



Tumanpınarı (Balıkesir-Dursunbey) Fe-Mn cevherleşmesinin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri

Geological, mineralogical and geochemical characteristics of Tumanpınarı Fe-Mn deposit, Dursunbey, Balıkesir

Ali Haydar GÜLTEKİN İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 80626 Maslak-İstanbul
Yüksel ÖRGÜN İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 80626 Maslak-İstanbul
Fuat YAVUZ İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 80626 Maslak-İstanbul

Öz

Tumanpınarı cevherleşmesi, Dursunbey'in yaklaşık 35 km batısında volkanik kayalar içinde oluşmuş damar şekilli hidrotermal bir Fe-Mn mineralizasyonudur. Çalışılan alanın başlıca jeolojik birimlerini Batı Anadolu'da oldukça geniş alanlar kaplayan Miyosen yaşlı kalkalkali volkanizmanın bir ürünü olan andezitler oluşturur. Yatakta ilk hidrotermal aktivite silisleşme, hematitleşme, killeşme ve karbonatlaşma şeklinde azalan yoğunluklarda izlenen dört farklı hipojen alterasyona yol açmıştır. Cevherleşme, kuvars merclekleri içindeki çatlak ve boşluklarda oluşmuş Fe ve Mn minerallerinden açıkça anlaşılacağı üzere hidrotermal alterasyon sonrası gelişmiştir. Başlıca cevher minerallerini pirolusit, psilomelan, hematit ve manyetit oluşturur. Bu minerallere değişen oranlarda manganit, polianit, braunit, bixsibit, limonit ve götit eşlik eder. Mineralojik yönden sadece pirolusit, pirolusit+psilomelan ve egemen pirolusitli psilomelan+hematit+barit+limonit şeklinde olmak üzere üç farklı cevherleşme tipi içeren yatağın ortalama Fe₂O₃ içeriği % 27.98, MnO içeriği % 22.40'dır. Yüksek As, Ba, Pb, Zn içeriği cevherin önemli bir jeokimyasal özelliği olarak ön plana çıkar.

Anahtar Kelimeler: Damar dolgusu, Epitermal sistemler, Hidrotermal alterasyon, Manganez, Volkanojenik yatak.

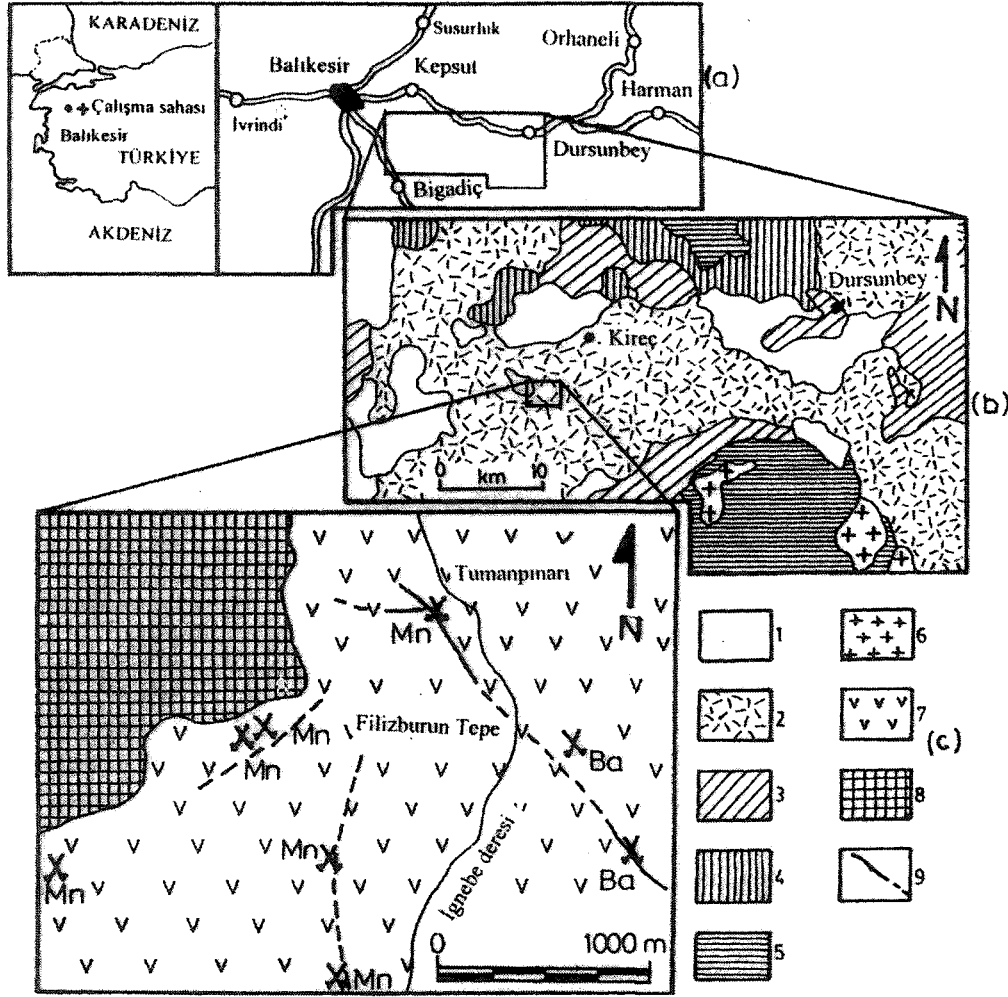
Abstract

The Tumanpınarı mineralization is a volcanic rock-hosted, veinlike hydrothermal Fe-Mn deposit located in 35 km west of Dursunbey, Balıkesir. The geology of the study area consists mainly of andesite that form apart of the west Anatolian calc-alkaline volcanism of Miocene age. Early hydrothermal activity was responsible for four types of hypogen alteration in decreasing intensity: silicification, hematization, argilic alteration, and carbonitization. The ore stage clearly postdates hydrothermal alteration, as indicated by the occurrence of ore minerals in vuggy cavities and fractures in silica bodies. Major ore minerals are pyrolusite, psilomelane, hematite, and magnetite. Manganite, poliannite, braunite, bixbyite, limonite, and goethite in different amounts accompany to these minerals. Mineralogical, it was recognized three ore types as dominant pyrolusite ore, pyrolusite+psilomelane ore, and psilomelane+hematite+barite+limonite ore with pyrolusite. The average contents of the deposit are 27.98 wt % Fe₂O₃ and 22.40 wt % MnO. High As, Ba, Pb, Zn contents of the ore seem to be an important geochemical characteristic of the Tumanpınarı deposit. Key words: Epithermal systems, Hydrothermal alteration, Manganese, vein-filling, Volcanogenic deposit.

GİRİŞ

Tumanpınarı Mn cevherleşmesi Balıkesir İli Dursunbey ilçesinin batısında bulunan Kireç Köyünün yaklaşık 6 km. güneybatısında yer alır (Şekil 1a ve 1b). Yatak, Dursunbey yöresinde 1980'li yılların başından bu yana süregelen çalışmaların ortaya koyduğu birkaç önemli manganez cevherleşmesinden birini oluşturur. Yörede, Tumanpınarı yatağı dışında 6 farklı lokasyonda daha Mn oluşumları saptanmıştır. Ancak bunlar esas olarak küçük zuhurlar halinde olup, yalnızca mineralojik açıdan önemlidir.

Bölgenin genel jeolojisi, değişik zamanlarda farklı araştırmacılar tarafından çeşitli amaçlar için çalışılmıştır (Akat ve Çağlayan, 1978; Akdeniz ve Konak, 1979; Erçan vd. 1984). Yöredeki manganez oluşumları ile ilgili çalışmalar az olmakla birlikte, maden jeolojisine yönelik ilk kapsamlı çalışmalar Tamer vd. (1986) tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar, 0.5 km²'lik bir alanın 1/1000 ölçekli ayrıntılı jeolojik haritalamasını yapmış, rezerv ve tenörleri ortaya koymuşlardır. Ulaşılan ilk bulgular ışığında önerilmiş olan bir sondaj programı dahilinde Ersoy (1989) tarafından özellikle Tumanpınarı cevherleşmesinin yayılım sınırları ortaya konulmaya ça-



Şekil 1. Çalışma sahasının (a) yer bulduru, (b) basitleştirilmiş jeoloji (Erentöz, 1964) ve (c) litoloji haritası.

Şekil 1. Çalışma sahasının (a) yer bulduru, (b) basitleştirilmiş jeoloji (Erentöz, 1964) ve (c) litoloji haritası.

Figure 1. (a) Location, (b) simplified geologic, (c) lithologic maps of study area.

1- Neojen karasal (Neogene continental), 2- Neojen volkanik (Neogene volcanics), 3- Ofiyolitik seri (Ophiolitic series), 4- Permiyen-Mezozoik (Permian-Mesozoic), 5- Paleozoyik metamorfik (Paleozoic metamorphic), 6- Granit-granodiyorit (Granite and granodiorite), 7- Andezit (andesite), 8- Kireçtaşı, tüf, marn (limestone, tuff and marl), 9- Fay (fault).

lıılmıştır. Ancak bu çalışmalarla yatağın oluşum şekli, içinde yataklandığı kayalarla olan ilişkisi, mineral birliği ve kimyasal özelliklerine ilişkin yeterli sonuçlara ulaşıldığı söylenemez.

Genel olarak manganez yatakları ile ilgili ayrıntılı jeolojik çalışmaların sınırlı olması, özel olarak da Dursunbey-Bigadiç arasındaki alanın çok sayıda Mn zuhuru içermesi yazarları, yörenin en ekonomik olarak görülen Tumanpınarı cevherleşmesiyle ilgili böyle bir çalışmaya zorlamıştır. Bu çalışmada, daha önceki çalışmalarda kısaca değinilmiş olan ve geçmişte oldukça kötü bir açık işletme faaliyetine sahne olan yatağın jeolojik, mineralojik ve kimyasal karakteristiklerinin ortaya konulmasına çalışılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada kullanılan örnekler 1996 ve 1997 yaz döneminde yazarlar tarafından Dursunbey yöresindeki manganez yataklarının araştırılmasını amaçlayan saha çalışmaları sırasında alınmıştır. Bu amaçla cevherli damarlardan ve ilişkili yan kayalardan toplam 60 örnek alınmıştır. Bu örneklerden yaptırılan parlak kesitler üstten aydınlatmalı maden mikroskobu, ince kesitler ise polarizan mikroskopta incelenmiştir. Örneklerin mineralojik bileşimlerinin saptanmasında optik mikroskopik çalışmalara ilave olarak Philips marka XRD cihazından da yararlanılmıştır. Mikroskopik incelemeler sonucu seçilen 11 kayaç örnekte tüm kaya ana ve iz element, 6 cevher örneğinde ana ve iz element, 25 cevher örneğinde ise yalnızca Fe, Mn ve Ba analizleri yapılmıştır. Ana ele-

TUMANPINARI (BALIKESİR-DURSUBEY) Fe-Mn CEVHERLEŞMESİ

mentler İTÜ Maden Fakültesi, Maden Yatakları-Jeokimya Anabilim Dalı Laboratuvarlarında spektrofotometre ve atomik absorpsiyon spektrometresi kullanılarak yazarlar tarafından, iz elementler ise ACME Laboratuvarlarında (Kanada) Nötron Aktivasyon yöntemi ile yaptırılmıştır. Cevherleşmenin derinlikle olan değişiminin ortaya konmasında MTA tarafından gerçekleştirilen sondaj verilerinden yararlanılmıştır.

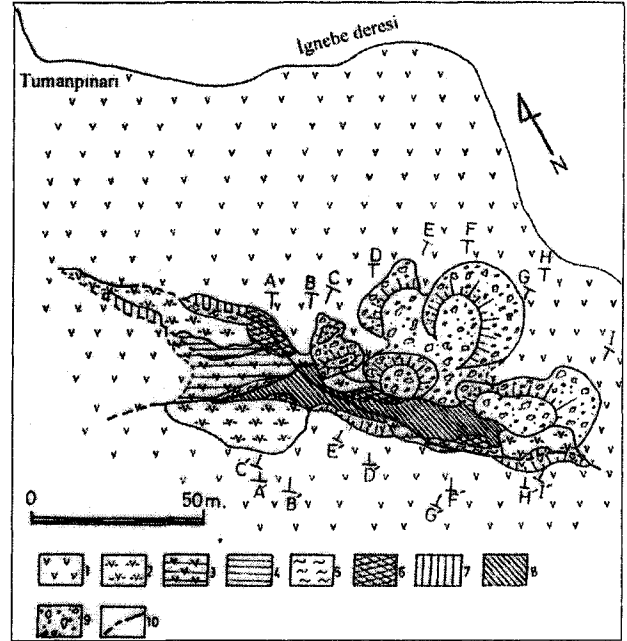
ÇALIŞMA ALANININ GENEL JEOLJİSİ

Mn zuhurlarının yoğun şekilde izlendiği ve çalışma alanının da içinde yer aldığı Kepsut-Dursunbey-Bigadiç arasındaki alanda, Paleozoyik'den Kuvaterner'e kadar değişik yapı ve yaşlarda litolojilere rastlanır. Ancak Batı Anadolu'da Eosen'den itibaren etkili olmaya başlamış ve bu etkinliğini tarihsel zamanlara kadar sürdürmüş olan Senozoyik yaşlı volkanizma ürünü kayalar bölgenin en yaygın kaya birimlerini oluştururlar (Şekil 1b). Bölgede bazik katkılı metamorfiklerle temsil edilen ve inceleme sahasının temelini oluşturan Paleozoyik, esas olarak yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş granat şist, kuvars-albit-muskovit şist, kalkışist, kuvars-albit-serizit-klorit şist ve kuvarsitlerle temsil edilir. En üst düzeyini kristalize kireçtaşlarının oluşturduğu metamorfik birimlerin üzerinde muhtemelen Permian-Triyas yaşlı karbonatlar ile tabanda konglomera, kumtaşı, silttaşı ve kiltası ile başlayıp, spartik dokulu kristalize kireçtaşları ile devam eden Jura yaşlı birimler yer alır. Bölgede ofiyolitik seri Üst Kretase yaşlı birimleri temsil eder. Muhtemelen Paleosen yaşlı granit-granodiyori ti ile başlayan Senozoik, Orta-Üst Miyosen yaşlı kireçtaş-marn-kiltası tuf ardaalanması ile bunlar üzerinde yer alan andezit-dasit-riyodasitlerle temsil edilen volkanitlerle devam eder ve Üst Pliosen'de geniş bir gösel ortamın oluşmasıyla gelişmiş kireçtaşı-kumtaşı-çakıltaşları ile sona erer. Ege bölgesinde, özellikle tüm Orta Ege bölgesinde, Oligosen karasal aşınmayı simgelerken, Kuvaterner yaşlı bazaltlar ile alüvyonlar genel olarak stratigrafik istifin en üst birimlerini oluşturur.

VOLKANİKLERİN PETROGRAFİSİ VE JEOKİMYASI

Petrografik Özellikler

Tumanpınarı cevherleşmesinin kuzeybatısında izlenen Neojen gösel ortamlarda gelişmiş, çalışma alanının dışında da yayılımını sürdüren kireçtaşı-marn-tuf ardaalanması bir yana bırakılacak olursa, inceleme sahasının yalnızca Tersiyer yaşlı volkanitlerden oluştuğu görülmektedir (Şekil 1c ve Şekil 2).



Şekil 2. Tumanpınarı cevherleşmesinin ayrıntılı jeoloji haritası (Ersoy 1989'dan değiştirilerek).

Figure 2. Detailed geological map of the study area (modified from Ersoy, 1989) 1- Andezit (andesite), 2- Altere olmuş andezit (Altered andesite), 3- Cevherli andezit (Andesite with disseminated ore), 4- Breşik cevher (Breccia ore), 5- Silisifiye kayalar (Silicified rock), 6- Pirolusit cevheri (Pyrolusite ore), 7- Pirolusit+psilomelen cevheri (Pyrolusite+psilomelane ore), 8- Egemen pirolusitli psilomelen+hematit+barit+limonit cevheri (Pyrolusite+psilomelane+hematite+barite+limonite+ore), 9- Pasa (Overburden), 10- Fay (Fault)

Büyük çoğunlukla andezit bileşimli olan Dursunbey volkanitlerinden alınan örneklerin ince kesitlerinde yapılan mikroskopik incelemelerde, bunların hiyalokristalin porfirik dokulu oldukları, hamur maddesi olarak volkanik cam, plajiyoklaz mikrolitleri, çok az sanidin mikrolitleri içerdikleri anlaşılmaktadır. Mineralojik olarak volkanitler, iri fenokristaller halinde plajiyoklaz, amfibol ve biyotit, daha az olarak sanidin ve ojit meydana gelir. Manyetit, apatit, rutil ve zirkon tali mineralleri oluşturur. Plajiyoklaz fenokristalleri, esas olarak oligoklaz-andezin türde olup, bazen biyotit ve ojit psödomorfları da içerirler. Tüm ince kesit örneklerinde izlenen biyotit ve amfibol ile daha seyrek olarak karşılaşılan ojit kristalleri çoğunlukla bozmuş, yer yer Fe ve Mn'ca zengin bir görünüm kazanmıştır. Plajiyoklazlarda değişen şiddette karbonatlaşma ve killeşmenin görüldüğü kayaların amfibolleri kenarlarından itibaren opaklaşmıştır. Cevherleşmeye doğru plajiyoklazların karbonatlaşmasındaki artış, inceleme sahasının belirgin bir özelliği olarak dikkat çeker. Genel olarak plajiyoklazlar kayacın modal bileşiminin çoğunluğunu oluşturur (%35-45). Biyotit miktarı % 5-15, amfibol miktarı ise % 3-5

arasında değişir. Bununla birlikte bazı kesitlerde plajiyoklaz miktarı % 60, biyotit miktarı % 30'lara kadar yükselir. Kayacın toplam tali mineral içeriği % 3'ü aşmaz.

Jeokimyasal özellikler

Çalışma sahasında yeralan ve Batı Anadolu volkanitlerinin de bir parçasını oluşturan kayaçların jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Kireç köyü çevresinde ve cevherleşme alanında 11 farklı yerden alınan örneklerin % ağırlık olarak saptanan ana element kimyasal

analizleri ve ppm olarak tespit edilen iz element içerikleri toplu halde Çizelge 1'de verilmiştir. Örneklerin ana element analiz sonuçlarından hareketle çeşitli parametreler hesaplanmış, ulaşılan sonuçlar bazı diyagramlara taşınarak tanımlamalar ve adlandırmalar yapılmıştır.

Kimyasal analiz sonuçları, örneklerin ortalama % 62 SiO₂ içerikleriyle nötr bileşimde olduğunu (maksimum % 63.10 SiO₂) göstermiştir. Al₂O₃ içerikleri % 13.61-19.63 arasında değişirken, toplam Fe₂O₃ miktarları % 4.50-7.98 arasında olup, nispeten yüksektir. CaO %

Çizelge 1. Çalışma alanı volkanitlerinin ana (%) ve iz element (ppm) kimyasal bileşimi.

Table 1. Chemical composition of volcanic rocks in the study area. Major oxides (wt %) and Trace elements (ppm).

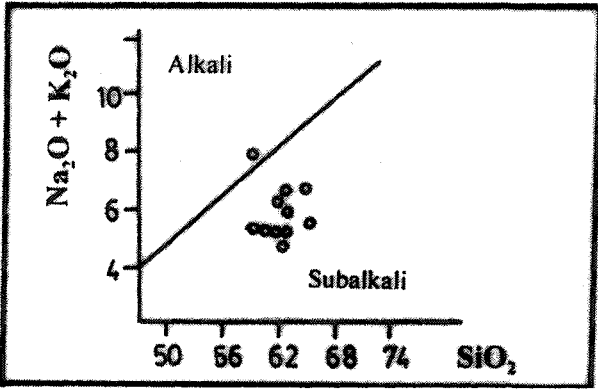
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11
SiO ₂	62.96	59.37	62.69	59.95	61.91	63.10	62.85	62.41	58.91	62.36	62.03
TiO ₂	0.85	0.73	0.75	0.83	0.70	0.65	0.60	0.74	1.20	0.49	0.56
Al ₂ O ₃	15.92	14.69	17.06	18.10	16.09	18.18	13.61	19.63	14.87	17.51	17.41
Fe ₂ O ₃	7.98	5.96	4.55	4.50	5.98	5.12	6.81	6.88	6.84	4.50	5.10
MnO	0.15	0.10	0.01	0.05	0.20	0.03	0.08	0.13	0.11	0.13	0.05
MgO	0.79	1.80	1.10	1.29	0.98	1.69	1.39	1.83	3.57	1.36	1.46
CaO	2.91	5.52	4.20	6.60	7.04	1.90	5.60	3.80	5.93	3.98	4.67
Na ₂ O	3.17	2.34	2.20	2.19	2.48	4.45	3.03	5.07	3.18	2.14	2.17
K ₂ O	2.82	5.83	3.01	3.52	3.10	2.60	3.06	1.97	2.66	3.37	4.00
P ₂ O ₅	0.45	0.26	0.27	0.35	0.24	0.16	0.43	0.33	0.42	0.20	0.17
BaO	0.37	0.55	0.35	0.18	0.11	0.15	0.18	0.15	0.18	0.15	0.10
Ateş Kaybı	0.96	2.75	3.17	2.16	0.90	2.04	1.43	1.25	2.09	2.37	1.95
TOPLAM	99.33	99.90	99.36	99.72	99.73	99.97	99.07	99.98	99.96	99.56	99.67
Cr	28	19	38	40	10	25	39	18	28	46	15
Ni	42	33	80	10	7	15	20	18	73	45	5
Co	21	5	33	20	16	7	20	13	30	6	11
Sc	12	6	30	13	13	14	18	14	28	5	11
V	700	270	800	80	94	180	110	292	180	70	58
Cu	32	16	20	33	20	42	15	12	37	40	17
Pb	900	950	510	520	500	740	395	120	18	22	55
Zn	30	20	100	110	80	52	270	40	70	61	78
Bi	3	2	n.d.*	n.d.	n.d.	3	2	1	3	2	2
Sn	30	4	4	9	26	35	19	30	11	8	14
W	2	3	4	3	3	4	3	3	4	4	3
Mo	10	10	12	10	3	5	5	5	9	4	3
As	10	2	13	3	5	3	2	3	10	4	8
Se	2	n.d.	4	3	3	4	4	4	3	2	3
Ag	5	10	8	3	4	5	5	5	3	10	2
Au (ppb)	110	90	45	213	20	173	37	19	32	44	27
Hg	1	1	1	1	1	<1	<1	<1	1	1	1
Rb	470	873	93	240	168	280	230	190	67	250	139
Cs	9	20	19	6	6	3	18	23	12	26	8
Sr	472	310	172	273	650	440	296	380	550	480	423
Ta	2	1	n.d.	1	n.d.	1	1	1	2	3	1
Nb	8	23	5	5	3	n.d.	n.d.	n.d.	13	6	13
Hf	4	3	5	2	2	6	7	5	4	5	3
Zr	197	80	112	103	180	240	95	160	210	100	203
Y	18	9	26	37	8	11	16	9	32	20	36
Th	20	5	8	17	13	24	30	24	17	21	23
U	4	5	3	4	6	50	4	6	5	5	5
La	19	71	26	57	60	35	57	51	65	40	63
Ce	59	105	39	75	94	62	110	80	113	80	69

*: belirlenemedi (not determined)

TUMANPINARI (BALIKESİR-DURSUNBEY) Fe-Mn CEVHERLEŞMESİ

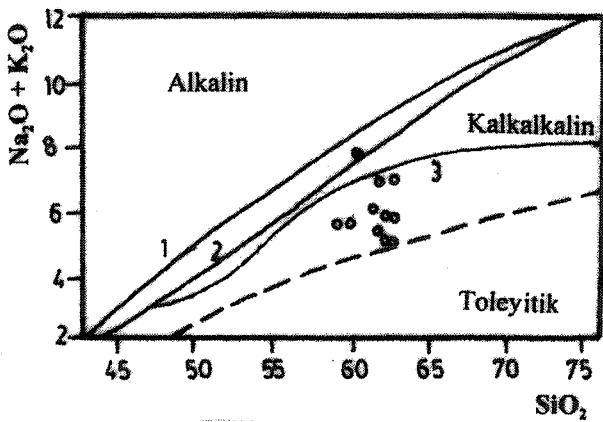
1.90-7.04, MgO % 0.79-3.57, Na₂O % 2.14-5.07, K₂O ortalama % 3.27 olup, bazı örneklerde % 5.83'e kadar yükselir. TiO₂ en fazla % 1.2 olarak saptanırken örneklerin BaO içerikleri % 0.10-0.55 arasında kalacak şekilde değişim göstermektedir.

İnceleme alanında yer alan volkanitlere ait örneklerin alkali-silika diyagramlarında subalkali alanda yer aldıkları (Şekil 3), Macdonald ve Katsura (1964), Kuno (1960) ve Irvine ve Baragar (1971)'in önerdikleri ayırma hatları kapsamında bütünüyle kalkalkalin alt grupta toplandıkları, toleyitik ve alkali nitelikte hiç bir örneğe rastlanmadığı görülmüştür (Şekil 4).



Şekil 3. Tumanpınarı volkanitlerinin alkali-silika içeriklerine göre sınıflandırılması (Irvine ve Baragar, 1971).

Figure 3. Classification of the volcanics according to their alkali and SiO₂ contents (Irvine and Baragar, 1971).

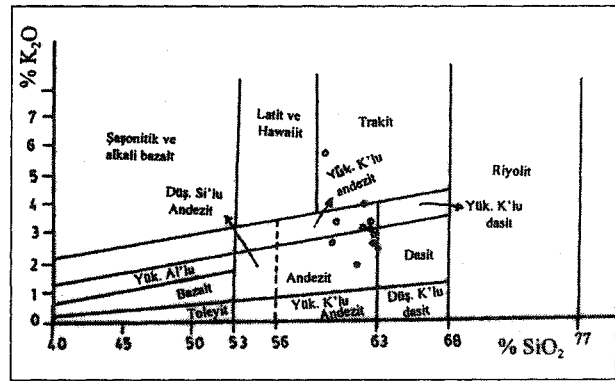


Şekil 4. Örneklerin alkali/SiO₂ diyagramındaki dağılımı (Macdonald ve Katsura, 1964).

Figure 4. Distribution of the sample in total alkalis versus SiO₂ diagram.

1. Irvine and Baragar (1971), 2- Macdonald and Katsura (1964), 3- Kuno (1960)

Dursunbey volkanitlerinin petrografik adlandırılmaları dışında, daha ayrıntılı olarak kimyasal adlandırılmalarına çalışılmış, bu amaçla örneklerin K₂O, Na₂O ve SiO₂ içeriklerinden yararlanılmıştır. Barberi vd. (1974) tarafından önerilen SiO₂/K₂O+Na₂O diyagramına göre (Şekil 5), incelenen volkanitler sapma gösteren bir örnek dışında bütünüyle andezit alanında toplanırlar. Traki-andezit alanına düşen A2 nolu örnek ise petrografik bir farklılık sunmaktan çok, yüksek K₂O içeriğiyle belirginleşmektedir. Bu diyagrama göre, Dursunbey bölgesi örnekleri K₂O içeriklerinin çoğunlukla yüksek olduğu, yitim zonu örnekleri ile karşılaştırıldığında K- bolluğu ile belirginleşerek farklılaştıkları anlaşılmaktadır.



Şekil 5. Volkanitlerin Barbari vd., (1974) diyagramına göre adlandırılması.

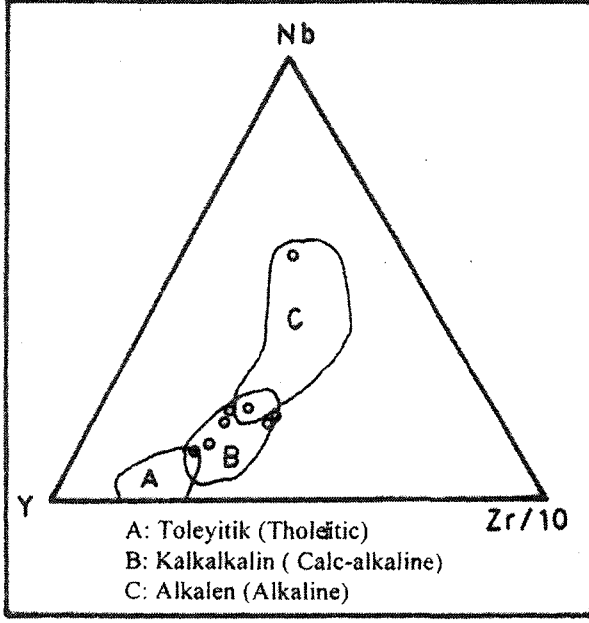
Figure 5. Nomenclatura of the volcanics according to Barbari et al., (1974).

Volkanitlerin ana elementlerine ek olarak, iz element sonuçlarından hareketle de türedikleri magmanın karakterini ortaya koymak mümkündür. Örneklerin iz element sonuçları Nb-Y-Zr/10 üçgen diyagramına taşındığında, volkanitlerin Nb içeriklerinin düşük olduğu, çoğunlukla kalkalkalin alanda toplandıkları, böylece ana elementlerin ortaya koydukları sonuçlarla uyum içinde olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 6).

TUMANPINARI CEVHERLEŞMESİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Yataklanmayı Denetleyen Yapısal Unsurlar

Tumanpınarı Mn-Fe cevherleşmesi, bütünüyle andezitler içinde yapısal kontrollü bir oluşum sergiler. Yatak esas olarak KD-GB tektonik yönünde gelişmiş eğim atımlı bir fay boyunca damar ve mercek şeklinde, daha az olmak üzere çatlak dolgusu damarcıklar ile breşik cevher şeklinde gelişmiştir. Bölgede, kompresyonel rejim altında gelişmiş KD-GB yönlü gerilmelerin yol açtığı



Şekil 6. Örneklerin Whitehead ve Goodfellow (1978; Ercan vd., 1984) üçgen diyagramı.

Figure 6. Position of the samples on ternary diagram of Whitehead and Goodfellow (1978; Ercan et al. 1984).

ği büyük kırıkların yanı sıra D-B ve K-G yönleri de belirgin bir şekilde gelişmiş olup (Yılmaz 1980), bu yönlerde izlenen eğim ve yanal atımlı faylar yer yer cevherlidir. Çalışılan alanda bu üç fay sistemi arasında görece bir yaş sırası oluşturmak mümkün görülmemekle birlikte, bu fayların birbirlerinden farklı fazlarda gelişmiş tektonik hareketler sonucunda oluşmuş olmaları gerekir. Olasılıkla andezitlerin yükselmesine neden olan tektonik olaylar sonucunda gelişen ana kırık sistemleri ve değişik süreksizlik yüzeyleri ortamda cevher yerleşimi için ideal koşulları yaratmıştır. Bu sistem içinde, çalışma alanında dairesel ve ışınal kırık sistemlerinden çok, esas olarak doğrusal kırık sistemleri gelişmiştir. Diğer yandan bölgesel ölçekte birbirini takip eden faylanmalar, kırık hatlar boyunca yüzeye kadar uzanan, yer yer genişlikleri bir kaç 10 metreyi bulan, tümüyle yan kayaç parçalarından oluşan breş zonlarının oluşmasına da yol açmıştır. Bu tür ezik zonların gelişmesine ve yoğunlaşmasında birbiri ile kesişen faylar ve fay zonları birinci derecede etkili olmuştur. Nihai olarak, gelişen tüm kırık sistemleri, uçucu elemanlarca zengin mağmatik çözeltilerin ve buharların içinde hareket ettikleri ve yüzeye doğru çıktıkları sırada taşıdıkları metalleri bıraktıkları başlıca zayıflık zonları olmuştur.

Yapısal kontrollü yataklanma, Yalakkaya mevkiinde izlenen barit cevherleşmelerinde de önemli rol üstlenmiştir (Şekil 1c). Cevherleşme, doğrultu ve eğiminde

ani değişimler vermeyen KD-GB yönlü ana faya bağlı gelişmiştir (Şekil 2). Esasen fay kontrollü hidrotermal cevherleşmeler, Dursunbey yöresi manganez cevherleşmelerinin ortak bir özelliğidir.

Cevherleşme Tipi ve Özellikleri

Cevher yapısı ve dokusu gözönüne alındığında, Tumanpınarı yatağında genel olarak masif cevher, volkanik kayaç parçalı breş cevheri ve yan kayaç içinde saçınımlı cevher olmak üzere üç farklı tipte cevherleşmeye rastlanır. Ancak sahada yer yer birbirleriyle grift olarak izlenen her üç tip cevher arasında kesin bir sınır çizmek mümkün değildir. Bununla beraber, masif cevher saçınımlı cevher geçişlerinde yan kayaç çatlaklarında gelişmiş ince damarcıklar halindeki cevherleşmeler de dikkat çeker.

Masif cevher, inceleme alanının en yaygın cevher tipini oluşturur. Cevherleşmenin yaklaşık % 80'i bu tiptedir. Genellikle sert toprağımsı bir görünüme sahip olan cevher kahverenkli kızılımsı tondadır ve eli boyar. Yüzeğe yakın kesimlerde yoğun alterasyon sonucu oluşmuş limonitleşme nedeni ile cevher kırmızı renktedir. Derine inildikçe Mn minerallerindeki artışa bağlı olarak renk siyahlaşır. Masif cevher, kısmen cevherleşme sonrası getirilmeye bağlı olarak silisleşmiştir. Makroskopik olarak belirgin bir mineral yönlenmesi göstermeyen cevher, dar bir yaklaşımla tek bir merceksel kütle şeklindedir, ancak doğrultu boyunca mineral içeriğinde ve kimyasal bileşiminde değişim gösterir. Cevher kütlesi içinde bazı serbest yüzeyler boyunca ve erime boşluklarının çeperlerinde gang mineralleri ile birlikte gelişmiş idiomorf Mn-oksit kristallerine sıkça rastlanır. Yüzeğe yakın örneklerde saptanan kollomorf yapıli cevher kabukları, ritmik bantlı Mn-oksit mineralleri, nadiren de hidrogötit laminaları masif cevherin belirgin özelliğini oluşturur (Levha I). Özellikle ince cevher kabukları içinde Mn-oksit minerallerinin oluşturduğu bantlı dokular ve bunların aralarında yer alan kollomorf yapıli kil mineralleri dikkat çeker. Az miktarda konsantrik-zonal cevher dokuları gelişmiş olup, bunlar içinde isometrik manganez mineralleri kristalleşmiştir. Işınal dokular, manganez mineralleri bantlarını kesen prizmatik yapıli diğer tür dokuları teşkil eder. KB 'ya doğru eğimli olan masif cevher kütlesi fay boyunca düşey olarak 60-100 metrelik bir derinliğe ulaşır ve yanal olarak dissemine cevherli andezitik kayaçlara geçiş gösterir.

Volkanik kayaç parçalı breşik cevher, mineralizasyon alanının kuzeyine doğru sınırlı bir alanda izlenir. Demir ve mangan içeren çözeltilerin içinde yükseldikleri ezik zonlarda taşıdıkları yükleri bırakmaları ve bu ke-

TUMANPINARI (BALIKESİR-DURUNBEY) Fe-Mn CEVHERLEŞMESİ

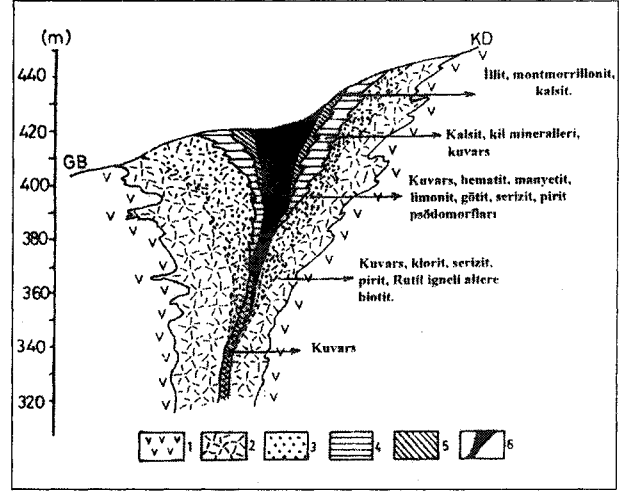
simleri çimentolamaları sonucu oluşmuşlardır. Gelişimleri makaslanma zonları ile sınırlıdır. Breşik zonun kalınlığı bir kaç metreyi, uzunluğu ise bir kaç 10 metreyi bulur. Cevherleşme esas olarak köşeli parçalar arasında boşluk dolgusu şeklinde, ancak yer yer özşekilli kristaller halinde gelişmiştir. Köşeli kayaç parçalarını çevreleyen Mn mineralleri kabuklarına sıkça rastlanılır. Pek çok yerde kayaç parçalarının yerini bütünüyle Mn oksid mineralleri almıştır. Bu sistem içinde cevherleşme, açıkça breleşme sonrası oluşmuştur. Cevherleşmeyi takiben gelişen zayıf tektonik bir fazda ise eski dolgular tekrar ezilip kırılmış, ince kırıklar içinde bir kaç santimetreyi bulan kuvars damarları gelişmiştir. Saha gözlemleri diğer verilerle beraber değerlendirildiğinde, cevherli tektonik breşlerin derinliğinin en fazla 200 metre kadar olduğu anlaşılmaktadır.

Andezitik kay açlar içinde çoğunlukla saçınımlı, daha az olmak üzere damarcık ve stokverk halinde zayıf Fe ve Mn cevherleşmeleri bir diğer yataklanma tipi olarak dikkat çeker. Kayaç içinde cevher mineralleri çoğunlukla saçılmış, düzensiz ince taneli agregatlar halindedir. Bu özelliklerinden dolayı andezitler cevherli bir görünüm kazanmışlardır. Cevherli çözeltilerin etkisi ile bu kay açların biyotit ve amfibollerini yoğun şekilde ayrılmış, kayaç içinde yer yer oldukça yüksek oranda cevher mineralleri gelişmiştir. Diğer yandan bazı alanlarda stokverk-saçınımlı cevher geçişleri de gözlenmiş olup, bunlara yer yer birbirleri ile ilintili küçük kuvars merclekleri eşlik eder. Kalıntı halinde biyotit ve amfibol fenokristalleri ile feldispat psödomorfları halinde kil mineralleri, kriptokristalin kuvars oluşumları saçınımlı cevherin ortak bir özelliği olarak dikkati çeker.

Yankayaç Alterasyonu

Tumanpınarında, yankayaç alterasyonu ile mineralizasyon arasında doğrudan bir bağlantı gözlenmiştir. Mineralojik ve petrografik incelemeler, gerek fay zonları içinde gerekse de cevher kütlelerinin çevresinde silisleşme, hematitleşme, karbonatlaşma ve killeşme şeklinde bir kaç tip alterasyonun geliştiğini ortaya koyar. Verilen alterasyon sırası, yüksek sıcaklık hidrotermal alterasyon koşullarından daha düşük sıcaklıklı hidrotermal koşullara doğru bir değişimin aynı zamanda genel bir yansımasıdır (Şekil 7).

Silisleşme esas olarak daha derin seviyelerde ve yüksek sıcaklıklarda gelişmiş olup, andezitler içinde kriptokristalin kuvars oluşumları, feldispatlarda serizitleşme, ikincil pirit gelişimleri, biyotitlerde ise yer yer klorit oluşumları ile belirginleşir. Altere biyotitlerde dokusal ilişkileri yansıtan rutillerin ise biyotitin parçalanma-



Şekil 7. Tumanpınarı cevherleşmesinin etrafında gelişen alterasyon zonları.

Figure 7. Hydrothermal alteration zones at the Tumanpınarı Fe and Mn deposit.

1- Andezit (andesite), 2- Silisleşme zonu (Silicified rock), 3- Hematitleşme (Hematization), 4- Karbonatlaşma (Carbonitization), 5- Killeşme (Argilic alteration), 6- Fe-Mn mineralizasyonu (Fe-Mn mineralization).

sından açığa çıkan titanyumdan kaynaklanması gerekir. Yoğun silisleşmenin izlendiği örnekler, daha açık renkli olup, sertlikleri yüksektir. Hematitleşme belirgin bir şekilde yüzeye daha yakın alınmış örneklerde silisleşme ile iç içe izlenir. Bu tip alterasyon için en önemli veriler, biyotitin yapısında bulunan demirin ayrışması ve toplanması sonucu renk açılması, amfibollerden itibaren demir oksit minerallerinin oluşması ile plajiyoklazların özellikle çatlakları boyunca kirli beyaz veya açık kırmızımsı bir renk kazanmasıdır. Karbonatlaşma yalnızca cevher kütlelerini etrafından alınmış örneklerde olmak üzere sınırlı bir alanda izlenir. Bu tür alterasyonlar sonucu çoğunlukla ince taneli agregatlar halinde kalsit oluşumları gelişmiştir. Bazı kalsit tanelerinde izlenen siyah yada grimsi siyah renklenmeler kimyasal bileşimlerdeki Mn'dan kaynaklanır. Nadirinde olsa klivaj düzlemleri boyunca izlenen detritik Mn-oksit minerallerinin varlığı, bu tanelerin cevherleşme öncesi oluştuğunun, Mn-oksit mineralleri tarafından ramplase edildiklerini işaret eder. Tumanpınarı cevherleşmesinde killeşme, andezitlerdeki plajiyoklazların muhtemelen illit ve montmorillonitte dönüşmesiyle ortaya çıkar. Ancak alterasyonun şiddeti değişkendir ve tanınması yoğun limonitleşme nedeniyle güçleşmiştir.

Tumanpınarı Cevherleşmesi Fe-Mn Mineral Birliği ve Özellikleri

Genel olarak oluşum ortamı ve koşullarının bir fonk-

siy onu olan manganer oksid zenginleşmeleri, ilksel özelliklerini yitirmedikleri sürece, yatakların kökenini saptamada belirleyici rol oynar ve tarımsal veriler olarak kullanılırlar. Bugüne değin yapılan mineralojik çalışmalar, dört değerlikli manganer oksidlerin belirli bir ortamla sınırlı olmadığını, doğada yaygın koşullar içinde oluştuklarını ortaya koyar (Roy 1992, Nicholson 1992, Ostwald 1992, Gültekin 1997). Bu nedenle bu tür mineraller oluşum ortamlarını belirlemede çoğu zaman yalnız başlarına belirleyici bir rol oynamazlar. Buna karşın bazı Fe, Si içerikli ve çeşitli iz elementlerce zenginleşmiş manganer mineralleri doğrudan yataklanma ortamının bir fonksiyonu olarak kristalleşirler. Buradan hareketle son yıllarda doğrudan manganer oksidlerin kristal yapılarında yer alan iz elementlerin türü ve miktarına bağlı olarak cevherleşme tipi-mineral ilişkisinin belirlenmesi fikri daha yaygın taraftar bulmuştur (Roy 1992, Delian vd. 1992).

Tumanpinan Fe-Mn cevherleşmesinden alınan örneklerde yapılan mikroskopik ve X-ışınlar difraktometre yöntemleriyle saptanan mineraller Çizelge 2'de verilmiştir. Cevherleşmenin en önemli manganer minerallerini pirolusit ve psilomelan oluşturur. Bu minerallere yer yer içerikleri % 5'e kadar çıkabilen manganit ile polianit eşlik eder. Genel olarak oldukça ince taneli, siyah renkli ve metalik-yan metalik parlaklıktaki bu mineralleri

makroskopik olarak ayırt etmek çok zordur. Yatakta nadiren gözlenen diğer manganer mineralleri braunit ve biksibittir. Varlıkları esas olarak mikroskopik incelemelerle saptanmış olan bu mineraller, X-ışınları çalışmalarında şüpheli olarak saptanmıştır. Çoğunlukla silisçe zengin cevher örneklerinde gözlenen bu minerallerden braunit daha yaygındır. Tüm bu minerallere ilave olarak, özellikle jeod türü oluşumlar içinde idiomorf taneler halinde manganokalsit kristalleri tanımlanmıştır. Tüm mineraller bir arada dikkate alındığında, Çizelge 2'den de kolayca anlaşılacağı gibi, Tumanpinan manganer mineralleri birliğinin pirolusit, psilomelan, manganit, polianit, braunit, biksibit ve manganokalsitten oluştuğu, bu haliyle de, hidrotermal sistemlere bağlı gelişen mineral birliği ile bir uyumluluk yansıttığı söylenebilir.

Tumanpinan cevherleşmesinde asıl Fe cevher minerallerini ince taneli manyetit ile hematit oluşturur. Bu minerallere cevherli kütlelerin yüzeyinde ve çatlakları boyunca hematitin atmosferik ayrışması sonucu oluşmuş limonit ve götit bol miktarda eşlik eder.

Kuvars, kalseduan, kalsit ve barit en yaygın gang mineralleridir. Diğer yandan cevher-yankayaç geçişlerinde yer yer bol oranda kil mineralleri gelişmiştir. Ancak kökensele olarak cevherleşmeyle yakın bir ilişki gösteren tüm gang mineralleri yataktaki yaygın limonitleşme nedeniyle büyük ölçüde boyanmıştır.

Çizelge 2. Tumanpinan Fe-Mn cevherleşmesinin mineralojik bileşimi.

Table 2. Mineralogical composition of the Tumanpinan Fe-Mn deposit.

Mineraller	Kimyasal bileşim	Ana cevher mineralleri	Gang veya alterasyon mineralleri
Mn Mineralleri			
Pirolusit	MnO ₂	X	
Psilomelan	BaMn ⁺² Mn ₈ ⁺⁴ O ₁₆ (OH) ₄	X	
Manganit	MnOOH	x	
Polianit	MnO ₂	x	
Braunit	Mn ⁺² , Mn ₆ ⁺³ O ₈ (SiO ₂)	m	
Biksibit	(Mn ⁺³ , Fe ⁺³) ₂ O ₃	m	
Manganokalsit	(Ca, Mn) CO ₃		X
Fe Mineralleri			
Manyetit	Fe ₃ O ₄	X	
Hematit	Fe ₂ O ₃	X	
Limonit	FeO(OH) _n .H ₂ O		X
Götit	HFeO ₂		X
Diğer Mineraller			
Kuvars (Kalseduan)	SiO ₂		M
Kalsit	CaCO ₃		M
Barit	BaSO ₄		M
Kil mineralleri			M

X = % 10'dan fazla, M = % 5-10 arası, x = % 1-5 arası, m = % 1'den az

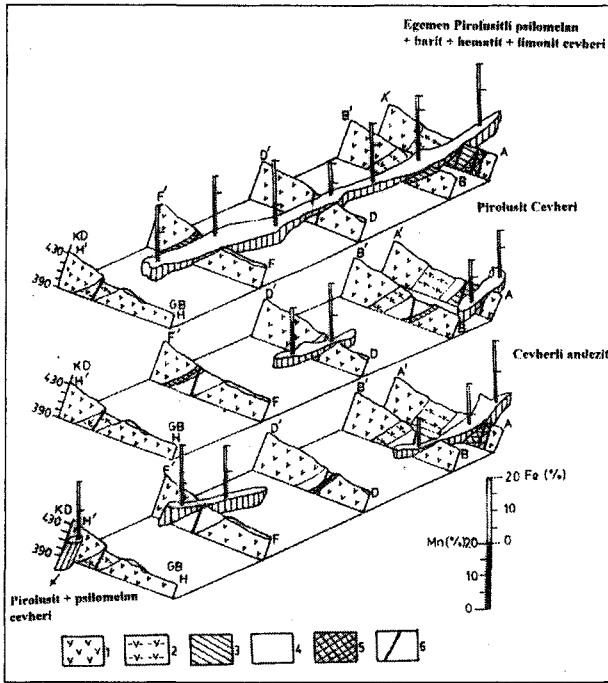
Mineralojik Cevherleşme Tipleri

Tumanpinarı cevher örnekleri üzerinde yapılan çalışmalar, mineral dağılımının homojen olmadığını, yer yer bir veya daha fazla manganez veya demir mineralinin bir arada oluştuğunu gösterir. Genel olarak yatak, bir arada bulunduğu demir ve manganez minerallerinin türüne göre yalnızca pirolusit, pirolusit+psilomelen, ege-men pirolusitli psilomelen+hematit+barit+limonit cevheri olmak üzere üç farklı cevherleşme tipi içerir. Doğal olarak bu tip bir sınıflandırma daha çok ekonomik niteliktedir. Pek çok örnekte hematit, limonit gibi Fe mineralleri ile ikincil öneme sahip manganez mineralleri değişen oranlarda cevher tiplerine eşlik eder.

Mineralojik cevher tipleri, esasen sahada iç içe bölümler halindedir. Bununla birlikte, örneklerin detaylı incelemelerine dayanılarak bu bölümler ayrı ayrı haritalanmış, kapsadığı alanlar Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekil 8'de ise saha gözlemleri ve sondaj verileri birarada değerlendirilerek oluşturulan cevher tiplerini gösterir blok diyagram sunulmuştur. Kolayca anlaşılacağı üzere, ege-men pirolusitli psilomelen+hematit+barit+limonit cev-

heri, sahasının en yaygın cevher tipini oluşturur. Fay boyunca damar şekilli bir oluşum sergileyen cevherleşme, doğrultu boyunca farklı kimyasal içeriğe sahiptir. Ana cevher minerallerine daha az oranda manganit, biksibit, polianit, braunit gibi diğer manganez mineralleri eşlik eder. Diğer mineralojik cevher tiplerini oluşturan, yalnızca pirolusit ve pirolusit+psilomelen cevherleri daha az yayımlı olup mercek yapılıdır; yer yer az miktarda limonit, hematit ve ikincil öneme sahip manganez mineralleri içermeleri olağandır. Her üç cevher tipinde gözlenen manganez minerallerinin dokusal özellikleri birbirine benzerdir. Önemleri nedeniyle yalnızca Mn oksid mineralleri ile sınırlı tutulmuş olan ayrıntılı tanımlamalar aşağıda verilmiştir.

Pirolusit, psilomelenla birlikte tüm cevher tiplerinin en yaygın cevher mineralini oluşturur. Çoğunlukla ince-orta taneli, toprağımsı, sert yer yer kolaylıkla parçalanabilen siyah renkli oluşumlar sergiler. Psilomelen, manganit ve limonitten oluşan bir matriks içinde bazen iyi gelişmiş kristaller halinde, kalsit ve baritle birlikte izlendiğinde çoğunlukla ışınal çubuklar şeklindedir; ayrıca cevher içindeki boşluklarda ince prizmatik kristalleri de yaygındır (Levha I, 1 ve 2). Psilomelenla birlikte ritmik bandlar oluşturur (Levha I, 2 ve 4). Batroidal taneler oluşturmakla birlikte nadirdir. Yüksek derecede okside olmuş çözümlerden birincil olarak gelişmiş olan pirolusitin en azından bir kısmı manganitten itibaren ikincil olarak gelişmiştir. Bunlar, özellikle kayaç içindeki boşluklarda kil minerallerini ornatmış olup, kollomorf yapı- lı kabuklar içinde iğnemsiz taneler halinde gözlenir (Levha I, 5 ve 6). Psilomelen, ince taneli Fe-Mn minerallerden oluşan bir matriks içinde sert, koyu mavi-kahverengi taneler şeklinde kristallenmiştir. Botroidal dokular yaygındır. Cevher kütesinin merkezine doğru kısmen yuvarlak şekilli psilomelen taneleri arasındaki açık boşluklarda ince taneli-toz görünümlü pirolusit ve manganit kristalleri gelişmiştir. Yer yer konsantre kabuklu olup, radyal bir doku da gösterir. Genel olarak psilomelen, pirolusit ve manganit birlikteliği yaygındır. Bir diğer manganez minerali olan manganit sert, çelik grisi renklere, özşekilli ve özşekilsiz, ince-orta taneli kristaller halinde gelişmiştir. Genel olarak manganitçe zengin cevher örnekleri, pirolusitçe zengin örneklerle benzer. Polianit büyük ölçüde pirolusite benzerse de ondan ikiz lamelleri göstermesi ile ayrılır. Çoğunlukla kısa prizmatik taneler halindedir. Silisçe zengin örneklerde az oranda bulunan braunit ve biksibit, bu özellikleri nedeniyle ayrıntılı tanımlamalar yapmayı güçleştirir. Ancak özşekilli çokgenler şeklinde kristalleşmiş olan biksibit ve braunit ile ilgili yapılan mikroskopik incelemeler, biksibitin kahve-



Şekil 8. Tumanpinarı cevherleşmeleri blok diyagramları ve Fe-Mn dağılımı.

Figure 8. Block diagram of the Tumanpinarı ore types and distribution of Fe and Mn contents.

1- Andezit (Andesite), 2- Altere andezite (Altered andesite), 3- Cevherli andezit (Andesite with disseminated ore), 4- Ege-men pirolusitli psilomelen+hematit+barit+limonit cevheri (pyrolusite+psilomelane+hematite+barite+limonite ore), 5- Pirolusit cevheri (Pyrolusite ore), 6- Fay (Fault).

Çizelge 3. Mezitler-Tumanpınan manganez cevherleşmesinden seçilmiş cevher örneklerine ait ana (%), iz ve bazı nadir toprak elementlerin (ppm) analiz sonuçları.

Tablo 3. Major (wt %), trace and some rare earth element (ppm) contents of the selected ore samples from Mezitler-Tumanpınari Mn mineralization..

	M1	M5	M8	M15	M22	M24
SiO ₂	29.71	29.23	26.30	38.54	17.21	49.54
TiO ₂	0.13	0.30	0.10	0.15	0.33	0.20
Al ₂ O ₃	3.27	1.93	3.59	2.67	5.56	1.79
Fe ₂ O ₃	24.70	44.35	39.40	36.08	32.70	10.39
MnO	25.83	11.68	12.40	25.32	30.79	24.46
MgO	n.d.*	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
CaO	2.10	0.73	1.16	3.09	2.30	0.75
Na ₂ O	0.15	0.16	n.d.	0.10	0.12	0.20
K ₂ O	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
SO ₃	4.76	1.49	5.10	0.10	5.51	3.13
BaO	5.60	6.23	10.18	3.25	3.80	5.85
Ateş Kaybı	3.07	2.23	3.00	0.27	1.05	3.10
TOPLAM	99.27	99.33	99.23	99.30	99.32	99.41
Cr	15	<10	<10	<10	15	<10
Ni	30	40	120	31	10	110
Co	12	22	29	9	10	53
Sc	0.7	0.9	0.4	<0.1	<0.1	0.2
V	70	70	60	70	20	40
Cu	110	100	110	230	100	87
Pb	930	1100	1100	890	3400	930
Zn	2000	870	1500	690	1050	1900
Sn	35	43	32	25	32	37
W	47	56	90	40	51	92
Mo	27	28	25	13	32	5
As	1100	1000	1300	3200	1000	1000
Se	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sb	71	200	150	340	670	90
Ir (ppb)	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Ag	5	6	5	5	8	13
Au (ppb)	67	5	20	8	35	42
Hg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Rb	15	20	15	10	5	22
Cs	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Nb	2	4	1	2	3	2
Hf	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Th	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
U	16	9	7	8	6	17
La	6	6	3	9	5	6
Ce	7	5	3	3	3	3
Sm	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4	0.5
Eu	2.4	1.9	1.3	1.1	2.4	1.6
Tb	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Yb	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Lu	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

*: belirlenemedi (not determined)

TUMANPINARI (BALIKESİR-DURSUNBEY) Fe-Mn CEVHERLEŞMESİ

rengi veya yeşilimsi gri renkte olduğunu, çok zayıf bir anizotropi, braunitin ise açık kahverengi, gri-beyaz renklere daha kuvvetli bir anizotropi gösterdiğini ortaya koymuştur.

TUMANPINARI MANGANEZ CEVHERLEŞMESİNİN JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

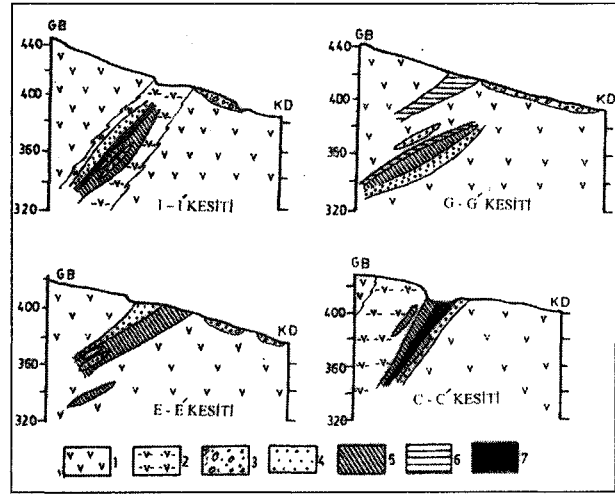
Tumanpınarı cevherleşmesinden alınan 25 örnekten yalnızca 6'sında ana ve iz element analizleri, diğerlerinde ise Fe, Mn ve Ba analizleri yapılmış, sonuçlar Çizelge 3 ve 4'de verilmiştir. Bu analizlere göre, örneklerin SiO₂ içeriklerinin, % 31.75'lik bir ortalama ile % 49.54'e kadar yükseldiği, Al₂O₃ içeriklerinin % 1.79-5.56 arasında değiştiği anlaşılmaktadır. Toplam 25 örneğin analiz sonuçlarına göre, Fe₂O₃ miktarları % 10.89-54.63 arasında, MnO miktarları ise % 6.72-39.01 arasında olup, geniş bir aralıkta değişim gösterir. CaO içerikleri ortalaması % 1.68, SO₃ içerikleri ortalaması % 3.35'dir. BaO içerikleri % 1.10-24.99 arasında kalacak şekilde, % 9.75'lik bir ortalama ile yüksek değerler gösterir. Diğer yandan Tumanpınarı yatağında sondaj verilerinden hareketle Fe ve Mn dağılımlarının derinlikle birlikte değişimleri araştırılmış, bu amaçla toplam

Çizelge 4. Tumanpınarı manganez cevherleşmesine ait örneklerin Fe, Mn ve Ba içerikleri (%).

Table 4. Fe, Mn and Ba contents of the ore samples from the Tumanpınarı deposit (wt %).

No	Fe ₂ O ₃	MnO	BaO
M1	24.70	25.83	5.60
M2	33.49	22.61	18.63
M3	13.75	39.01	12.97
M4	18.72	26.95	1.67
M5	44.35	11.68	6.23
M6	19.02	20.53	24.99
M7	34.90	29.10	10.30
M8	39.40	12.40	12.53
M9	52.00	15.05	10.18
M10	15.77	32.19	8.15
M11	30.73	34.67	5.37
M12	54.63	6.92	9.09
M13	21.09	23.67	6.30
M14	15.37	29.43	15.92
M15	26.08	25.32	3.25
M16	15.90	20.02	1.39
M17	30.05	24.19	13.50
M18	26.23	7.80	4.90
M19	14.40	11.96	1.10
M20	33.71	22.51	24.21
M21	28.83	20.96	23.10
M22	32.70	30.79	3.80
M23	38.49	17.89	6.15
M24	10.89	24.46	5.85
M25	24.61	24.19	8.67
ORTALAMA	27.98	22.40	9.75

Fe+Mn değerlerinin değişimleri gösterir bazı kesitler oluşturularak Şekil 9'da verilmiştir. Buna göre Fe ve Mn dağılımlarının birbirine paralel seviyeler veya merceksele zonlar şeklinde olduğu anlaşılmaktadır. Artan derinlikle birlikte toplam Fe+Mn değerleri % 15-60 arasında kalacak şekilde değişim gösterir. Merceksele şekiller veren zenginleşme zonları yüzeyden itibaren yaklaşık 100 metrelik, derinliğe kadar uzanır. En zengin zonlar genellikle cevher kütlelerinin merkezine doğru görülür. İz element analiz sonuçları ise nispeten yüksek Zn, Pb ve As değerlerinin varlığını ortaya koyar. Ancak mineralojik çalışmalarda bu elementleri içeren herhangi bir mineral formuna rastlanmamıştır.



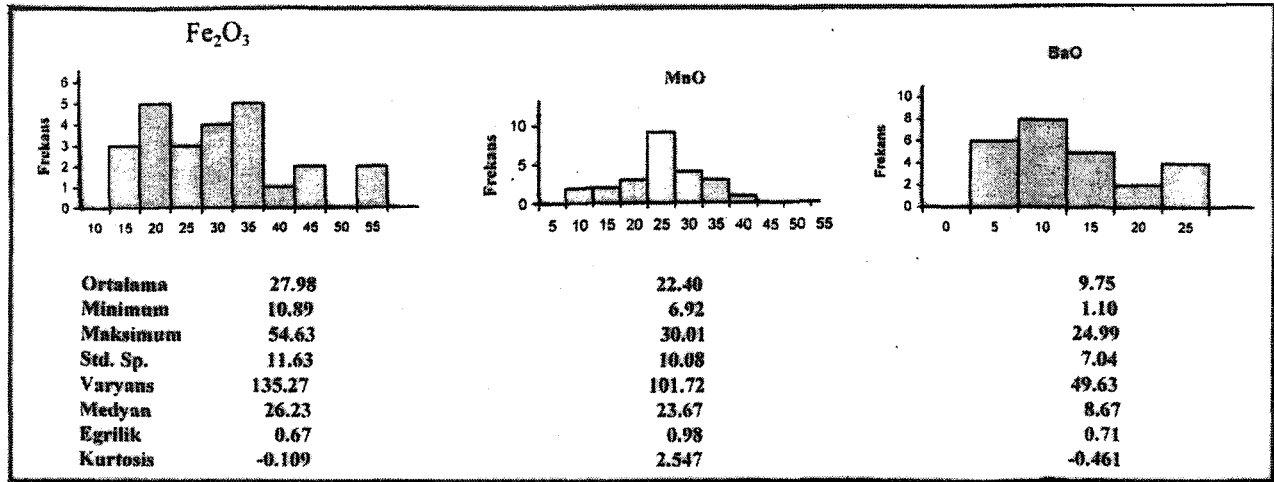
Şekil 9. Tumanpınarı cevherleşmesi toplam Fe+Mn değerleri düşey dağılımı.

Figure 9. Vertical distribution of total Fe and Mn values in the Tumanpınarı deposit.

1- Andezit (Andesite), 2- Silisleşme zonu (Silicified rock), 3- Pasa (Overburden), 4- Fe+Mn % 15-20, 5- Fe+Mn % 20-30, 6- Fe+Mn % 30-40, 7- Fe+Mn % 40-60.

Yataklarda Fe, Mn ve Ba içerikleri dağılımlarının belirlenmesi amacıyla her bir elemente ait histogramlar oluşturulmuş, tanımsal nitelikli istatistiksel değerler belirlenmiştir (Şekil 10). Toplam Fe₂O₃ ve BaO içerikleri pozitif çarpıklık değeri ile lognormal bir dağılım sergilerken, MnO dağılımı, 10.08'lik bir standart sapma değeri ile normal bir dağılıma yaklaşım gösterir.

Genel olarak, karmaşık genetik ilişkiler gösteren manganez yataklarının oluşum koşullarının saptanmasında bazı jeokimyasal veriler önemli sonuçlar verir. Bugüne değin yapılan çalışmalar (Choi ve Haria, 1992; Delian vd., 1992; Pracejus ve Bolton, 1992; Nicholson, 1992; Roy, 1992) Si ve Al gibi ana element içerikleri yanında, As, Ba, Ce, Co, Cu, Mo, Ni, Pb, V ve Zn gibi element konsantrasyonlarının manganez yatağının kökeni



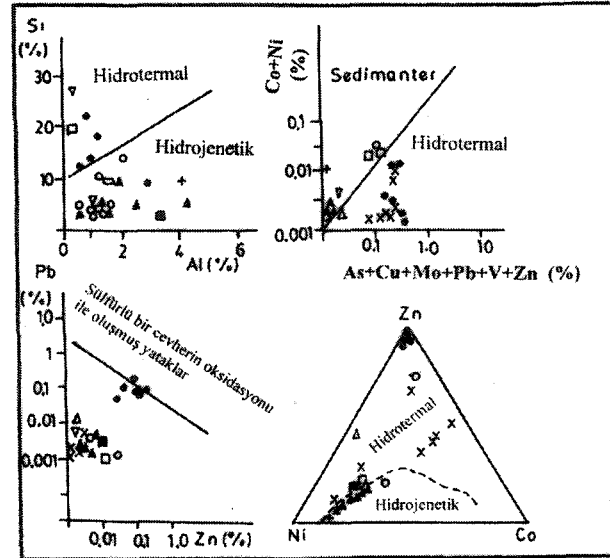
Şekil 10. Fe₂O₃, MnO ve BaO içeriklerine ait histogramlar.

Figure 10. Histograms of Fe₂O₃, MnO and BaO values.

ile yakından ilişkili olduğunu göstermiştir. Bu tür jeokimyasal ilişkilerin ortaya konması ile birlikte, mangan yataklarının tanımlanmasında bazı diyagramlar son yıllarda yaygınca kullanılmaya başlanmıştır (Nicholson, 1992; Choi ve Hariya, 1992). Ancak bu tür diyagramların kullanılabilirliği konusunda araştırmacılar arasında tam bir görüş birliği sağlanamamıştır. Bunun başlıca nedeni mangan oksitlerin kuvvetli katyon absorpsiyon kapasitesine sahip olmalarıdır. Mangan oksitlerin bu özelliği, oluşum ortamlarından bağımsız olarak pek çok elementçe zenginleşmesine yol açabilir. Bu tür zenginleşmeler en belirgin şekilde hidrojenik kökenli denizel mangan nodüllerinde saptanmıştır. Bundan dolayı, tanımsal diyagramlar mangan nodüllerini ortaya koymada, diğer tür yataklanmalara oranla daha kesin sonuç verir (Roy, 1992). Ancak dar anlamda yatak oluşumu hakkında ön bilgiler vermeleri nedeniyle bu tür diyagramlar her zaman belirgin bir öneme sahiptir.

Tumanpınarı cevherleşmesinde jeokimyasal zenginleşme ve ilişkilerin ortaya konulabilmesi amacıyla, örnekleri iz element ve Mn içerikleri birbiri ile korele edilmiş, bazı değerler tanımsal diyagramlara taşınmıştır. Elementlerin pozitif korelasyonu, hidrotermal yataklarla uyumluluk gösteren bir As, Ba, Cu, Pb, Sb ve Zn zenginleşmesinin geliştiğini, Mn-Ba ve Mn-As arasında belirgin bir jeokimyasal ilişkinin bulunduğunu göstermiştir. Bu sonuç, Nicholson (1992)'nin hidrotermal yataklarda As-Ba-Cu-Li-Mo-Pb-Sb-Sr-V-Zn şeklinde bir element zenginleşmesinin gelişebileceğini, değişmez bir şekilde Mn ile As arasında jeokimyasal bir ilişkinin bulunduğu şeklindeki fikri ile uyum içindedir. Benzer sonuçlara dünyada ve Türkiye'deki bazı önemli sedimanter ve hidrotermal mangan yataklarına ait kimyasal

analiz sonuçlarının işlendiği diyagramlarda da ulaşılmıştır ve cevherleşmenin hidrotermal kökenli olduğu bir kez daha açıklık kazanmıştır (Şekil 11).



Şekil 11. Çeşitli mangan yataklarına ait bazı tanımsal diyagramlar.

Figure 11. Some diagnostic diagrams for different types of manganese deposits. A; Wakasa (Tokoro), hidrotermal (Choi and Hariya, 1992); V: Otjosedu (Namibiya), sedimanter (Ostwald, 1992); A: Binkılıç (Trakya), sedimanter (Gültekin, 1997); O: Hinodo (Tokoro), sedimanter (Chio and Hariya, 1992); &: Wafangzi (Çin), sedimanter (Delian et al. 1992); M: Groote Eylandt (Avustralya), sedimanter (Pracejus and Bolton, 1992); +: Nikopol (Ukrayna), sedimanter; X: Ocaklı (Maçka-Trabzon), hidrotermal (Gedikoğlu vd., 1985); ü: Koryu (Tokoro), hidrotermal (Choi and Hariya, 1992); 9: Tumanpınarı (Dursunbey), hidrotermal.

TUMANPINARI (BALIKESİR-DURSUNBEY) Fe-Mn CEVHERLEŞMESİ

Şekil 11'in incelenmesi ile, Tumanpınarı yatağının iz element kapsamının diğer eş kökenli Mn yataklarının iz element içeriklerine benzerlik göstermediği ortaya çıkar. Yatağın karakteristik bir özelliği olarak Ba, As, Pb ve Zn içeriklerinin yüksek oranlarda olması çarpıcı bir sonuçtur. Bu tür yüksek değerlere çoğunlukla hidrotermal ve volkano-sedimanter yataklarda rastlandığı bilinen bir gerçektir. Diğer yandan hidrotermal yataklarda, zaman zaman kuvvetli bir Fe-Mn fraksiyonlaşmasını yansıtacak şekilde, geniş bir aralıkta değişim gösteren Fe/Mn oranları saptanmıştır. Bunun doğal sonucu olarak Fe/Mn oranı düşük yada yüksek değerler alabilmektedir. İnceleme sahasında ortalama Fe/Mn oranı 2.73 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak cevherleşmenin kimyasal bileşimi dünya üzerindeki belli başlı hidrotermal yatakların kimyasal bileşimleri ile karşılaştırıldığında benzer elementleri içerdiği, ancak bazı elementleri (As, Pb, Zn gibi) daha yüksek miktarda kapsadığı, iz element bakımından çarpıcı bir farklılık sunan sedimanter yataklardan belirgin bir ayrıcalık gösterdiği saptanmıştır.

TUMANPINARI MANGANEZ CEVHERLEŞMESİNİN OLUŞUMU

Bugüne değin yapılan çalışmalar göstermiştir ki manganez yatakları, karasal ayrışma, hidrojenik, plütonizma, volkanizma ve metamorfizma koşulları altında oluşabilmektedir (Roy, 1992; Ostwald, 1992). Bununla birlikte ekonomik olarak işletilebilen dünyanın en önemli yatakları Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı sığ deniz sedimanlarıyla ilişkili olanlardır. Volkanojenik yataklar yaygın olmakla beraber çoğunlukla küçük merceksele yada damar tipi oluşumlar şeklindedir. Kırık sistemleri ile ilişkili damar türü yataklanmalar, köken bakımından magmatik etkinliğin en son ve en genç oluşumlarını temsil edecek şekilde epitermal hatta teletermal koşullar altında meydana gelmektedir.

İnceleme sahasında, litolojik birimlere ait saha gözlemleri cevherleşmenin mineralojik ve jeokimyasal özellikleri ile bir arada değerlendirildiğinde, yataklanmanın volkanojen kökenli olduğu çarpıcı bir şekilde ön plana çıkar. Nitekim sadece Tumanpınarı yatağında değil, bütün Dursunbey-Kepsut-Bigadiç bölgelerinde volkanik kayaçların egemen olduğu Neojen oluşuklar içinde manganez cevherleşmelerine rastlanmaktadır. Tumanpınarında, cevherleşme doğrudan andezitler içinde olmakla birlikte, özellikle Bigadiç çevresinde dasitik tüf ve breşler içinde de manganez oluşumları tanımlanmıştır (Tamer vd., 1986). Esasen sadece yataklanma biçimi bile tam bir volkanik kökeni işaret etmektedir. Andezit-

ler içinde faylar boyunca ve breşlenme zonlarında merceksele, damar, çok merkezli saçınım ve damarcıklar şeklinde manganez oksit cevherleşmelerinin oluşması ancak hidrotermal getirimlerle açıklanabilir. Diğer yandan bu tür getirimlerin yankayaçlarda oluşturmaları beklenen alterasyonlar inceleme alanında oldukça yaygın izlenir. Bunlara ek olarak manganez mineral birliğinin üyelerini oluşturan braunit ve biksibit gibi minerallerin varlığı ve iz element zenginleşmeleri volkanik yataklara özgüdür.

Dursunbey yöresi manganez zuhurlarının oluşumunda bölgesel jeolojinin doğrudan katkısının olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle Kireç bölgesi zuhurlarının hemen hemen hepsi Miyosen yaşlı volkanitlerle ilişkilidir. Bu volkanitler Ege bölgesinde geniş alanlar kaplayan kalkalkali volkanizmanın bir parçasını oluşturur. Bu nedenle bir yandan bu kayaların yayılım alanları, olası hidrotermal cevherleşmelerin yayılımına denk düşerken, diğer yandan da tektonik yerleşimlerinin ortaya çıkartılmasıyla, ilişkili yatakların tanımlanması kolaylaşacaktır. Batı Anadolu'da volkanik aktivite geç Oligosen-Erken Miyosende kompresyonel bir rejim altında başlamış, bunun sonucunda kıtasal kabuk kökenli bir andezitik ve dasitik kalk-alkali kayaç birliği oluşmuştur. Ancak Orta Miyosende K-G yönlü kompresyonel rejimin ani olarak K-G yönlü gerilmeye dönüşmesi, alkali bazaltik volkanizmaya dereceli bir geçiş sağlamıştır (Yılmaz, 1990). Bu genel çerçeve içinde Ege bölgesi Oligosen sonrası kalk-alkali volkanizması, olasılıkla Üst Kretase'de Pontitlerle Anatolitler arasında meydana gelen ve kuzeye doğru olan dalma-batmayı izleyen Eosen'deki çarpışma sonrası gelişmiş kıtasal kabuk kalınlaşmasının bir ürünü olarak düşünülmektedir (Şengör ve Yılmaz, 1981). Üst kıtasal kabuğun kalınlaşması, alttan itibaren bölümsel ergimelerin gelişmesine yol açmış, zamanla, üst manto'dan gelen alkali olivinli bazaltik malzemenin karışmasıyla kalk-alkali nitelikli ürünler veren volkanizma oluşmuştur. Daha sonra Arap-Anadolu plakalarının çarpışmasını takiben, Anadolu plakasının batıya doğru hareketine atfedilen, Ege graben sistemlerinin gelişmesi, önerilen model kapsamında manto kökenli alkali bazaltik volkanizma erüpsiyonuna yol açmıştır. Batı Anadolu volkanitlerinde yapılmış olan petrolojik çalışmalar (Ercan, 1984; Yılmaz, 1990), Tumanpınarı cevherleşmesine evsahipliği yapan andezitik kayaçların tektonik yerleşimlerinin kıtasal kabuk kalınlaşması çerçevesinde düşünülmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Dursunbey Mn cevherleşmelerinin yataklanmasında Ege bölgesi Neojen paleocoğrafyası önemli bir yer işgal eder. Dursunbey çevresinde gölsel ortamda yataklanmış

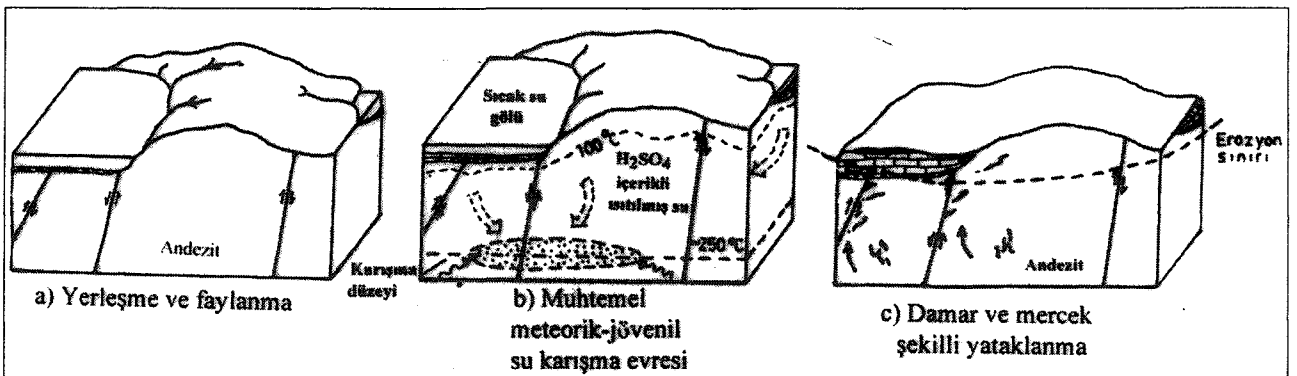
Neojen kireçtaşı, marn, tuf araldanması oldukça yaygındır. Bu tür oluşumlara Tumanpınarı cevherleşmesinin hemen kuzeybatısında da rastlanır. Gölsel seriler yalnızca Balıkesir'de değil, başta Bursa, Eskişehir ve Kütahya olmak üzere pek çok yerde yaygın şekilde izlenirler. Bu veriler, Neojende Ege bölgesi paleocoğrafyasında göllerin önemli bir yerinin bulunduğunu, irili ufaklı pek çok gölsel ortamın geliştiği gösterir. Tumanpınarı civarında cevherleşmenin en azından bir kısmı muhtemelen bu tür ortamlarda ekzaltif sedimanter tipte gelişmiştir. Filizburun Tepenin batısında Neojen gölsel serilere yakın yerleşmiş olan Mn zuhurlarının varlığı, hızlı indirgen koşullar altında gelişmiş amorf Fe-Mn hidroksitlerin bulunması, biksibit gibi yüksek oksijenli ortamlarla ilişkili olduğu bilinen minerallerin tespit edilmiş olması bu düşüncüyü destekler niteliktedir. Ancak Tumanpınarı'nda bu tür oluşumlar yoğun erozyon nedeni ile aşınarak taşınmış, daha derinlerde bulunan damar tipi oluşumlar ortaya çıkmıştır.

Okyanusal yayılma merkezlerinde ve aktif volkanizma içeren bölgelerde yapılan çalışmalar hidrotermal yatakların oluşum şekilleri ve jeokimyasal özellikleri hakkında önemli bazı sonuçlar ortaya koymuştur (Rona, 1978). En belirgin sonuçlardan biri, Fe-Mn yataklarının çoğunlukla günümüz aktif denizaltı hidrotermal bölgelerinin merkezinde yer aldığı, buna karşın Mn oksid yataklarının çoğunlukla merkezden belirli bir uzaklıkta bulunduğudır. Uzaklığa bağlı olarak Fe/Mn oranında azalma, diğer bir ifadeyle Fe ve Mn'in ayrılanması en iyi bir şekilde Galapagos rift sahasında gözlenmiştir (Choi and Hañya, 1992). Eğer bu tespitler doğrudursa, Tumanpınarı cevherleşmesinin yüksek Fe içeriği dolayısıyla, hidrotermal çözeltilerin ana yayılma merkezi içerisinde yer aldığı, hızlı yataklanma işlevlerinin hakim olduğu anlaşılmaktadır. Tumanpınarı cevherleşmesinden itibaren güneydoğuya doğru 10 km.'lik mesafeler boyunca

izlenen Mn zuhurlarında Fe içeriğinin hala yüksek olması muhtemelen hidrotermal çözeltilerin yayılma kanallarının dar bir alanla sınırlı olmadığını ortaya koyar.

Tumanpınarı cevherleşmesinde, andezitlerin hidrotermal solüsyonlara olası element katkısının belirlenmesi anacı ile kayaçların mineral bileşiminde yer alan ferromagnezyen minerallerden biyotit ve amfibollerin kimyasal analizleri yapılmış, sonuçlar AMPHCAL ve BIOTERM bilgisayar programlarında değerlendirilmiştir (Yavuz, 1996; Yavuz ve Öztaş, 1997). Örneklerin kimyasal analizlerinin yapılmasında bir ISM-840 Elektron Mikroskopu kullanılmıştır. Buna göre inceleme alanındaki biyotitlerin Ti, Ba ve Cl açısından zengin "Mg-biyotitler" sınıfına girdiği (Foster 1960), amfibollerin ise ferro hornblend ve pargasit aralığında değişim gösterdiği (Leake 1978) anlaşılmıştır. Abdel-Rahman (1994)'e göre biyotitler kalk-alkali orojenik birliklere ait volkaniklerle ilişkilidir. Sonuçlar ferromagnezyen minerallerin manganezce fakir olduğunu, manganezin doğrudan magma kökenli olduğunu göstermesi yönüyle dikkat çeker.

Tumanpınarı'nda cevherleşme, ortamın kırılanması ve breş oluşumları ile başlar (Şekil 12). Faylanmayı takiben cevherleşme ile ilgili ilk gelişler fay ve breş zonlarında yaygın kuvars ve barit oluşumlarına neden olmuştur. Stratigrafik olarak barit zenginleşmeleri yüzeye daha yakındır. Hidrotermal çözeltiler, bir yandan içinde yükseldikleri ezik zonlardaki yantaş parçalarını çimentolayarak tektonik breşlerin meydana gelmesine de yol açarken, diğer yandan da andezitlerde yaygın alterasyonlara yol açmıştır. Kuvars ve barit kristallerinde gözlenen katablastik dokular, bu minerallerin oluşumunu izleyen dönemde orijinal kırıkların yeniden hareketlendiğini gösterir. Yatakta asıl Fe ve Mn cevherleşme oluşumu esas olarak bu evreye denk düşer. Bu evrede yukarıya doğru yükselen hidrotermal sulara gözenek suyu karışımı da mümkün görünmektedir. Yüzeye doğru yüksek



Şekil 12. Tumanpınarı cevherleşmesi için önerilmiş oluşum modeli.
 Figure 12. Suggested occurrence model for the Tumanpınarı deposit.

len yüksek sıcaklıklı demirli çözeltilerin gelişi ile sahada yaygın manyetit, hematit mineralizasyonu gelişmiştir. Bu tür çözeltilerden itibaren gelişen demir mineralizasyonları yantaşa da belirgin şekilde görülmektedir. Tumanpınarında gerek cevherli zonda gerekse de yantaşa demirden ileri gelen kahverengi renklenme, manganın sebep olduğu yerleri uzaktan bakıldığında dahi kolayca farkedilir bir duruma getirmiştir. Demir mineralizasyonundan sonraki diğer bir fazda ise manganlı çözeltiler, daha önceki bütün dolguları bariz bir şekilde kesen ve çimentolayan Mn-oksit ve silikat oluşumlarına neden olmuştur. Mn-oksitlerin varlığı ortamın sıcaklığının oldukça düştüğünü, muhtemelen epitermal koşullar altında kristalleşmenin tamamlandığını ortaya koyar. Cevherleşmeyi takiben, demir oksit mineralleri ve birincil pirit oluşumları oksidasyon koşulları altında limonit ve götite dönüşmüştür.

SONUÇLAR

Tumanpınar yatağı, hidrotermal oluşumların yaygınca izlendiği Dursunbey'in batısında volkanojenik kökenli bir Fe-Mn cevherleşmesidir. Yataklanma, mevcut kırıklar içinde damar dolgusu ve breşik oluşumlar şeklinde gelişmiştir, mineralizasyon Miyosen yaşlı andezitler içinde KD-GB istikametinde 2 km'den daha fazla bir uzunlukta izlenen fay boyunca gelişmiştir. Volkanik kayalar Batı Anadolu'da geniş alanlar kaplayan kabuk kalınlaşması ürünü andezitik-dasitik kalkalkalin birliğin bir üyesini oluştururlar. Cevherleşmeyle ilişkili solüsyonlar yan kayalarda silisleşme, karbonatlaşma, hematitleşme ve killeşme şeklinde hidrotermal alterasyonlara da yol açmıştır. Manganez cevherleşmesi, düşük sıcaklık koşulları altında gerçekleşmiş olup, yüksek Ba, As, Pb ve Zn içerikleri ile karakteristiktir. Cevherleşmeye neden olan solüsyonlar ile volkanizma arasında genetik ilişki bulunmaktadır. Mevcut tüm veriler bir arada düşünüldüğünde yataklanmanın birbirini takip eden 3 evrede tamamlandığı anlaşılmaktadır:

- 1 Yüksek sıcaklıklı, asidik karakterli hidrotermal solüsyonların mevcut faylar ve ince kırıklar boyunca satha doğru yükselmeleri esnasında gelişen hidrotermal alterasyon evresi,
- 2- Daha derinlerde bulunan mağmatik bir kaynaktan beslenen ancak meteorik su karışımının da mümkün olduğu, hidrotermal solüsyonlardan itibaren gelişen damar, açık boşluk dolgusu ve saçınımlı tip cevher yataklanma evresi (diğer bir ifade ile ana cevher mineralleri yataklanma evresi). Yataklanma epitermal sistemlerle ilişkilidir. Ruggeri vd.

(1997) epitermal sistemler için yapmış oldukları çalışmalarda oluşum sıcaklıklarını dikkate alarak, sıvı sirkülasyon derinliğinin yeraltı suyu seviyesinin altında muhtemelen 50-600 m. arasında değişebileceğini öne sürmüşlerdir. Çalışma sahasındaki mineralizasyonun genel karakteri, Ruggeri vd. (1997)'nin gözlemleri ile uyum içindedir.

- 3- Mevcut topoğrafik yüzeyce kontrol edilen bir oksidasyon evresi. Bu evrede bir yandan yataktaki Fe-oksit mineralleri büyük çoğunlukla limonite dönüşürken, diğer yandan da ince cevher kabukları meydana gelmiştir. Yatak genelinde, bazı veriler bulunmakla birlikte (bkz şekil 11) kuvvetli bir süperjen zenginleşme gelişmemiştir.

Dünyadaki diğer benzer yataklar ile mukayese edildiğinde Tumanpınarı yatağı küçük ölçekli yataklar sınıfına girer. Geçmişte oldukça kötü bir şekilde işletilmiş olan yatakta hala önemli miktarda cevher bulunmaktadır. Bununla birlikte cevherin yüksek silis içeriği işletilmesi önündeki en önemli engel olarak görünmektedir.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Abdel Rahman, A.M., 1994. Nature of biotites from alkaline, calc-alkaline, and peraluminous magmas, Jour. of Pet. 35,525-541.
- Akat, U., ve Çağlayan, A., 1978, Dursunbey-Orhaneli-Susurluk-Kepsut arasındaki bölgenin jeolojisi, MTA Rapor No: 6618, Ankara.
- Akdeniz, N. ve Konak, N., 1979, Menderes masifinin Simav dolayındaki kaya birimleri ve metabazik, metaultramafik kayaların konumu, TJK Bülteni, c. 22,175-183.
- Barberi, F., Innocenti, F., Marinelli, G. ve Mazzuoli, R., 1974, Volcanism e tektonica a placche, Esempnell arca Mediterranea; 6th Cong. S.G.L.
- Choi, J.H. ve Hariya, Y., 1992, geochemistry and depositional environment of Mn oxide deposits in the Tokoro belt, Northeastern Hokkaido, Japan, Econ. Geol., Vol. 87, 1265-1274.
- Delian, F., Dasgupta, S., Bolton, B.R., Hariya, H., Momoi, H., Miura, H., Jiaju, L., ve Roy, S., 1992, Mineralogy and geochemistry of the Proterozoic Wafangzi ferromanganese deposit, China, Econ. Geol., Vol. 87, 1430-1440.
- Ercan, T., Günay, E., Çevikbaş, A., Ateş, M., Küçükayman, A., Can, B. ve Ekan, M., 1984, Bigadiç çevresinin (Balıkesir) jeolojisi, mağmatik kayaların petrolojisi ve kökensel yorumu, MTA Rapor No: 7600, Ankara.

- Ersoy, H., 1989, Balıkesir-Bigadiç-Mezitler-Tumanpınarı demirli manganez cevherleşmesi jeolojisi raporu, MTA Rapor No: 8716, Ankara.
- Erentöz, C, 1964, Türkiye jeolojisi haritası, MTA Matbaası, Ankara.
- Foster, M.D., 1960, Interpretation of the composition of trioctahedral micas, U.S. Geol. Surv. Prof. Paper, 354B,49.
- Gedikoğlu, A., Van, A., Eyüboğlu, L., ve Yalçınalp, B., 1985, Doğukaradeniz cevherleşmelerine bir örnek: Ocaklı (Maçka-Trabzon) manganez zuhuru, Jeoloji Müh. Dergisi, sayı 25, 23-37.
- Gültekin, A.H., 1997, Manganez yataklarının köken tespitinde mineralojik ve kimyasal veriler. Jeoloji Mühendisliği, sayı 20, 39-46.
- Irvine, T.N., ve Baragar, W.R.A., 1971, a guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Can. Jour. Earth. Sci., 8, 523-548.
- Leake, B.E., 1978. Nomenclature of amphiboles, American Mineralogist, Vol. 63. No. 11-12, 1023-1052.
- Kuno, H., 1960, High-alumina basalt. Journal of Petrology, 1, 121-145.
- Macdonald, G.A., ve Katsura, J., 1964, Chemical composition of Hawaiian lavas. Journal of Petrology, 5, 82-133.
- Nicholson, K., 1992, Contrasting mineralogical-geochemical signatures of manganese oxides: Guides to Metallogenesis. Econ. Geol. Vol. 87, pp. 1253-1264.
- Ostwald, J., 1992, Genesis and petrogenesis of the Tetravalent manganese oxides of the Australian Continent. Econ. Geol. Vol. 87, 1253-1264.
- Pracejus, B., ve Bolton, B.R., 1992, Geochemistry of supergene manganese oxide deposits, Groote Eylandt, Australia. Econ. Geol. Vol. 87, 1310-1335.
- Rona, P., 1978, Criteria for recognition of hydrothermal mineral deposits in oceanic crust. Econ. Geol., vol. 73,135-160.
- Roy, S., 1992, Environments and processes of manganese deposition. Econ. Geol., Vol. 87, 1218-1236.
- Ruggeri, G., Lattanzi, P., Luxono, S., Dessi, R., Benvenuti, M., ve Tanelli, G., 1997, Geology, Mineralogy and Fluid Inclusion data of the Furtei High-Sulfidation Gold Deposit, Sardinia, Italy. Econ. Geol., 92,1-19.
- Şengör, A.M.C., ve Yılmaz, Y., 1981, Türkiye'de Tetis'in evrimi: Levha tektoniği açısından bir yaklaşım. T.J.K. Yerbilimleri Ödel Dizisi, No: 1, Ankara.
- Tamer, Y., İşbaşıran, O., Ersoy, H., ve Yurt, Z., 1986, Balıkesir-Dursunbey-Gökçedağ-Kepsut-Havran yöresi manganez zuhurları prospeksiyonu ve jeoloji raporu. MTA rapor No: 8014, Ankara.
- Yavuz, F., 1996. Amphical: A quikbasic program for determining the amphibole name from electron microprobe analysis using the IMA rules, Computer and Geosciences, Vol. 22, no. 2,101-107.
- Yavuz, F. ve Öztaş, T., 1997, Bioterm-A program for evaluating and plotting microprobe analyses of biotite from barren and mineralized magmatic suites, Computers and Geosciences, Vol. 23, no. 8, 897-907.
- Yılmaz, İ., 1980, Bigadiç yöresinin stratigrafik ve tektonik incelenmesi. Ege Bölgeleri VI. Jeoloji Kollokyumu, 26-29 Ekim 1977.
- Yılmaz, Y., 1990, Comprasion of young volcanic associations of Western and Eastern Anatolia formed under a compressional regime: a review. Journal of Volcanology and Geotermal Research, -44,69-87.

Makalenin geliş tarihi: 19.01.1998

Makalenin yayına kabul edildiği tarih: 23.04.1998

Received January 19,1998

Accepted September 23,1998

TUMANPINARI (BALIKESİR-DURSUNBEY) Fe-Mn CEVHERLEŞMESİ

LEVHA I

1. Pirolusit+psilomelan cevheri. Pi: Pirolusit, Po: Polianit, Ps: Psilomelan, H: Hematit, Li: Limonit, Gö: Götit (Parlatılmış kesit, X 46).
2. Cevher içindeki boşluklarda gelişmiş prizmatik pirolusit+polianit kristalleri. (Simgeler l'deki gibidir. Parlatılmış kesit, X 46)
3. Kollomorf yapılı cevher kabukları içinde pirolusit ve limonit+götit bantları. (K: kil bandı. Diğer simgeler l'deki gibidir. Parlatılmış kesit, X 46)
4. Ritmik bantlı pirolusit cevheri. (Simgeler l'deki gibidir. Parlatılmış kesit, X 46).
- 5 ve 6. Kısmen kil minerallerinin yerini alarak gelişen ışınal pirolusit kristalleri. (Simgeler l'deki gibidir; Parlatılmış kesit, X90).

PLATE I

1. *Pyrolusite+psilomelane ore. Pi: Pyrolusite, Po: Polianite, Ps: Psilomelane, H: Hematite, Li: Limonite Go: Goethite (Polished section, X 46)*
2. *Prismatic pyrolusite and polianite crystals grew in cavities. (Symbols as 1. Polished section X 46).*
3. *pyrolusite and limonite+goethite bands in collomorphic ore crust. (K: Clay bands. Other symbols as 1. Polished section X 46).*
4. *Rhythmic banded pyrolusite ore. (Symbols as 1. Polished section X 46).*
- 5 and 6. *Radial pyrolusite crystals partly replaced clay minerals. (Symbols as 1. Polished section X 90).*

LEVHA I
PLATE I

