

Doğu Pontidler'de porfiri Cu-Mo mineralleşmeleri içeren granitoidlerin jeokimyasal özellikleri

The geochemical characteristics of the granitoids bearing porphyry Cu-Mo mineralizations in Eastern Pontids

Bülent YALÇINALP Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon.

Öz

Doğu Pontidler'de yüzeylenen granitik kayalar Üst Kretase-Eosen yaşlı olup, genellikle kuzey kesimlerde kuvarslı diyorit-granodiyorit-granit ve tonalit bikişimlidir. Bu granitoidlere bağlı olarak çok sayıda porfiri bakır ve molibden mineralleşmesi oluşmuştur. Jeokimyasal incelemelerde bu kayaların I-tipinde ve kalk-alkalen karakterli oldukları ayrıca olgunlaşmakta olan bir ada yayı ortamını işaret ettikleri tesbit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Doğu Pontid, granitoid, porfiri Cu-Mo, jeokimya.

Abstract

Granitic rocks cropping out in the Eastern Pontids are of Upper Cretaceous-Eocene in age and generally have quartz diorite-granodiorite-granite and tonalite composition in the northern parts. A number of porphyry Cu and Mo mineralizations are formed in relation to these granitoids. Chemical investigations showed that these rocks are I-type with calc-alkali affinity. In addition they indicate an environment of island-arc which is gradually becoming mature.

Key Words: Eastern Pontid, granitoid, porphyry Cu-Mo, geochemistry.

GİRİŞ

Doğu Pontidler'deki ada yayı ortamında, özellikle Üst Kretase'de paroksimal evresini veren magmatizmaya bağlı olarak gelişen hidrotermal olaylar bir çok tipte maden yatağının oluşmasını sağlamıştır. Bölgenin hemen her kesiminde gözlenen damar tip Pb-Zn-Cu cevherleşmeleri ve dasitik volkanizmaya bağlı olarak gelişmiş çok sayıdaki masif sülfid yatakları bu magmatizmanın ürünüdür. Bölgede saptanan porfiri Cu-Mo mineralleşmeleri de, aynı magmatizmaya bağlı olarak Üst Kretase'den itibaren sokulum yapan granitik kayalara bağlı olarak oluşmuşlardır.

Bu çalışmada porfiri tip mineralleşmelerin içinde geliştiği granitoidlerin genel jeolojik yerleşimleri, petrografik ve petrokimyasal özellikleri incelenmiştir.

JEOLJİK YERLEŞİM

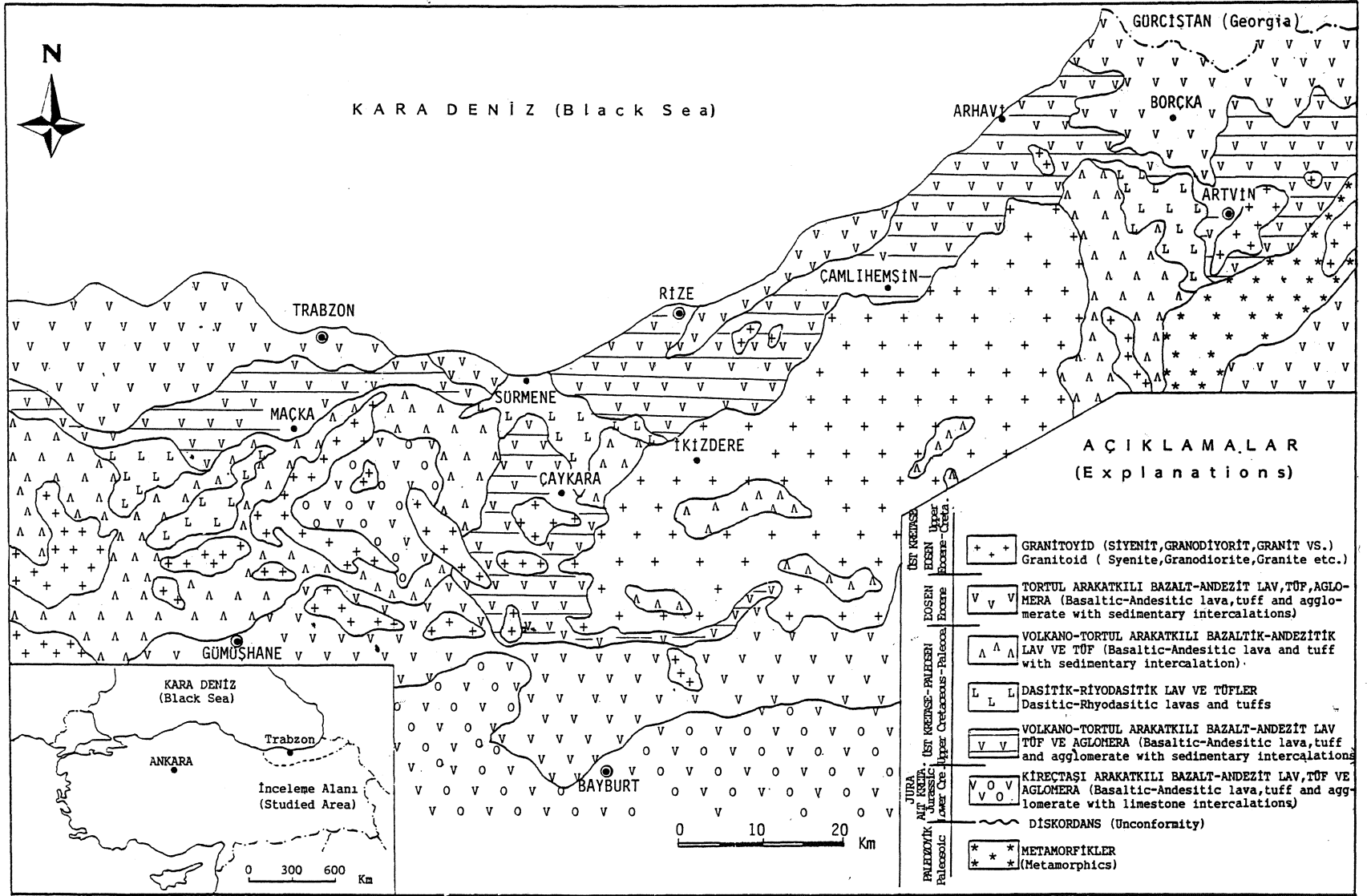
Doğu Pontid'lerin kuzey kesimini oluşturan inceleme alanının en yaşlı birimi, Artvin'in güney kesiminde yüzeylenen, mikaşist ve mermerlerden oluşan Paleozoik yaşlı metamorfik kayalardır (Şekil 1). Çalışma alanının dışında kalan Gümüşhane granitoidi de aynı yaştadır. Jura-Alt Kretase'de, bazaltik-andezitik lav, tüf, aglomeralar ve nisbeten üst seviyelerinde kristalize kireçtaşı seviyeleri gözlenir. Üst Kretase yaşlı ve geniş

alanlar kaplayan bazaltik-andezitik bilimler volkanotortul kayalarla arakatlı olarak buluntu*. Bölgedeki masif sülfid cevherleşmelerini içeren dasitik-riyodasitik kayalar da Üst Kretase yaşındadır. Bu kayaların üzerine Paleosen'e geçiş gösteren tortul arakatlı bazaltik-andezitik birimler gelmektedir. Bölgedeki Eosen volkanitleri de bazaltik-andezitik karakterdeki volkanitlerden ve tortul kayalardan oluşmuştur (Şekil 1). Doğu Pontidler'de yüzeylenen ve porfiri mineralleşmeleri içeren granitik kayalar, Üst Kretase-Eosen yaşlı çok geniş alanlar kaplayan granitoid kayalar olup, "Rize plütönu" olarak adlandırılan ve büyük bir batolit konumunda olan yüzlele birlikte daha küçük plütönlere şeklinde Artvin-Arhavi-Yolgeçen, Rize-Avup Dağı, Trabzon-Zigana ve Gümüşhane-Torul mevkiilerinde gözlenirler (Şekil 2).

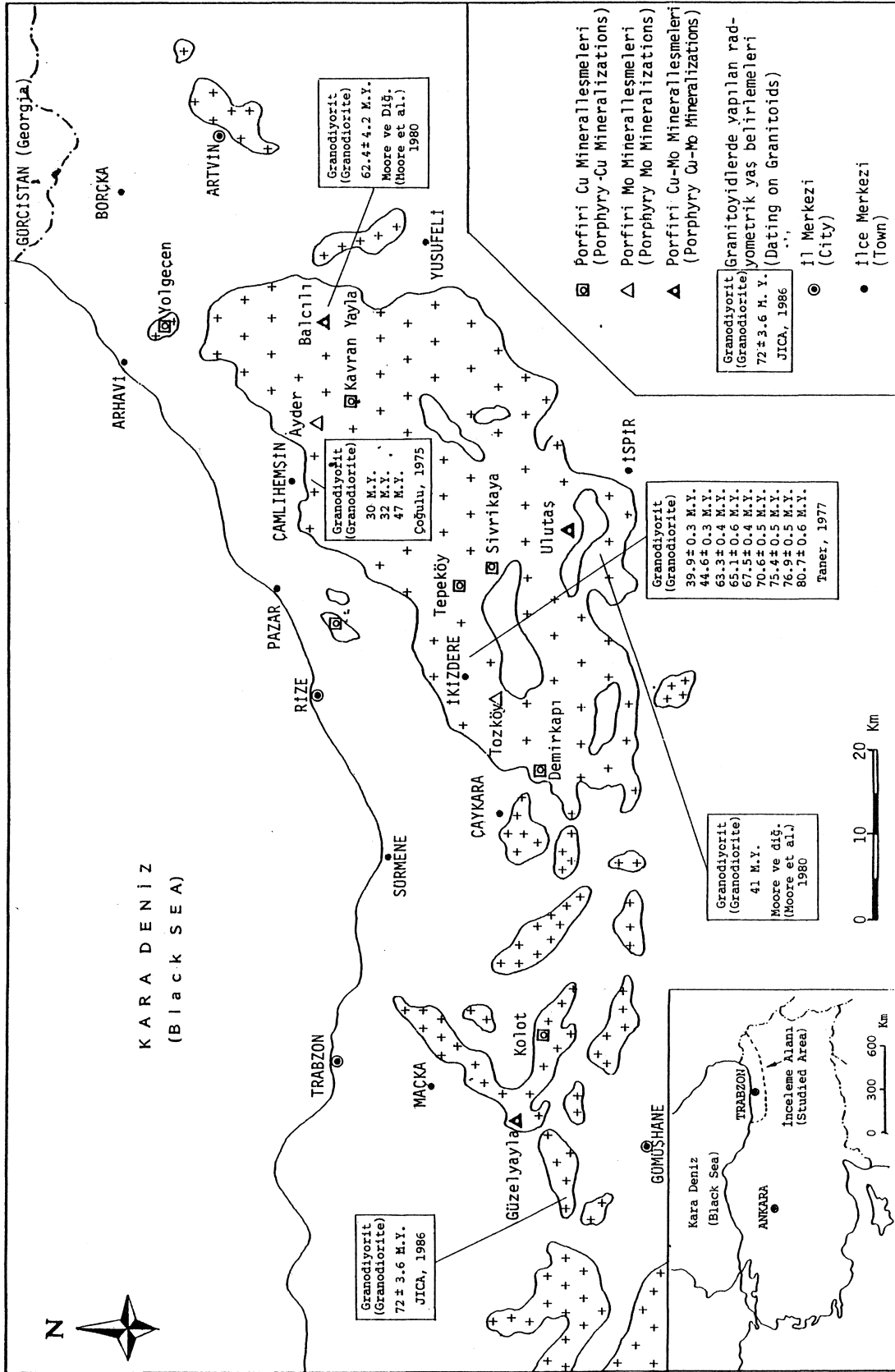
Rize plütönu, İkizdere, Çamlıhemşin, Yusufeli ve İspir yörelerini içine alan çok büyük bir granitoid topluluğu olup, Jura, Üst Kretase ve Paleosen yaşlı birimleri keserek yer yer dokanak metamorfizmasına uğratmıştır. Bu plütönu oluşturan kayaların cinsleri genellikle kuzey kesimlerde kuvarslı diyorit-granodiyorit-granit ve tonalit, güney kesimlerde ise gabro-siyenogabrosiyenit ve monzonit karakterindedir. Plütönün çeşitli mevkiilerinde Çoğulu (1975), Taner (1977), Moore ve diğerleri (1980) ve JICA (1986) tarafından yapılan rad-

Şekil 1. Doğu Pontidlerin sadeleştirilmiş jeolojî haritası.

Figure 1. Simplified geological map of the Eastern Pontids.



DOĞU PONTİTLERDE PORFİRİ Cu-Mo



Şekil 2. Doğu Pontidler'deki porfiri Cu ve Mo mineralleşmeleri içeren granitik kayaçların dağılımı.

Figure 2. Distribution of the granitic rocks associated with porphyry Cu and Mo mineralizations in Eastern Pontides.

yometrik yaş tayinleri sonucunda (Şekil 2), granitoidlerin genellikle Üst Kretase'den itibaren sokulum yapmaya başlamış oldukları anlaşılmaktadır. Diğer küçük granitoid yüzlekleri ise genellikle kuvarslı diyorit, granodiyorit ve granit bileşimli olup, Rize plütunu'yla aynı yaşta oldukları kabul edilmektedir.

PORFİRİ MİNERALLEŞME İÇEREN GRANİTOYİDLERİN PETROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

İnceleme alanında mostra veren granitik kayalarından çok sayıda profil alınarak porfiri mineralleşme içeren kesimler tesbit edilmiştir (Şekil 2). İncelenen mineralleşme sahalarının mineralojik ve petrografik özellikleri Tablo 1'de özetlenmiştir. Alınan çok sayıda örnekten gerçekleştirilen petrografik incelemelerin yanı sıra Artvin - Arhavi - Yolgeçen, Rize - Pazar - Avup dağı, Rize - Çamlıhemşin - Ayder Yayla, Rize - İkizdere - Çimil Dere ve Trabzon - Maçka - Hamsiköy mineralizasyon yörelerinden derlenen toplam 23 adet granitoid örneğinin KTÜ, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında ana ve iz element analizleri yapılmıştır (Tablo 2). Na₂O, MgO, FeO ve Fe₂O₃ haricindeki silikat analizleriyle iz element analizleri XRF, Na₂O ve MgO analizleri AAF, FeO ve Fe₂O₃ analizleri ise yaş kimyasal yöntemle yapılmıştır.

Ana elementlerden SiO₂, Na₂O, K₂O ve CaO ilişkileri granitoidlerin sınıflandırılmasında önemli rol oy-

narlar. Örnekleri, magmatik serileri alkali, kalkalkali, alkali-kalsik ve kalsik olarak sınıflayan Peacock (1931) diyagramına uyarladığımızda kalk-alkali alanına düştükleri görülmektedir (Şekil 3). AFM diyagramı da (Kuno, 1969) granitoid örneklerimizin kalk-alkali karakterde olduklarını desteklemektedir (Şekil 4). Chappel ve White (1974)'e göre, kısmi ergime sırasında S-tipi, granitoidlerde Na'nın azalmasına karşılık K artmaktadır. I-tipi granitoidlerde ise bu oran tamamen terstir. Yani Na/K oranı daha yüksektir. Yazarların bu jeokimyasal verilerine göre Aykol ve Tokel (1991)'in geliştirdikleri K₂O ve Na₂O diyagramında porfiri cevherleşme içeren sahalara ait granitoid örneklerinin tümü I-tipi granit alanına düşmektedir (Şekil 5).

Bölümsel ergime sırasında diğer elementlerden farklı davranarak oluşan ergiyiğe ilk geçen uyumsuz elementlerin, kondritlere oranla, yeni oluşturdukları formasyonlardaki derişimlerinin kaç defa zenginleştiğini ortaya koymak amacıyla iz elementlerden Rb, Sr, Zr, Y, Ba, La, Ce analizleri yapılmış ve bunlar K, Ti, P elementleriyle birlikte kondritlerdeki ana değerlere oranlanmıştır. Brown ve diğerlerinin (1984) geliştirmiş olduğu diyagrama uyarlandığında normal ada yayı alanına düştükleri görülür (Şekil 6). Fosfor (P) değerindeki negatif anomali ise, bu elementin uçucu bileşenler fazında kaybolduğu veya hidrotermal ayrışmaya bağlı olarak fakirleştiği şeklinde açıklanabilir.

Tablo 1. Doğu Pontidlerdeki porfiri Cu ve Mo mineralleşmelerinin genel özellikleri.

Table 1. General characteristics of the porphyry Cu and Mo mineralizations in Eastern Pontides.

Mevki Locality	Mineralleşmenin Cinsi Mineralization	Ayrışmanın Cinsi Alteration	Ana Kayacık Host Rock
Trabzon-Maçka-GÜZELYAYLA	Cu, Mo, Pirit (Pyrite)	Potassik, Fillik, Propilitik (Potassic, Phyllic, Propylitic)	Kuvarslı Mikrodiorit (Quartz Microdiorite)
Gümüşhane-KOLOT HANI	Cu, Pirit (Pyrite)	Fillik (Phyllic)	Granodiyorit (Granodiorite)
Trabzon-Çaykara-DEMİRKAPI	Cu, Pirit (Pyrite)	Fillik, Propilitik (Phyllic, Propylitic)	Granit, Granodiyorit (Granite, Granodiorite)
Rize-İkizdere-TOZKÖY	Mo, Pirit (Pyrite)	Fillik, Arjilik (Phyllic, Argilic)	Granodiyorit (Granodiorite)
Rize-İkizdere-TEPEKÖY	Cu, Mo, Pirit (Pyrite)	Fillik, Propilitik (Phyllic, Propylitic)	Granodiyorit (Granodiorite)
Rize-İkizdere-SİVRİKAYA	Cu, Pirit (Pyrite)	Fillik, Arjilik (Phyllic, Argilic)	Kuvarslı Diyorit (Quartz Diorite)
Rize-Pazar-AVUP DAĞI	Cu, Pirit (Pyrite)	Fillik, Propilitik (Phyllic, Propylitic)	Kuvarslı Diyorit (Quartz Diorite)
Rize-Çamlıhemşin-AYDER YAYLA	Mo, Pirit (pyrite)	Potassik, Fillik, Arjilik (Potassic, Phyllic, Argilic)	Granodiyorit (Granodiorite)
Rize-Çamlıhemşin-KAVRAN YAYLA	Cu, Pirit (pyrite)	Fillik (Phyllic)	Granodiyorit, Granit (Granodiorite, Granite)
Rize-Arhavi-YOLGEÇEN	Cu, Pirit (Pyrite)	Fillik, Arjilik, Propilitik (Phyllic, Argilic, Propylitic)	Granodiyorit, Kuvarslı Diyorit (Granodiorite, Quartz Diorite)
Artvin-Yusufeli-BALCILI	Cu, Mo, Pirit (Pyrite)	Potassik (Potassic)	Granodiyorit (Granodiorite)
Erzurum-İspir-ULUTAŞ	Cu, Mo, Pirit (pyrite)	Fillik (Phyllic)	Monzonit, Kuvarslı Diyorit (Monzonite, Quartz Diorite)

DOĞU PONTİTLERDE PORFİRİ Cu-Mo

Pearce ve diğerleri (1984), çeşitli tektonik ortamlarda oluşan granitoidlerdeki uyumsuz büyük iyon çaplı litofil elementlerle, (LIL) uyumlu kalıcı elementlerin (HFS) karşılıklı ilişkilerini incelemişlerdir. Bu elementler içinde en önemlileri Rb, Nb ve Y dir. Rb, volkanik yay gnnitoidleri ile çarpışma granitoidleri arasında ayırtman özelliğe sahiptir. Pearce ve diğerleri (1984)'nin geliştirmiş olduğu Rb-SiO₂ diyagramında,

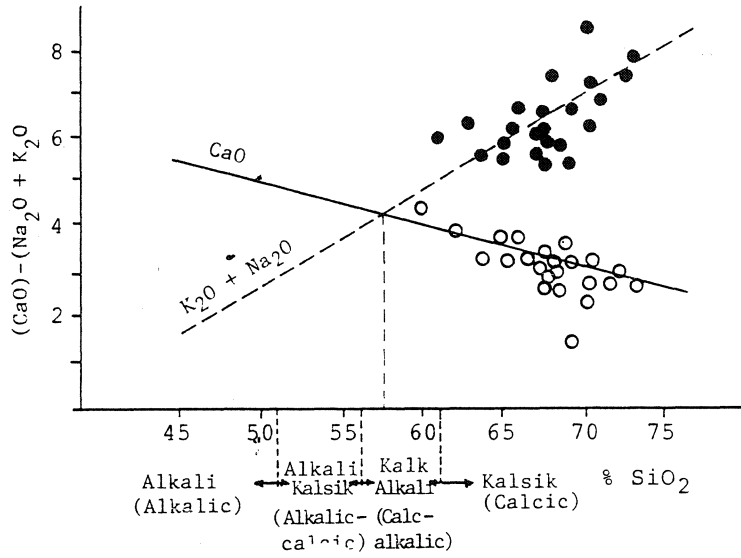
bölge örneklerinin tümü volkanik yay granitoidleri (VAG) alanındadır (Şekil 7). Aynı yazarlara ait Nb-Y ve Rb- (Nb+Y) diyagramlarında da, yine tüm granitoid örneklerinin volkanik yay granitoidleri alanına düştüğü izlenmektedir (Şekil 8 ve 9).

Ada yayının olgunlaşma derecesini ortaya koyan Brown ve diğerlerine (1984) ait Rb/Zr-Y ve Rb/Zr-Nb diyagramlarında, örneklerin, ilkselden normal ada yayı-

Tablo 2. Doğu Pontid granitoidlerinden alınan bazı kayac örneklerin ana ve iz element analiz değerleri. AY-(1, 2, 3, 4): Çamlıhemşin-Ayder Yayla, AV-(1, 2, 3): Pazar-Avup Dağı, İK-(1, 2, 3): İkizdere yöresi, YG-(1, 2, 3): Arhavi-Yolgeçen yöresi, GY-(7, 9, 13, 14, 19, 28, 30, 32, 36, 44): Maçka-Güzelyayla yöresi (AK=Ateşte kayıp).

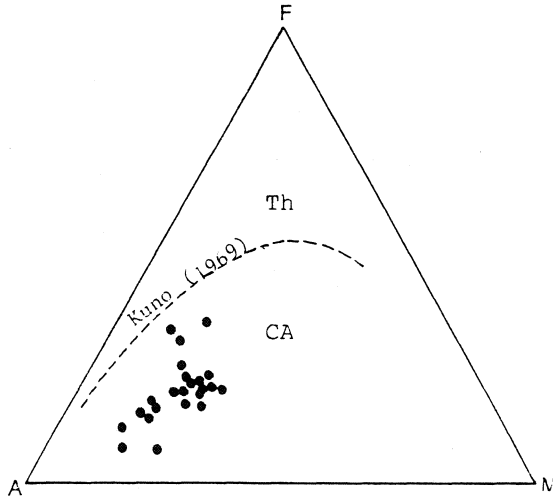
Table 2. Major and trace element analysis results of the selected samples taken from the Eastern Pontid granitoids. AY-(1, 2, 3, 4): Çamlıhemşin-Ayder Yayla area, AV-(1, 2, 3): Pazar-Avup Dağı area, İK-(1, 2, 3): İkiz dere area, YG-(1, 2, 3): Arhavi-Yolgeçen area, GY-(7, 9, 13, 14, 19, 28, 30, 32, 36, 44): Maçka-Güzelyayla area (LI=Loss on ignition).

	AY-1	AY-2	AY-3	AY-4	AV-1	AV-2	AV-3	İK-1	İK-2	İK-3	YG-1	YG-2
SiO ₂ %	68.08	67.54	68.25	66.92	69.87	68.45	70.04	73.58	70.72	73.05	61.34	62.48
TiO ₂	0.40	0.38	0.38	0.42	0.32	0.34	0.30	0.24	0.26	0.22	0.30	0.28
Al ₂ O ₃	16.15	15.12	17.44	15.84	13.68	15.12	13.00	11.85	13.08	13.06	17.89	16.97
Fe ₂ O ₃	1.27	0.88	1.04	0.92	0.75	0.82	0.86	0.35	0.42	0.45	2.08	2.02
FeO	2.76	1.91	2.26	2.00	1.63	1.83	1.87	0.76	0.88	0.97	4.52	4.39
MnO	0.18	0.15	0.20	0.12	0.10	0.15	0.14	0.08	0.08	0.10	0.13	0.12
MgO	1.90	2.10	2.16	2.25	1.83	1.97	2.05	2.41	1.81	1.18	1.96	2.00
CaO	2.32	3.02	2.57	2.96	1.76	2.05	3.03	2.32	2.16	2.89	1.15	3.86
Na ₂ O	3.88	3.47	2.98	3.79	3.64	4.46	5.92	4.66	4.02	3.48	5.64	3.53
K ₂ O	1.94	4.20	1.90	2.86	4.68	3.77	2.04	3.54	4.89	3.00	2.58	2.99
P ₂ O ₅	0.16	0.09	0.12	0.10	0.08	0.08	0.10	0.05	0.03	0.06	0.12	0.08
AK/LI	1.14	1.12	1.02	1.06	0.98	1.05	1.18	0.84	0.90	1.02	0.95	1.00
TOPLAM	100.62	99.98	100.32	99.24	99.32	100.09	100.53	100.68	99.25	99.48	99.66	99.39
Rb ppm	108	116	120	112	82	85	94	105	102	96	80	82
Zr	202	157	148	136	100	175	162	160	178	117	156	103
Sr	378	295	306	300	284	266	297	312	308	330	286	299
Nb	22	30	27	26	14	30	12	10	12	18	16	13
Y	27	30	42	28	12	18	10	32	30	45	28	38
Ba	558	736	660	704	921	877	714	689	842	916	648	1002
Ce	68	72	63	30	44	36	48	83	76	80	89	73
La	3	4	3	5	5	4	6	4	4	6	3	3
	YG-3	GY-7	GY-9	GY-13	GY-14	GY-19	GY-28	GY-30	GY-32	GY-36	GY-44	
SiO ₂ %	65.36	67.74	67.79	70.44	65.45	66.26	69.30	68.11	69.22	69.13	65.71	
TiO ₂	0.30	0.35	0.38	0.38	0.33	0.43	0.43	0.36	0.41	0.40	0.38	
Al ₂ O ₃	15.84	17.63	17.94	16.26	18.05	17.94	16.55	17.13	18.27	16.86	18.29	
Fe ₂ O ₃	2.00	0.59	0.55	0.56	0.58	0.58	0.53	0.53	0.63	0.59	0.54	
FeO	4.30	1.26	1.17	1.18	1.24	1.23	1.14	1.14	1.33	1.25	1.15	
MnO	0.10	0.17	0.07	0.10	0.14	0.08	0.10	0.08	0.12	0.09	0.02	
MgO	2.12	2.31	2.41	2.05	2.70	1.98	2.18	2.01	2.20	2.11	2.10	
Cs ₂ O	2.85	3.41	2.84	3.37	3.77	3.80	3.51	2.26	1.36	3.27	3.25	
Na ₂ O	3.12	3.37	3.13	3.37	3.20	3.80	3.16	3.37	3.37	3.40	4.04	
K ₂ O	2.42	1.97	2.43	2.92	2.09	2.80	2.72	2.89	3.04	2.29	2.07	
P ₂ O ₅	0.10	0.09	0.08	0.12	0.14	0.16	0.05	0.09	0.07	0.08	0.13	
AK/LI	0.86	1.95	1.86	0.88	2.05	1.72	0.96	0.83	2.00	1.86	2.24	
TOPLAM	99.37	100.84	100.60	100.26	99.74	100.88	100.63	99.40	100.20	101.33	99.92	
Rb ppm	85	69	78	103	75	105	104	106	104	98	83	
Zr	92	203	203	207	210	210	205	203	199	217	218	
Sr	285	284	323	294	307	332	296	318	283	339	728	
Nb	20	11	14	13	10	9	22	16	28	19	8	
Y	26	28	28	39	33	39	39	39	33	21	21	
Ba	596	1358	1205	1194	1252	1358	1229	1112	1416	1336	912	
Ce	68	15	43	70	103	81	21	21	54	86	59	
La	5	4	7	8	9	5	3	2	5	6	5	



Şekil 3. Doğu Pontid granitoidlerinden alınan bazı kayaç örneklerinin alkali-kalsiyum ilgisinin Peacock (1931) diyagramında gösterilişi.

Figure 3. Alkali-Lime relation of the selected samples taken from the Eastern Pontid granitoids, based on the Peacock diagram (1931).



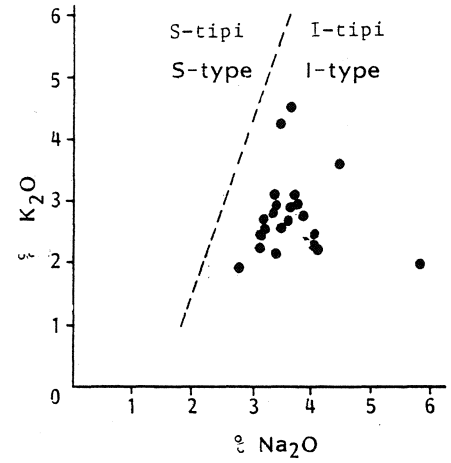
Şekil 4. Doğu Pontid granitoidlerinden alınan bazı kayaç örneklerinin AFM diyagramında (Kuno 1969) dağılımı. (Th= Toleyitik, CA=Kalk-alkali).

Figure 4. AFM plots (Kuno 1969) of the selected samples taken from the eastern Pontid granitoid samples. (Th=Tholeiitic, CA=Calc-alkali).

na doğru olgunlaşan bir yay ortamını işaret ettiği görülmektedir (Şekil 10).

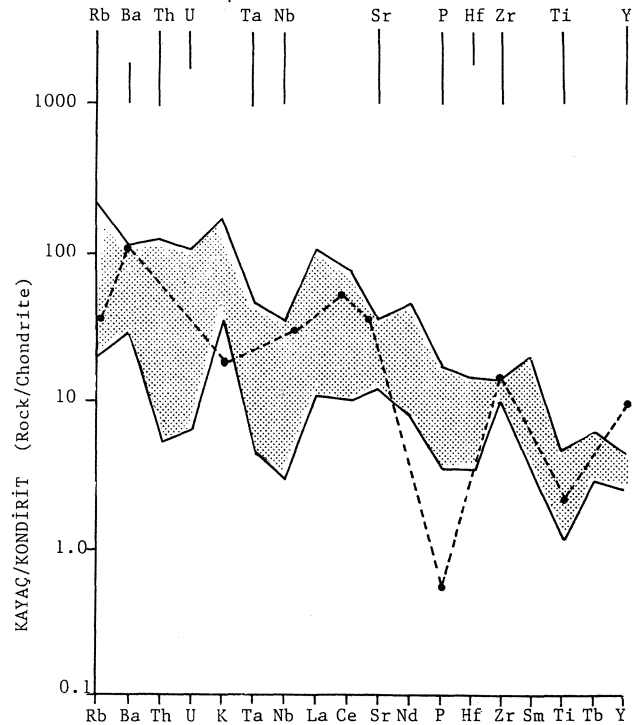
SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Porfiri Cu-Mo yataklarının bölgesel konumuyla plaka tektoniği ve buna bağlı olarak gelişen kalkalkali magmatizma arasında sıkı bir ilişki vardır (Sawkins, 1972; Mitchell ve Bell, 1973). Sillitoe (1972)'ya göre porfiri bakır ve molibden yataklarının bulunduğu kıta kenarları ve ada yaylarında genellikle kalkalkali volkanizma etkindir. Porfiri tip cevherleşmeler, ortaç bile



Şekil 5. Doğu Pontid granitoidlerinden alınan bazı kayaç örneklerinin K_2O-Na_2O diyagramında dağılımı (Aykol ve Tokel 1991). Ayırım hattı Chappel ve White (1974)'ın verilerine dayandırılmıştır.

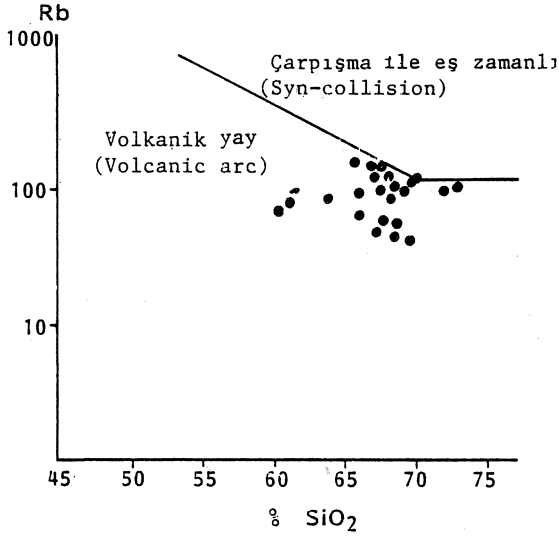
Figure 5. Selected samples taken from the Eastern Pontid granitoids plotted on the K_2O-Na_2O diagram Aykol and Tokel (1991). Dashed line based on the criteria of Chappel and White (1974).



Şekil 6. Kondrite göre normalleştirilmiş iz elementlerin Doğu Pontid granitoidlerine göre yönseme diyagramı (Brown ve diğ., 1984). Noktalı alan genç ve normal ada yayı aralığını göstermektedir.

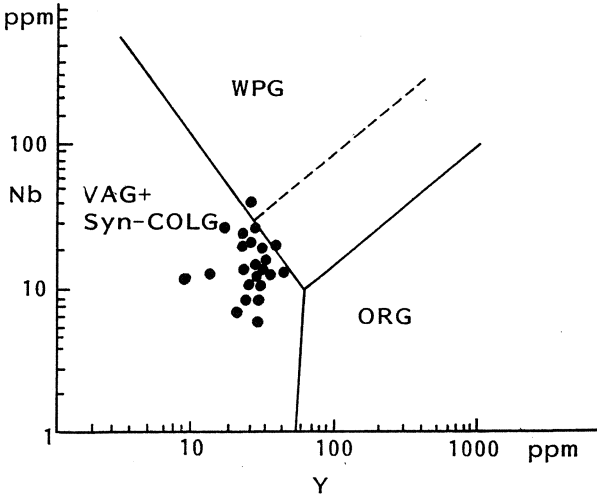
Figure 6. Chondrite-normalized trace elements pattern for Eastern Pontid granitoids (Brown et al. 1984). Stippled area represents the range of primitive and normal arcs.

DOĞU PONTİTLERDE PORFİRİ Cu-Mo



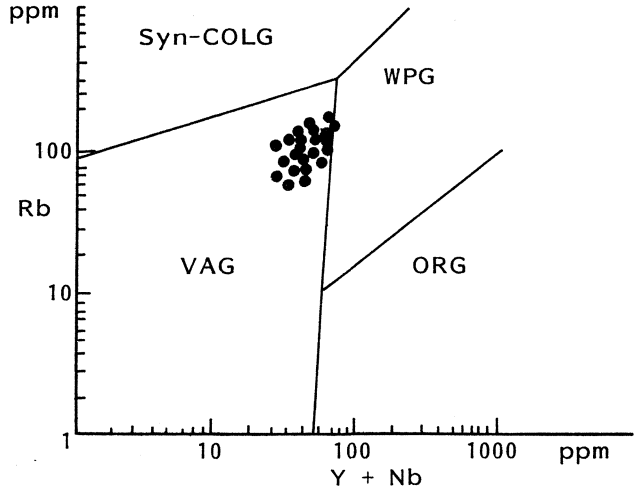
Şekil 7. Doğu Pontid granitoidlerinden alınan bazı kayalık örneklerinin Rb- SiO₂ diyagramında (Pearce ve diğ., 1984) dağılımı.

Figure 7. Selected samples taken from the Eastern Pontid granitoids plotted on the Rb-SiO₂ diagram (Pearce et al. 1984).



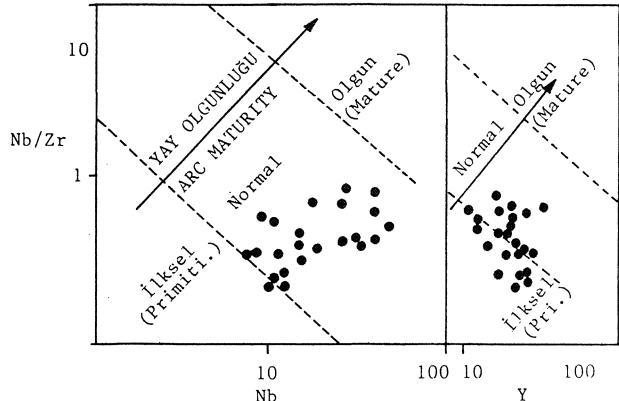
Şekil 8. Doğu Pontid Granitoidlerinden alınan bazı kayalık örneklerinin Nb-Y diyagramında dağılımı (Pearce ve diğ. 1984). (WPG=plaka ortası granitoidler, ORG=Okyanus sırtı granitoidleri, VAG=Volkanik yay granitoidleri, Syn - COLG = Çarpışma ile eş zamanlı granitoidler).

Figure 8. Selected samples taken from the Eastern Pontid granitoids plotted on the Nb-Y diagram (Pearce et al. 1984). (WPG=Within plate granitoids, ORG=Ocean ridge granitoids, VAG= Volcanic arc granitoids, Syn-COLG=Syn-collision granitoids).



Şekil 9. Doğu Pontid granitoidlerinden alınan bazı kayalık örneklerinin Rb-Nb+Y diyagramında (Pearce ve diğ., 1984) dağılımı (Simgeler Şekil 7'de açıklanmıştır).

Figure 9. Selected samples taken from the Eastern Pontid granitoids plotted on the Rb-Nb+Y diagram (Pearce et al., 1984). (Symbols are explained on figure 7).



Şekil 10. Doğu Pontid granitoidlerinden alınan bazı kayalık örneklerinin yay olgunluğunu veren diyagramlarda (Brown ve diğ., 1984) dağılımı.

Figure 10. Selected samples taken from the Eastern Pontid granitoids plotted on the diagrams indicating arc maturity (Brown et al., 1984).

şimli plutonların kubbe biçimindeki üst kısımlarında bulunur. Bakır ve molibdenin 1.5 km den daha az olan yüzeye yakın kesimlerde birikmesi, Mesozoyik-Senozoyik orojenik kuşaklarındaki kalk-alkali magmatizmanın normal bir sonucudur. Pontid Tektonik Birliği de ada yayı ortamında gelişmiştir. Pontid Kuzey Zonu'ndaki plutonik kayalar kalkalkali karakterdedir (Tanner, 1977; Gedikoğlu, 1978; Tokel, 1981; Van, 1990; Aykol ve Tokel 1991; Yalçınalp, 1992). Bu zondaki porfiri tip mineralleşme içeren granitoidlerden yapılan jeokimyasal incelemeler, bunların I-tipinde ve kalkalkali karakterde olduklarını ve olgunlaşmakta olan bir

ada yayı ortamını işaret ettiğini göstermektedir. Bu nedenle, bölgede, Üst Kretase ve daha genç yaştaki granitoid sokulumlarının nisbeten yüzeye yakın kesimlerinde (epizon) yerleşmiş olanlarında yapılacak detaylı jeolojik ve jeokimyasal araştırmalarla, daha bir çok porfiri bakır ve molibden cevherleşmesi ortaya çıkartılacaktır.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Aykol, A., ve Tokel, S., 1991, The geochemistry and tectonic setting of the Demirköy pluton of the Srednogorie-Istranca granitoid chain, NW Turkey, Min. Magazine, 55, 249-256.
- Brown, G.C., Thorpe, R.S., and Webb, P.C., 1984, The Geochemical Characteristic of Granitoids in Contrasting Arc and Comments on Magma Source: Jour. Geol. SocLon., 141,413-426.
- Chappel, B.W. and White, A.J.R., 1974. Two Contrasting Granite Types: Pasific Geol., 8, 173-174.
- Çoğulu E., 1975, Gümüşhane ve Rize Bölgelerinde Petrografik ve Jeokronolojik Araştırmalar: I.T.Ü Kütüphanesi, 1034, 112 s. istanbul.
- Gedikoğlu, A., 1978, Harşit Granit Karmaşığı ve Çevre Kayaları: Doçentlik Tezi, K.T.Ü. Yer Bil. Fak. Trabzon. 185 s. (Yayımlanmamış).
- JICA, 1986, The Republic of Turkey report on the cooperative mineral exploration of Gümüşhane area, consolidated report, Japan Inter. Coop. Agency. 147 s. (Yayımlanmamış).
- Kuno, H., 1969, Differentiation of Basalt Magma, Interscience Basalts. 2. 623-688.
- Mitchell, A.H., Bell, J.D., 1973, Island-Arc Evolution and Related Mineral Deposits: Jour. Geol. 81, 381-405.
- Moore, M. J., Me Kee, E.H. ve Akıncı, Ö., 1980, Chemistry and Chronology of Plutonic Rocks, in the Pontid Mountains, Northern Turkey: European Cooper Deposits, 209-216, Belgrade.
- Peacock, M.A., 1931, Classification of the Igneous Rock Series: Jour. Geol. 39, 54-79.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W., and Tindle, A.G., 1984 Trace Elements Discrimination Diagram for the Tectonic Interpretation of Granitic Rock: Journal of Petrology, 25/4, 956-983.
- Sawkins, F.J., 1972, Sulfide Ore Deposits in Relation to Plate Tectonics, Jour. Geol., 80, 377-397.
- Sillitoe, R.H., 1972, A Plate Tectonic Model for the Origin of Porphyry Copper Deposits: Econ. Geol. 67, 184-197.
- Taner, M.F., 1977, Etude Géologique et Petrographique de la Region de Güneşce-Ikizdere Situé au sud de Rize (Pontid Orientales, Turquie): Doktora Tezi, Genève Üniv. 180 s. (Yayımlanmamış).
- Tokel, S., 1981, Plaka Tektoniğinde Magmatik Yerleşimler ve Jeokimya, Türkiye'den örnekler: Yeryuvarı ve İnsan, 6/3-4, 55-65.
- Van, A., 1990, Pontid Kuşağında Artvin Bölgesinin Jeokimyası, Petrojenezi ve Masif Sülfid Mineralizasyonları: Doktora Tezi, K.T.Ü. Jeol.Böl. Trabzon. 220 s. (Yayımlanmamış).
- Yalçınalp, B., 1992. Güzelyayla (Maçka-Trabzon) Porfiri Cu-Mo Cevherleşmesinin Jeolojik Yerleşimi ve Jeokimyası: Doktora Tezi, K.T.O. Jeol. Böl. Trabzon. 175 s. (Yayımlanmamış).