ve jeokimyasal olarak belirlenmiştir.

2- Beril minerallerinin optik özellikleri, hekzagonal prizmatik özşekilli kristalli, yeşil renkli olanları zümrüt, mavimsi yeşil olanları akuamarin, bazal dilinimli, ışığı kırma indisleri $n_o = 1.568$, $n_e = 1.584$, I. dizi girişim renklerinde, tek optik eksenli (-) olarak saptanmıştır. Ayrıca, beril kristalleri SEM de euhedral hekzagonal prizmatik şekillerde olduğu belirlenmiştir.

3- Berilyumun (F, Ba, Sr, U, Th, La, Nb, Sn, W) elementlerle pozitif korelasyon göstermesi berilyumun belirlenmesi ve kökeninin irdelenmesinde önemli verilerdir.

4- Jeokimyasal olarak berilyuma bağlı beril mineralleri, volkanizmaya bağlı hidrotermal ürünler olarak fonolitler ile pegmatitler ile ilişkilendirilmiştir.

KATKI BELİRTME

Bu makale ikinci ve üçüncü yazarların danışmanlığında yürütülmüş olan birinci yazara ait Yüksek Lisans tez çalışmasından üretilmiştir. Makalenin olgunlaşmasında değerli eleştirileriyle

katkı koyan Prof.Dr. Taner Ünlü, Doç.Dr.Sönmez Sayılı, Dr. Nejat Konak ve Dr. Eşref Atabey'e teşekkür ederiz.

Yayının verildiği tarih, 10 Şubat 2006

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akçay, M. 2002. Jeokimya temel kavramlar ve uygulamaya aktarımları. KTÜ yayınları, genel yayın no: 204, Fakülte Yayın No. 60, 506s.
- Akyol, A., İnan, K. ve Suner, F. 1985. Jeokimyaya giriş. İTÜ Kütüphanesi Sayı 1308, 666s.
- Boyle, R.W. 1974. Elemental association in mineral deposits and indicator elements of interest in geochemical prospecting. Energy, Mines and Resources Canada, Geological Survey Paper 74-45, 40s.
- Çelik, M. ve Karakaya, N. 1998. Sistematik mineraloji. Selçuk Üniversitesi, 434s.
- Gökçe, A. 2000. Maden yatakları. Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları no: 85, 335s.
- Gözler, M.Z., Cevher, F., Ergül, E. ve Asutay, H.J. 1996. Orta Sakarya ve güneyinin jeolojisi. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 9973, 87s. Ankara (yayımlanmamış).
- Krauskopf, K.B. 1979. Introduction to geochemistry. McGraw Hill Book Company. 617 s.
- Kulaksız, S. 1977. Sivrihisar kuzeybatı yöresinin jeolojisi. Hacettepe Üniversitesi, Doktora tezi. 200 s.
- _____, 1981. Sivrihisar kuzeybatı yöresinin jeolojisi. HÜ Yerbilimleri Dergisi, 8, 103-124.
- Marshall, D., Groat, L., Giuliani, G., Murphy, D., Mathey, D., Ercit, TS., Wise, MA., Wengzynowski, W. ve Eaton, WD. 2003. Pressure, temperature and fluid conditions during emerald precipitation, southeastern Yukon, Canada: fluid inclusion and isotope evidence. Chemical Geology, 194, (1-3), 187-199.

- Okay, A.I. 1984. Kuzeybatı Anadolu'da yer alan metamorfik kuşaklar. Ketin Sempozyumu, 83-92.
- Özgenç, İ. 1982. Kızılcaören köyü (Beylikahır- Eskişehir) fluorit- barit- bastneazit yatağının jenetik incelemesi. Ege Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi, Doçentlik tezi. 83 s.
- Preinfalk, K.,Y. ve Morteani, G. 2002. The pegmatites of the Nova Era-Itabira-Ferros pegmatite distict and the emerald mineralisation of Capoeirana and Belmont (Minas Gerais, Brazil): geochemistry and Rb - Sr dating. Journal of South American Earth Sciences, 14, 867-887.
- Romieux, J. 1942. Sivrihisar, Paşa dağları ve Emirdağları bölgelerinin jeolojisi hakkında rapor. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Rapor No:1431, Ankara (yayımlanmamış).
- Warner, L.A., Holser, W.T., Wilmoth, V.R. ve Cameron, E.N. 1959. Occurence of nonpegmatite beryllium in the United States. U.S. Geol.Survey Prof. Paper 318, 198s.
- Weingart, W. 1954. 56/2, 56/4 Sivrihisar ve 57/1, 57/3 Ankara paftalarının jeoloji haritası hakkında rapor. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 2248, Ankara (yayımlanmamış).
-

LEVHALAR

LEVHA I

Şekil 1- Granat glokofan şist (H1)

Çevresinde kloritleşme gösteren granat (gr) glokofanla (gl) birlikte yer alıyor. Tek nikol, Obx Ok= 5x10

Şekil 2- Epidotit (H7)

Epidot (ep), kalsit (ka) ile birlikte
Çift nikol, Obx Ok= 10x10

Şekil 3- Klorit lavsonit şist (H9)

Yapraksı kristaller halindeki klorit (kl), kısa prizmatik lavsonitle (lv) birlikte, Çift nikol, Obx Ok= 5x10

Şekil 4- Karaburunsivri fonolit (H18)

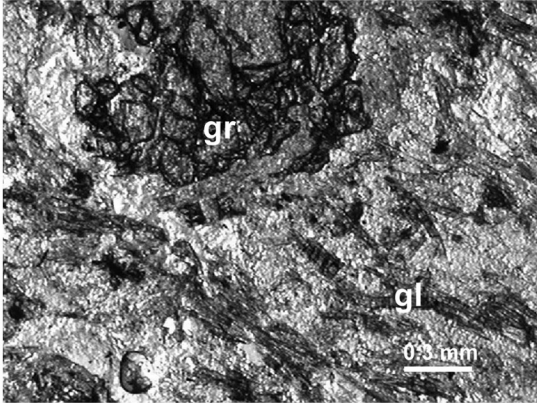
Hornblend (hnb), sanidin (sa) ve lösitle (lö)
Çift nikol, Obx Ok= 4x10

Şekil 5- Kocasivri fonolit (H28)

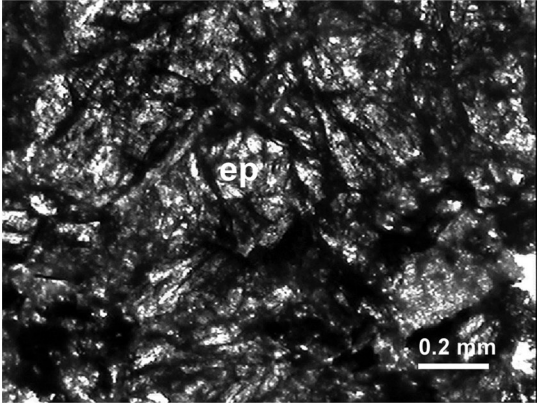
Hornblend (hnb) ve sanidin (sa) mineralleri
Tek nikol, Obx Ok= 4x10

Şekil 6- Pegmatit (H29)

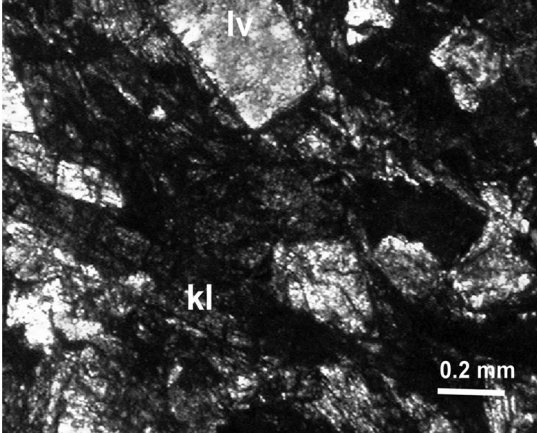
Ortoklasta (ort) Baveno ve Karsbad ikizi birarada görülüyor.
Çift nikol, Obx Ok= 5x10



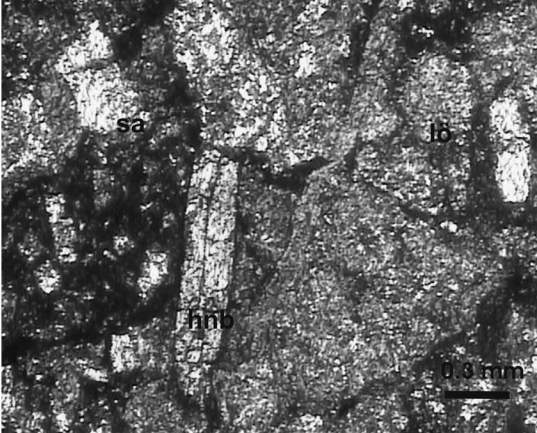
1



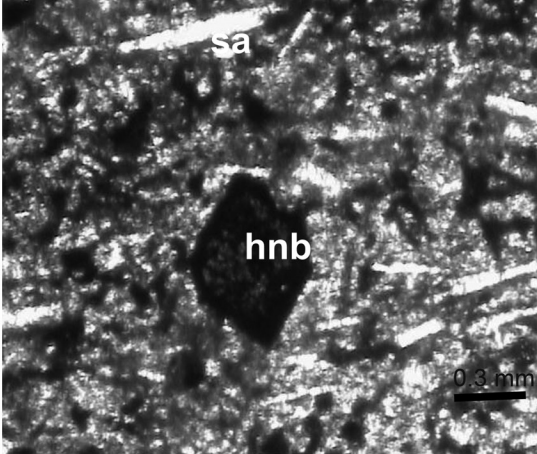
2



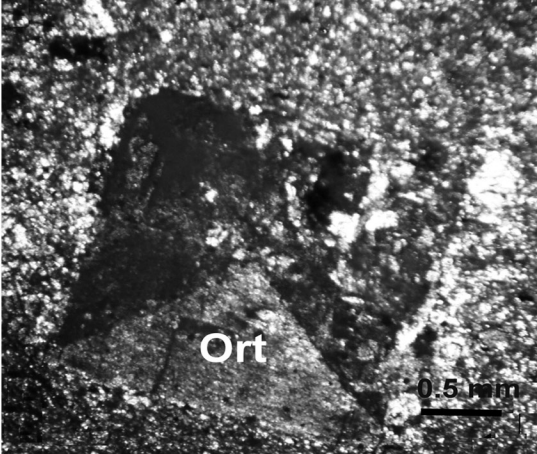
3



4



5



6

LEVHA II

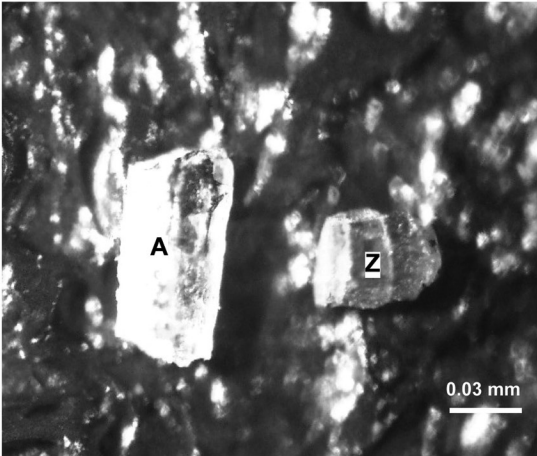
Şekil 1- Stereomikroskoptan çekilen soldaki akuamarin (A), sağdaki zümrüt (Z)
Kristali, büyütme = 35X

Şekil 2- Stereomikroskoptan üstten çekilen zümrüt fotoğrafı,
büyütme= 35x

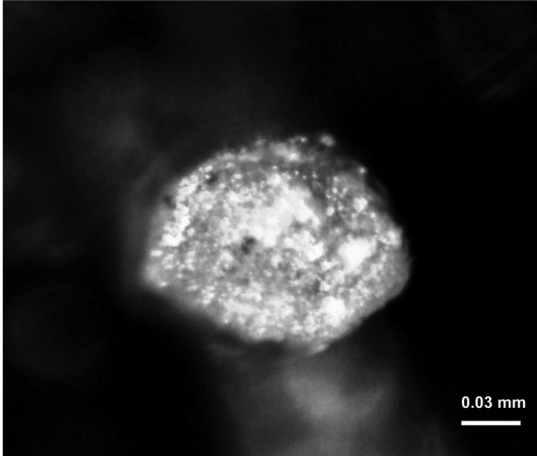
Şekil 3- Beril tanesinin 1.60 lık immersiyon sıvısında görünüşü

Şekil 4- Zümrüt tek nikol, Obx Ok= 5x8

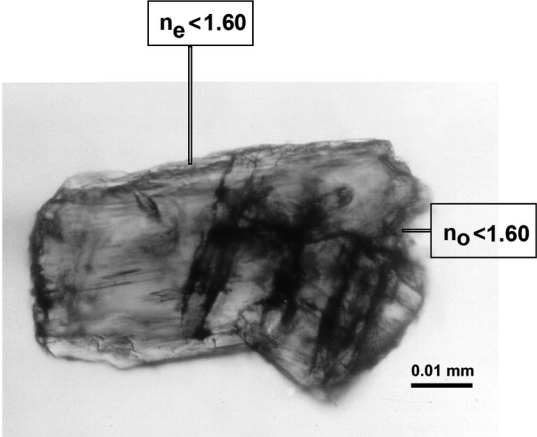
Şekil 5- Akuamarinde bazal dilinim (0001) görülmektedir.
Tek nikol, Obx Ok= 5x8



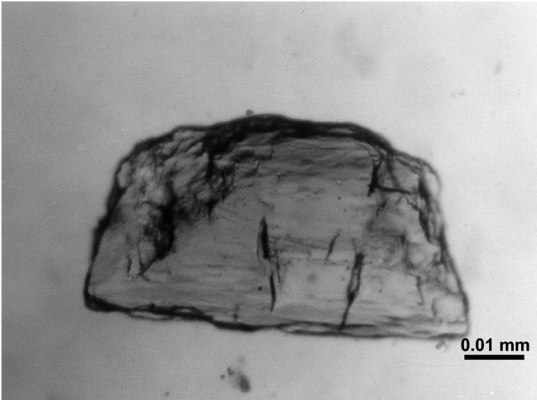
1



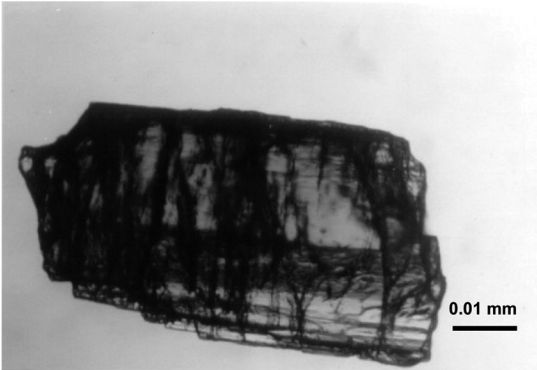
2



3



4

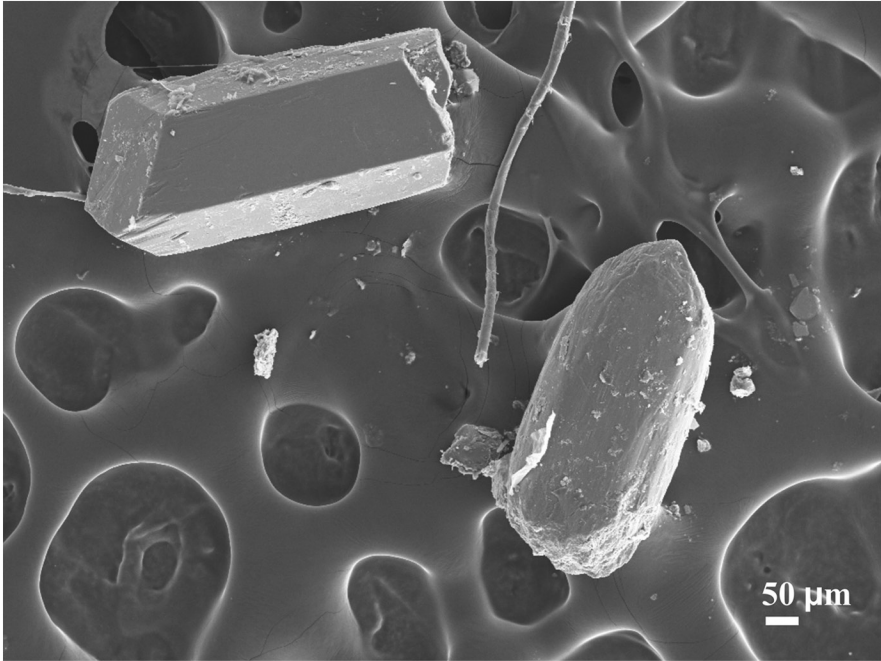


5

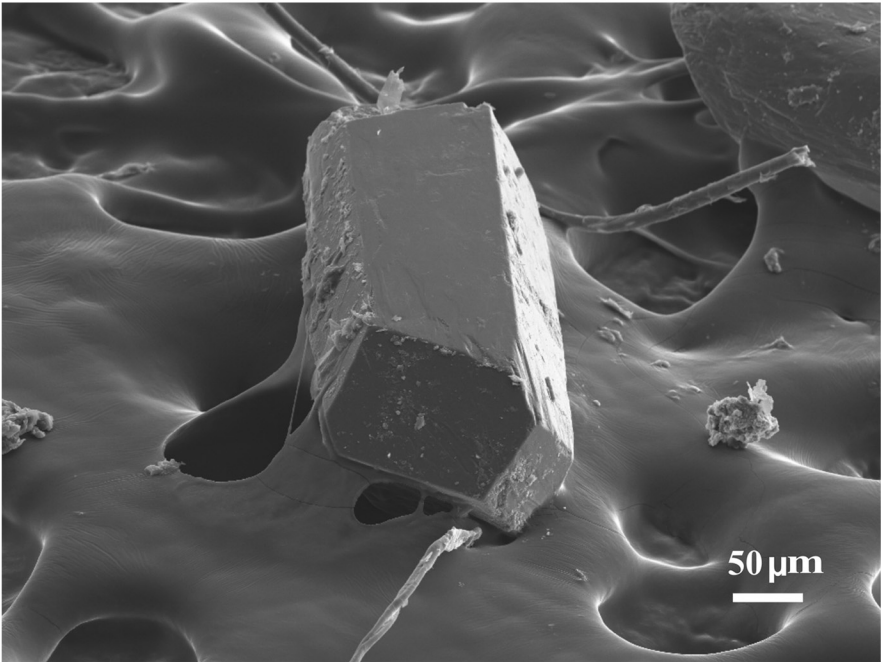
LEVHA III

Şekil 1- Beril kristallerinin genel görünümü

Şekil 2- Hekzagonal prizmatik beril kristalinin (0001) yüzeyinin görünüşü



1



2