

# Bitlis Masifi Avnik (Bingöl) Yöresindeki Zengin Demir Yataklarının Oluşumu

*Genesis of the apatite-rich iron ore deposits, Avnik (Bingöl) region, Bitlis massif, Turkey*

OAHİT HELVACI

DM, Üniversitem Mühendislik , Mimarlık Fakültesi, İzmir

ÖZ i Avnik bölgesinde, apatitçe zengin demir cevherleri, yergel olarak iyi korunmuş porfWtik, sferulitik ve volkaniklastik dokular gösteren bazikten felsife kadar defişen kalk=alkâMn metavökanitlerle (450 Ma) ara katmanlıdır. Demir cevherleri ve metevolkanitler Avnik ve Yayla granitoidleriyle (350 Ma) kesilirler, Demir cevherleri ile birlikte bulunan metavolkanitler ve gıaaitoidler üzerine, Alpin orojenezi sırasında kıvrımınışı ve metamorfise olmuş mikafistler ve Permiyen mermerleri uyumsuzlukla oturur.

Demir cevherleri bantlı, maaiv ve saçılmış türden olup gnays ve istifteki daha iyi korunmuş metavolkanitlerin dereceli geçiş dokanafmda yerleşmiştir, Masiv meroeksel cevher zonları 1=2 mmVden birkaç santimetreye kadar defişen laminalanma gösterir. Bantlı cevher zonları magnetit-apatil laminalan içerir. Saçılmış cevher zonları, bölgesel olarak, metavolkanitler içinde yaygın olmasına karşın, genellikle ma=siv cevher zonları çevresinde yoğunlaşmıştır.

Bütün yatak tiplerinde magnetit, apatit ve aktiaolit egemen minerallerdir; feldispat, kuvars, mika, dlopsit, hornblönd, krossit ve sfen ataesuar minerallerdir, Klorit, talk, epidot, lallanlt, kalsit, hematit, ilmenit ve rutil düşük sıcaklık retrograd minerallerdir, Ytcey ve yüzeye yakın yerlerde magnetit oluşukları sürekli olarak martitlepnislerdir. Ayrışmanın son evresi genellikle götite <Önüşüm şeklmedir, Fluorapatit kısmen hidrcfsâl-fluorapatit ve hidroksapatite ayrılmıştır,

Apatitçe zengin demir cevherleri başlangıçta volkanik ortamda olupnuş olup yüksek düzeyde bölümaelleşme geçiren magmadan ayrılan kanfmayan sıvılardan oluştuğu sonucuna vanmıştır. Birlikte bulunan apatit ve magnetit ile bunlarla ara katmanlı olan metavolkanitlerin RE© verileri de bu sonucu destekler, Apatitçe zengin demir cevherleri Avnik granitoiğiğle kesildiği yerlerde, remobülze olarak büyük magnetit, apatit ve aMinolit kristalleri içeren af sı türde cevher damarları oluşturur.

ABSTRACT! In the Avmlk aea, apatite-rich iron *mm are* toterbedl^d witti basic to *I&lfAe* calo-alkaMne *metmolmnâm* (ca, 4Ä OMa) showing some well-preserved parphyritiö\* spheruUttc and voioaiüelastie texture», They ar« intrudM by the Avnik and YaylÉ\* graMttAİ (ca. SÄO Ma). The toon ores and associated metavolcaniü's and granitoids are utioonformbly overlain by ntieaschtets and Permian marbles, which were folded and metamorphosed during the Alpine orogeny.

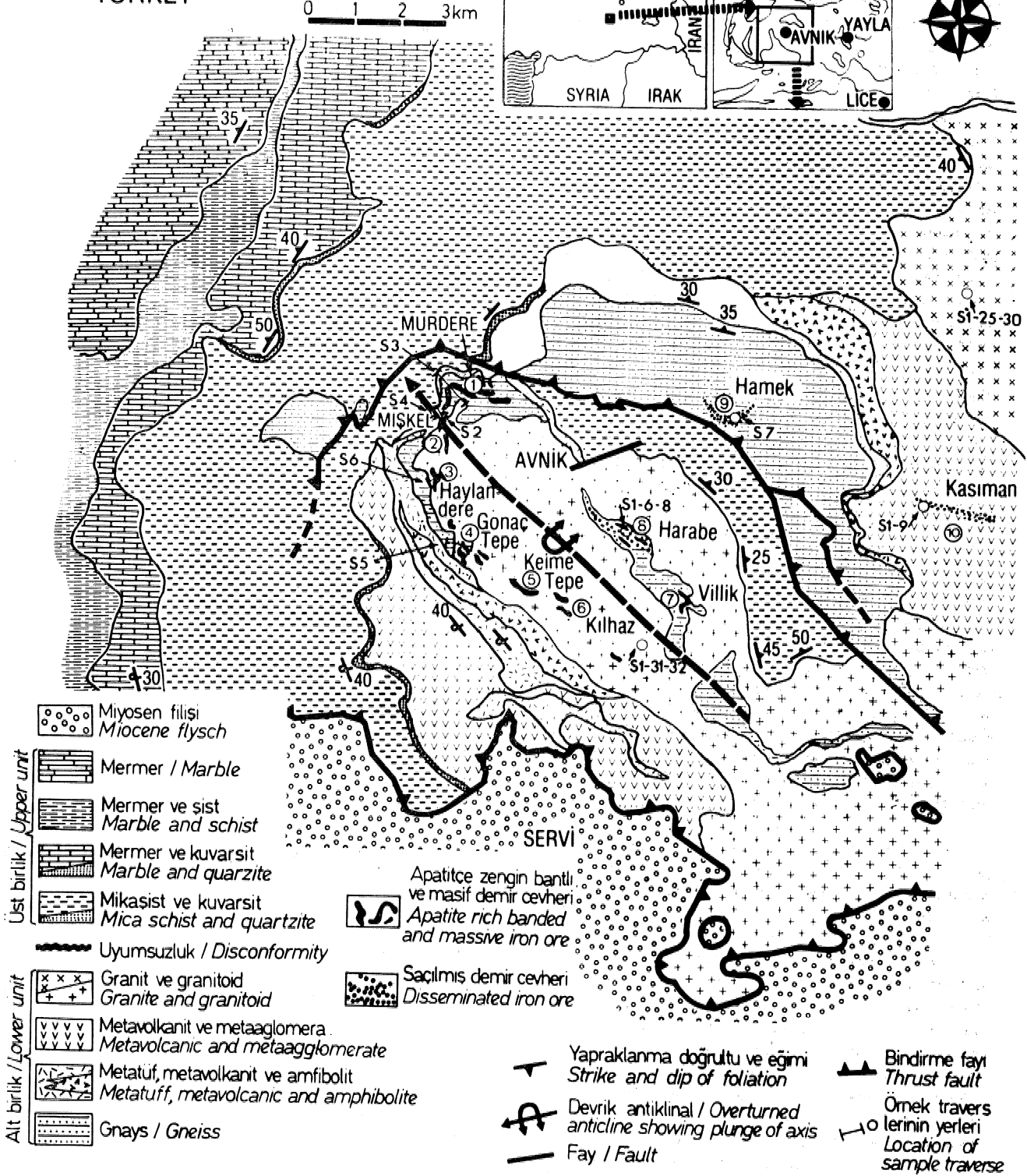
The won ore bodies are banded, massive or *âi»m* mtoated *M* form and *me* located along the gmdatfional contact zone between the gneisses and the better-pre »rved parts of the metavoleanic sequene. *The vmmU* ve lonsdkkil oi^ zones ar© teaninated, 1-» millimeters to a few eenttmeters, and the banded ore zones show magnetite-apatite lamination». The dissemtuated iron ot© are re^onally widespread in til© metovolcaniçs, but usually are coneent^teâ adjacent to the massive ore zones.

Magnetite, apatite and actnolite are the dominant minerals to all ty^s of depteit; accessory phases to lude feldspar» quartz, *mÊm*, diopside, hornblende, eroiâte and sphene, OMorite, tale, epMote, aHanite, eaMte, hematite, Mmenite and mtile are low- T retrograde minerals. Surface and near surface, magnetite eoncentmttons are always w t t e â *The* final stage of alteration con»tetş of a general toasformatton into gTOthite. Fluo^pattte was partly altered to hydroxy-fluorapatte and hyroxyapatte.

*The* apatite-rich iron ares were initially formedj in a volcanic environment and it i\* concluded that the ores formed from Immiscible Mquids which se^mated from magmas that underwent strong fraettonation, BEE data on coexisting apatite ana magnetite and on the associated metevoicamtes support this conclusion. Where the apatite-rfeh iron ores were intrudedby the AvMk granitoid, they were remobiüzeâ to from »toekwork type veeiis of large magnetite, apatite and aotiaiolite crystals,



# SIMPLIFIED GEOLOGICAL MAP OF THE AVNIK (BINGÖL) REGION, TURKEY



Şekil 1: Avnik bölgesinin basitleştirilmiş jeolojik haritası, temel olarak Erdoğan (1982)'nin çalışması alınmıştır.

Figure 1: Simplified geological map of the Avnik region, based on work by Erdoğan (1982).

Metavolkanikler / metatüfyer çeşitli kaya tipleri ve değişken kimyasal bileşimler gösterirler, Bunlar bakım olarak ortaç bileşimlerde olup, istifin üst kesimlerinde felsik metavolkanikler daha boldur. Zaman zaman metaaglomeralar bu kayalar ile ardalanmaz\*. Bazıktan ortaca kadar değişen metavolkanikler j metatüfyer genellikle aibit (az oranda K-feldispat), amfibol, mika, magnetit, klorit ve talk içerir,

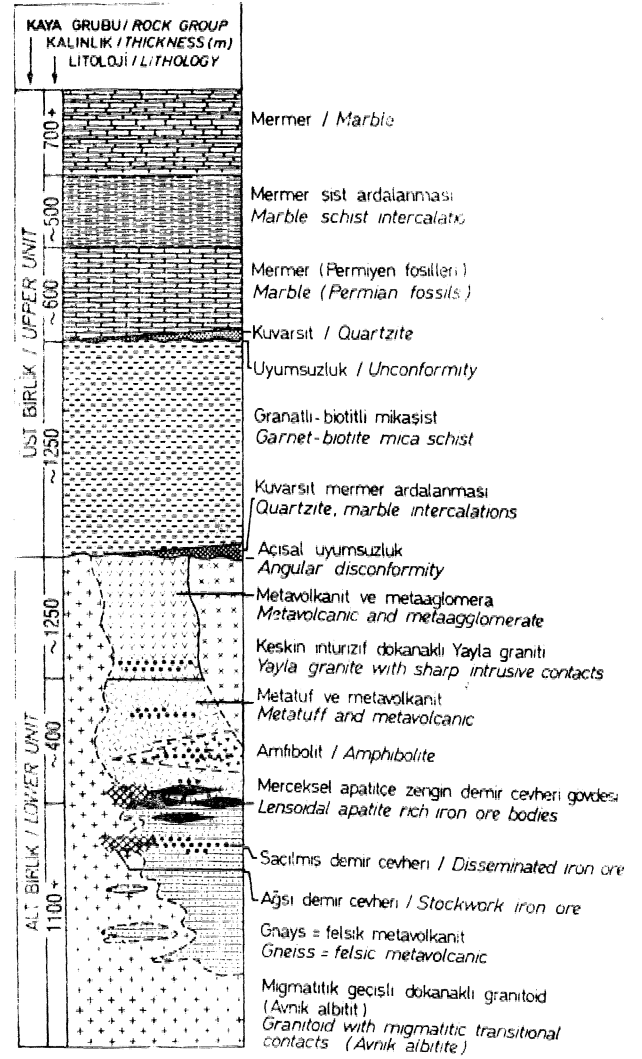
Metavolkanikler j metaaglomeralar da çeşitli kaya tipleri ve değişken kimyasal bileşimler kapsarlar» fakat basım olarak felsik bileşimlidirler. Felsik metavolkanikler, ince taneli matriks içinde 1-5 mm boyutunda iri kristalli kuvars ve K-feldispat içerirler. İnce taneli hamur çok düzensiz mikro yapılar gösterir; porfiri tik ve seyrek olarak geride kalan sferulitik dokular yersel olarak korunmuşlardır, Metaaglomeralar, yapısal şekillerine göre sahada ayırtlanmışlardır. Bunlar, merceksel veya ince katmanlar oluştururlar, İnce kesitte, ince taneli, çak iyi yapraklanmış mikali matriks içinde volkanik yığılımlar (fenokrist, hamur malzemesi) içerir. Kataklastik dokular boldur,

Alt Birlik, metavolkanik kayalarla intrüfiv ve geçişli dokanaklar gösteren, heterojen ve Heri düzeyde albitlemiş Avnik granitoid! ve keskin intrüfiv dokanaklı homojen Yayla graniti tarafından kesilirler (Şekil 1, 3),

Avnik granitoid! (Avnik albititi) heterojen, yapraklanmalı yapıda olup, çevreleyen metavolkaniklerle geçişli dokanaklar gösterdiği kenar kesimlerinde, yeniden kristalleşmiş ve Alt Birlik Kayaçlarını özümlemistir. Granitoid, başlıca kuvars, albit, K-feldispat ve az oranda amfibolit, muskovit, biyotit, klorit, zirkon, sfen, magnetit ve hematitten oluşur. Kenar kesimlerinde, İleri düzeyde deformasyon izleri sunan porfiritik ve %ranoblastik mikro yapılar ile orta kesimlerinde granitik özelliği gösterir, Silisleme bolca olup 50 cm kalınlığa erişen kuvars damarları granitoid içinde gözlettir, Öranitoidin kimyasal analizleri Çizelge 1'de görülmüşü gibi P be Fe'ce fakirdirler,

Yayla graniti," iri taneli veya eg taneli dokuda olup, 4-5 mm boyutunda kuvars, ortoklas, mikroklin, pertit, amfibol ve biyotitten ibarettir, Granitin bazı kesimlerinde klotitleşme ve serizitleşme gözlenir, fakat albitleşme enderdir, Aplit ve pegmatit dayk ve damarları gövde içinde holca&r.

Avnik bölgesinde, Üst Birlik üstüde ru değinen şu istifi sunar: granattı - biyotitli mikaşist, gri mermer (Permiyen fosilleri), mermer-şist ardalanması ve beyaz mermer, Üst Birliğin granattı . biyotitli mikaşistleri, metavolkanikler, Avnik granitoidi ve yayla granitinin üzerine açılal uyumsuzlukla oturur, Merceksel kuvars » mermer ardalanması yersel olarak mikaşist ile Alt Birliğin metavolkanikleri, demir cevherleri ve granitoidler arasına girer, Bu kuvarsitlerin alt kesimleri, Alt Birlik toyaçlarının çakıllarını kapsayan, egegen olarak metakonglomera şeklindedir ve bu düzey taban konglomerası olarak yorumlanmıştır (Şekil 1» 2», Granattı - biyotitli mikaşistler ile gri mermer (Permiyen yaşlı) arasında, yersel bir uyumsuzluk vardır ve bir merceksel kuvarsit düzeyi bunların arasında yer alır (Erdöfan, 1982),

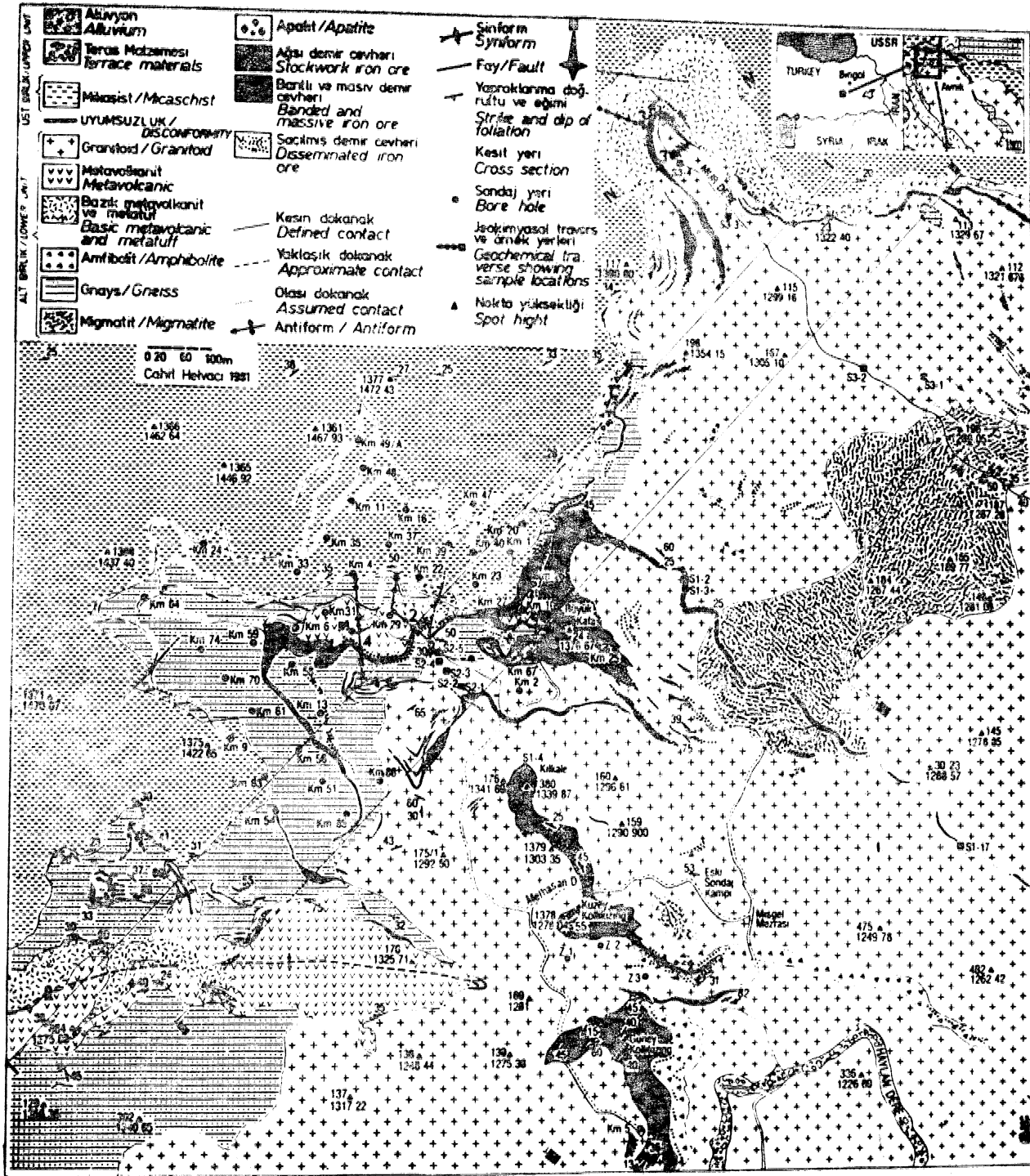


Şekil 2: Avnik bölgesinin stratigrafik dikme kesiti, Erdoğan ve diğerlerinden (1981) değiştirilerek alınmıştır.

Figure 2: Stratigraphic section of the Avnik region, modified after Erdoğan et al. (1981).

Petrografik çalışmalar ve kimyasal analizler Alt Birliğin metavolkanitleri ve granitoidlerin yaygın olarak feldispatlaşma ve silisleme etkisi altında kaldıklarını gösterir (Helvacı ve Griffin, 1988b), Aynı metasomatizma etkisi üstüde gelen mikaşistlerin albit porfirblastlarını oluşturmuştur, Rb-Sr analizleri» bu metasomatik olayın, ıgramtoidlerin volkanik yığınlarına sokulumundan çok sonra; yaklaşık 90 Ma önce oldunu önerir (Helvacı ve Griffin, 1983a),

Avnik sahasında, Bitlis Masifinin metamorfik kayaları bölgesel ölçekte güneye devrik bir antiklinale oluşturur (Şekil 1), Alt ve Üst Birlikler, deformasyonun çeşitli derecelerinden etkilenmişlerdir. Çeşitli e-kaylı bindirme düzlemleri masif içinde gözlenir, Bitlis Masifi (Avnik bölgesinde). Miyosen'den sonrakı olarak yataya yakın bindirme düzlemleri boyuncê

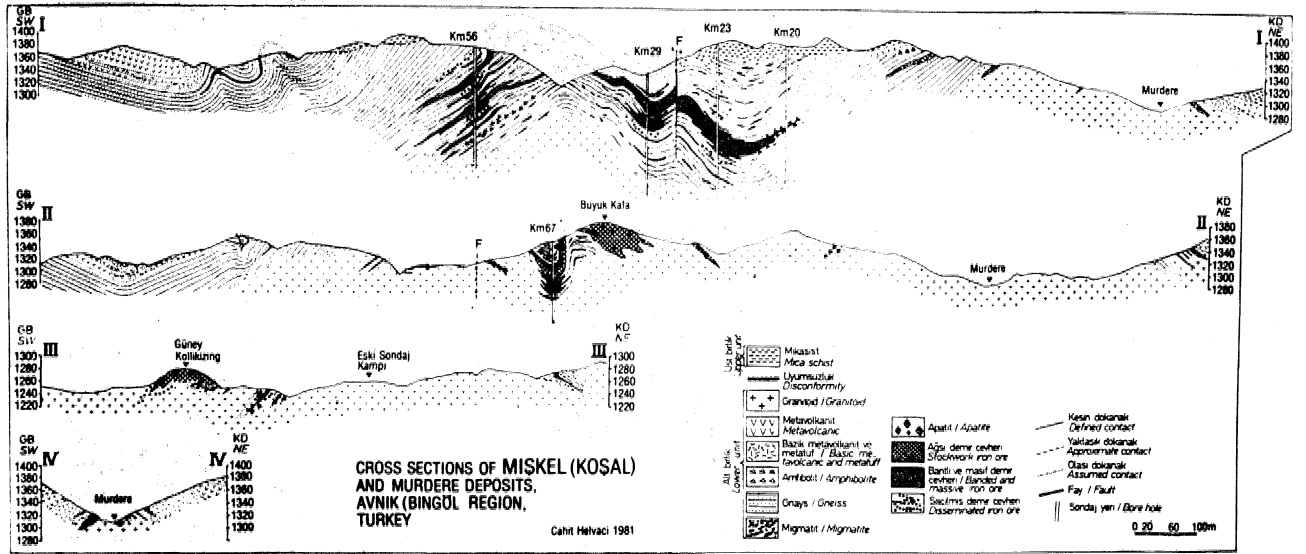


ŞekU Sı Miske! ve Murdere yataklarının jeolojik ha  
Figure 8: Geological map of the Mışkel and Murdere

Miyosen filisinin üzerine tektonik olarak güneye doğru taşınmıştır (Erdoğan, 1982) (Şekil i),

Avnik bölgesindeki kayalar ve birlikte bulunan apatitçe zengin demir Gevheri yatakları alterasyon ve metamorfizmanın çeşitli derecelerinden etkilenmişlerdir. Olasılıkla amfibolit fasiyesinde (?) bir bölgesel deformasyon ve metamorfizma, granitoidlerin sokulumundan önce veya sokulum sırasında Alt Birliği etki-

lemiştir. Granitoid sokulumunu, Üst Birliği etkilemeyen yükselme, kıvrımlanma ve faylanma izlemiştir. Alt Birlik, daha sonra Üst Birliği de etkileyen bir ikinci metamorfizmaya uğramıştır. Bu ikinci metamorfizma yeşil şist fasiyesi topluluğu ve bazı kesimlerde epidot=amfibolit fasiyesi ile daha önceki metamorfizma topluluğunun izlerini siler, izotopik veriler (Helvacı ve



**Şekil 4: Mişkel ve Murdere yataklarının jeolojik enine kesitleri.**  
**Figure 4: Geological cross sections of the Mişkel and Murdere deposits.**

Griffin, 1983a) saha ye petrografik gözlemlerle birlikte, üç olası metamorfik evreyi öngörür:

1. Granitoidlerin sokulumu öncesinde veya esnanda ve uyumsuz olarak üstleyen mikaşistlerin depolanmasından önce volkaniklerin kıvrınlanması ve (en az) köntakt metamorfizması,
2. Alt ve Üst Birliklerin ikisini de etkileyen kıvrınlanma ve Eoalpin dönemindeki metamorfizma,
3. Geç Alpin retrograd metamorfizması,

#### ÖBNEK DEĞERLENDİRME VE ANALİTİK YÖNTEMLER

Bütün örnekler, yeni yol yarmalarından, yeni açılmış yarmalardan, sondaj karotlarından ve yedi farklı örnek travers serisinden derlenmiştir. Her seri, farklı lokasyonlardaki derlemeyi temsil eder ve bunlar 1, 3, 6, 15, 17, 18, 20 ve 21 numaralı şekillerde tanımlayıcı sayılarıyla birlikte gösterilmiştir, önemli noktalardan derlenen örnekler kolaylık için S1 serisi altında toplanmıştır, Bütün durumlarda örnekler yaklaşık 2 kg ağırlığında olup, bunların yarısı kimyasal analiz için hazırlanmıştır.

Önemli cevherlerdeki asal elementler yaş kimya yöntemiyle tayin edilmiştir. Mineral analizleri için, ince kesitler parlatılmış, karbon kaplanmış ve ARL-EMX probu üzerine monte edilmiş LOT enerji - dispersiv sistemi (LHK energy - dispersive system) (2AF » 4 düzeltme programı) kullanılarak analiz edilmişlerdir. Her analiz değeri, odaklanmış ışın (focused beam) altında be 15 KV yüksek voltajda (accelerating voltage) analiz edilmiş olan 5-10 • noktanın ortalamasını temsil eder. Standart mineraller üzerinde tekrarlanmış denemeler alkali veya uçucu elementlerde analiz sırasında kayıp olmadığını göstermiştir.

Mineral fraksiyonları, afır sıvılar ve magnetik seperatör ile ayrılmışlardır, REE (nadir toprak ele-

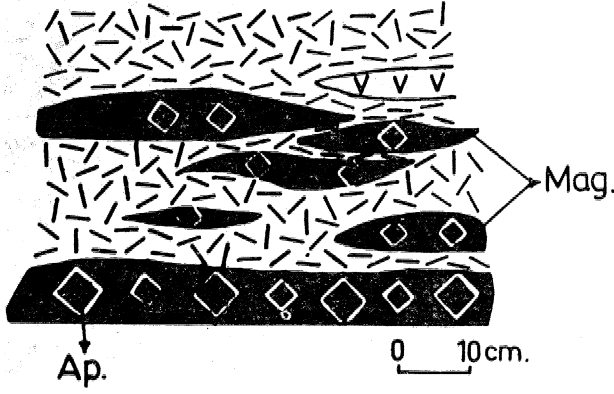
mentleri), Gordon ve dif erleri ( 1068 )'nin INN A tekniğinin modifikasyonu kullanılarak nötron \_ aktivasyon (neutron - activation) yöntemi ile analiz edilmiştir, USGS referans örneği BCE-1 kalibrasyonu için standart olarak kullanılmıştır, Apatitlerin REE ise Brunfelt ve Roelandts (1974) tarafından tanımlanan, 2 dakika irradasyon (2\_ minute irradiation) kullanarak termal nötronlar (thermal neutrons) ile Ge (Li) ve LBPD b-ray spektrometresiyle analiz edilmiştir, Ödegaarden ve Durango apatitleri standart olarak kullanılmıştır, Isotopik analizler için kullanılan yöntem Helvacı ve Griffin (1983a) tarafından verilmiştir.

#### CEVHEB TİPLERİ VE MİNERAL, PARAJENEZİ Cevher Tipleri

Demir cevherleri bütün yataklarda, masif - bantlı, saçılmış, ve karmaşık damarlardan oluşan af sı şekilli olmak üzere üç farklı tipte bulunurlar. Her yatakta bu cevher tiplerinin dağılımı yan kayalara ve granitoidlere bağlı olarak farklılıklar gösterirler,

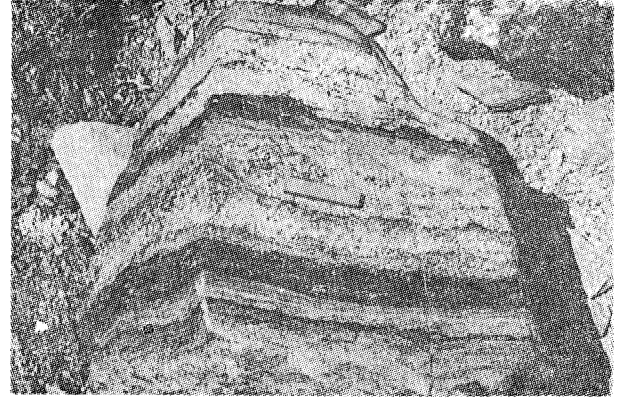
Masiv ve Bantlı Cevherler s Masiv ve bantlı cevherler, düzenli mercerler şeklinde, genellikle yan kayalarla uyumluluk gösteren ve 5=10 cm den 2-5 m'ye kadar değişen kalınlıklar gösterirler (Şekil 5 ve 6). Masiv mercekssel cevher zonları, genellikle ince taneli (0,08 mm den 5 mm'ye kadar deppn), çeşitli ince mercerler şeklinde laminalanmış ve yersel olarak budinaj yapısı ile kıvrınlanmış ve biçim def iştirahı kalın mercekssel gövdeler gösterirler (Şekil 3), Bu demir cevherleri, magnetit, apatit ve sıkça aktinolit laminasyonları gösterir, Cevher zonlarında magnetit - apatit laminasyonları 1-2 milimetreden birkaç santimetreye kadar defişir (Şekü T, 8), Mişkel yatafmında seçilmiş masiv ve bantlı demir cevherlerinin kimyasal analizleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Saçılmış Demir Cevherleri İ Saçılmış demir cevherleri, bölgesel olarak gnayslar ve metavolkanikMer



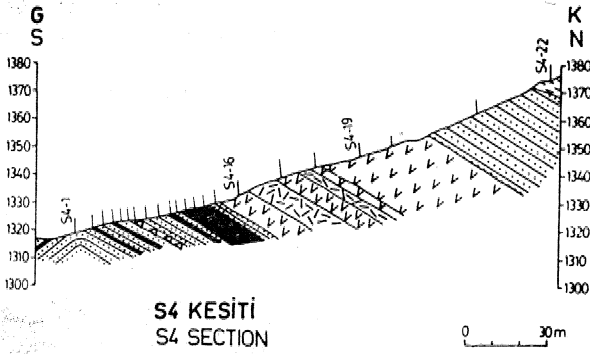
Şekil 5: Metatüflü ve metavolkaniklerle ara katmanlı masiv demir cevherleri, Mürdere yatağı. Mag.: magnetit, Ap.: apatit.

Figure 5: Massive iron ores interbedded with metatuffs and metavolcanics, Mürdere deposit. Mag.: magnetite, Ap.: apatite



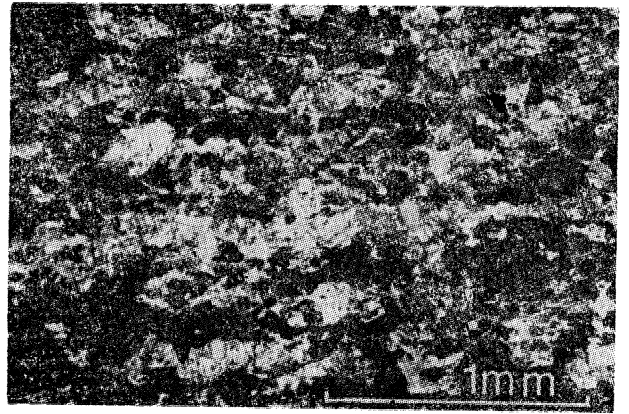
Şekil 1% Magnetit (siyah), apatit (beyaz) ve az oranda aktinolit (gri) laminalarını gösteren bantlı demir cevheri. Miknatısın uzunluğu 7,5 emedir.

Figure 6: Banded iron ore, showing magnetite (black), apatite (white) and minor actinolite (grey) laminations. Length of handmagnet is 7.5 cm.



Şekil 6: Metatüflü, metavolkanik ve metaaglomeratlarla ardalanmalı olan ve masiv cevher mercikleri içeren Mişkel cevher gövdesinin batı kısmına ait enine kesit (S4 kesiti).

Figure 6: Cross section of the west part of the Mişkel orebody, showing massive ore lenses intercalating with metatuffs, metavolcanics and metaagglomerates (S4 section).



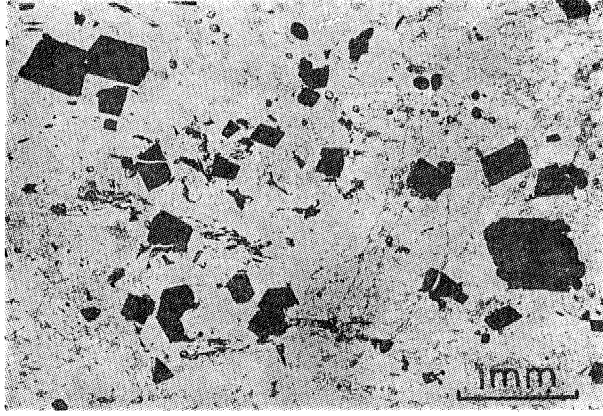
Şekil 8: Si Magnetit ve apatit laminyasyonu ile az oranda aktinolit ve gang mineralleri içeren bantlı demir cevheri, Çapraz nişol.

Figure 8: Banded Iron ore showing magnetite and apatite lamination with minor actinolite and other gangue minerals. Crossed nicols.

içinde yaygın olmasına karşın genellikle masiv cevher zonları çevresinde yofundurlar. Ancak, bazı yataklarda bu tip cevher, defilık oranlarda baskındır (Şekil 1» 8). Yan kayaların hacımsal olarak %20-30 unu meydana getiren magnetit, İnce taneli saçılmış şekilde kaya içinde düzenli olarak dağılmıştır (Şekil 9). Öz biçimli ve yarı öz biçimli taneler şeklinde (1 cm çapına kadar) gözlenen magnetit seyrekçe düzensiz yığımlar oluşturur, Magnetit taneleri içinde apatit, aktinolit ve ender olarak krossit kapaımları bulunur. Hamek yatafindan saçılmış cevherin analizi Çizelge 2 de verilmiştir.

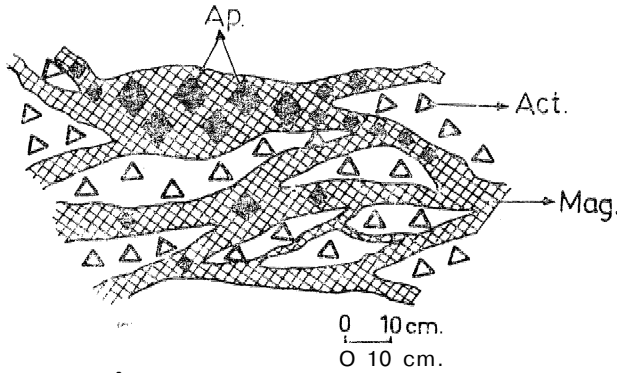
Ağır İtemler Cevherleri Afsı demir cevherleri, çok iyi gelişmiş birbirlerini kesen magnetit ve apatit damarları teklinde gözlenir. Bu damarlar düzensiz olup, sıkça birbirlerini, difer cevher tiplerini ve bir-

likte bulunan metavolkanik kayaları keserler. Bu cevher damarları birkaç milimetreden 5 metre kalınlığa kadar değişir ve bazı kesimlerde kafes şeklinde bölmeleler (trellises) oluşturur. Saha verilerinden bu tür afişli cevherlerin, masiv, bantlı ve saçılmış cevherlerin Avnik granitoidi ile kesildiği ve remobilize olduğu yerlerde oluştuğu görülür. Saha ve dokusal incelemeler afsı cevherin difer tipteki cevherlerden daha sonra oluştuğunu açıkça gösterir. Bu tip cevherler, 2-3 em' den 10-15 cm'ye kadar değişen boyutlardaki magnetit, apatit ve aktinolit kristalleri kapsar (Şekil 10), Mişkel yatağından alınan afsı demir cevherlerinin analizleri Çizelge 2'de verilmiştir.



Şekil 9: Öz biçimli magnetitin, kayanın dokusunda düzenli olarak dağılımı; aktinolit, apatit, albit, talk ve kalsit birlikte bulunan minerallerdir. Polarize ışık.

Figure 9: Finely dispersed euhedral magnetite within the rock fabric; associated phases are actinolite, apatite, albite, talc and calcite. Ordinary light.



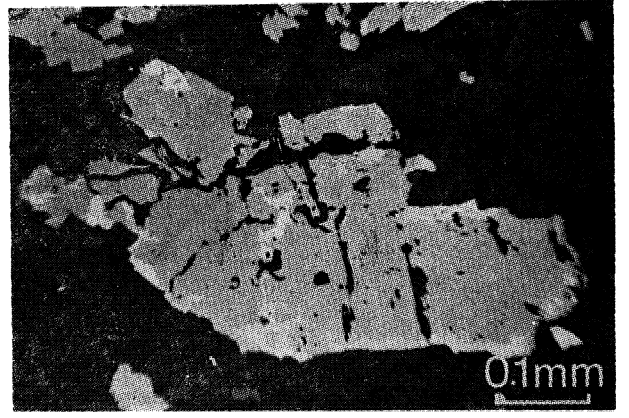
Şekil 10 İ Ağısı demir cevherinden büyük yeniden kristalleşmiş magnetit (Mag.), apatit (Ap.) ve aktinolit (Act.) mineralleri.

Figure 10: Large recrystallized magnetite (Mag.), apatite (Ap.), and actinolite (Act.) minerals from the stock work iron are,

#### Mimerai Parajenefcleri

Magnetit, apatit ve aktinolit bütün cevher tiplerinde baskın minerallerdir. Aksesuar mineraller feldspat, kuvars, mika, diopsit, hornblend, krossit, epidot, allanit ve afini kapsar, Klorit, talk, kalsit, hematit, Ti-hematit, ilmenit ve rutil düşük sıcaklık retrograd minerallerdir.

Magnetit Magnetit, bütün cevher tiplerinde baskın demir oksit mineralidir. Özbiçimli ve yarı özbiçimli taneler şeklinde bulunup boyutları masiv-bantlı cevherlerde 0,06 - 5 mm çapında, saçılmış cevherlerde 1 cm'e varan ve afisi demir cevherlerinde ise 10 cm'e varan çaplarda gözlenir. Magnetit taneleri birbirleri ile ve gang mineralleri ile dokusai dengededir. Yüzey ve yüzeye yakın yerlerde magnetit taneleri sıkça tanelerin çevresi boyunca, kırıklarda, kristal yüzeylerin

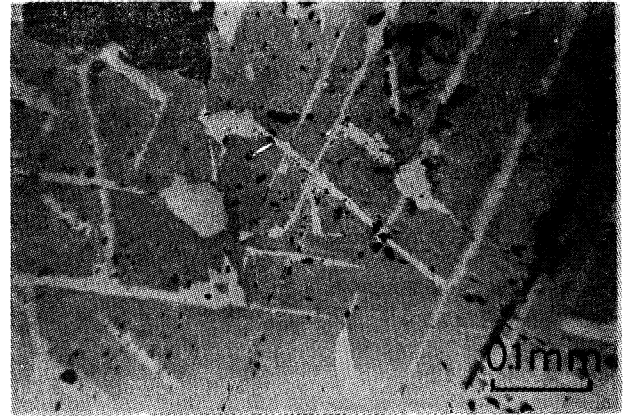


Şekil 11: Kristal yüzeyleri ve çatlakları boyunca kısmen martitlemiş (beyaz) magnetit (gri). Parlatana kesiti, polarize ışık.

Figure 11: Magnetite (grey) partly martitized (white) along the crystal surfaces and cracks. Polished section, ordinary light.

de (Şekil 11) ve oktahedral dilinim yüzeylerinde (Şekil 12) ve farkedilir derecede hematiti sonuçlayan martitleşme geçirmişlerdir.

Magnetitin ayrışmasının ilk safhası olağan martitleşme olup ayrışmanın son safhası ise götit ve rutile genel dönüşümdür. Götitin bulunuşu yalnızca yüzey mostralalarında, elmasma karşın martitleşme 200 m derinliğe kadar etkisini gösterir. Magnetit taneleri küçük apatit, aktinolit ve ender olarak krossit ve diğer gang minerallerinin kapanıklarını içerir.



Şekil 12: Oktahedral yüzeyler boyunca düzenli olarak martitleşmiş ve hematit (beyaz) tarafından değiştirilmiş magnetit (gri). Parlatana kesiti, polarize ışık.

Figure 12: Magnetite (grey) martitized regularly along the octahedral faces and replaced by hematite (white), Polished section, ordinary light.

Titanca zengin olan magnetit olasılıkla, metamorfizma ve ayrışma olaylarından önce yataklardaki ilksel demir, oksit mineralidir. Retrograd metamorfizma sı-



	Magnetit Magnetite						Hematit ve Ti-hematit Hematite and Ti-hematite						İlmenit Ilmenite			
	S2-1	S2-6	S4-4	S4-10	S4-14	S1-1	S1-4	S1-1	S2-1	S1-4	S1-13	S1-5	S1-4A	S1-17	S1-7	S1-4
SiO <sub>2</sub>	0.26	0.26	0.21	0.20	0.43	0.31	0.22	0.26	0.19	0.10	0.25	0.17	0.0	0.25	1.54	0.17
TiO <sub>2</sub>	0.10	-	-	-	-	-	-	3.46	6.45	13.37	16.21	24.00	35.50	40.70	53.10	64.07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.11	0.10	0.12	-	-	0.12	0.13	-	-	-	-	0.18	-	-	0.12	1.11
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	67.95	67.99	68.78	68.78	68.46	68.62	68.96	92.59	86.59	74.41	68.41	52.92	32.92	21.16	-	-
FeO	31.26	31.12	31.32	31.38	31.48	31.51	31.45	3.15	5.82	12.05	14.57	21.51	31.53	36.86	35.48	33.06
MnO	0.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.13	-	9.45	-
MgO	-	-	-	-	0.21	-	0.13	-	-	-	0.12	0.11	-	-	-	0.10
CaO	-	-	-	-	-	0.10	-	0.14	0.10	-	-	-	0.11	-	1.73	0.10
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.21	0.40	0.21	0.19	0.23	-	0.41	-	0.50	1.06	0.66	0.66	0.79	-	-	-
Toplam Total	100.01	99.87	100.74	100.55	100.81	100.66	101.30	99.60	99.65	100.09	100.22	99.55	100.98	98.97	101.42	98.61

\*Fe<sup>3+</sup> ideal formül ve yük dengesi varsayımı ile hesaplanmıştır.

\*Fe<sup>3+</sup> is calculated assuming ideal formula and charge balance.

**Çizelge 3: Avnik (Bingöl) bölgesinin apatitçe zengin demir cevher yataklarındaki oksit minerallerinin mikroprob analizleri.**

**Table 3: EMP-analyses of oxide minerals from the apatite-rich iron ore deposits, Avnik (Bingöl) region.**

Masiv ve bantlı cevher Massive and banded ore	Saçılmış cevher Disseminated ore			Ağır cevher Stockwork ore			
	1	2	3	4	5	6	7
Fe <sup>*</sup>	60.10	60.00	47.50	21.30	62.80	52.70	48.30
SiO <sub>2</sub>	9.05	7.90	15.75	44.80	6.60	11.85	9.80
TiO <sub>2</sub>	0.28	0.25	0.18	0.67	1.10	1.02	0.15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.45	1.45	2.80	10.05	0.40	2.87	0.60
MgO	2.50	3.00	5.20	1.98	1.60	2.29	3.30
CaO	2.90	4.60	6.10	1.30	2.05	1.31	9.60
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.15	0.30	0.70	2.98	0.19	0.31	0.40
K <sub>2</sub> O	0.01	0.01	0.05	0.24	0.03	0.03	0.05
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.65	2.30	2.45	0.60	0.45	3.35	5.50

\* Toplam demir Fe çeklinde

\* Total iron as Fe

**Çizelge 2: Avnik bölgesinin apatitçe zengin demir cevherlerinin kimyasal analizleri.**

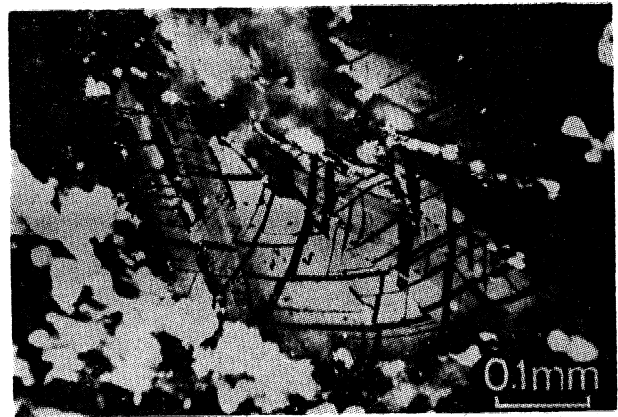
**Table 2: Analyses of the apatite-rich iron ores from Avnik region.**

rasında şu anda ma<sup>^</sup>netit Ue birlikte bulunan hematit TL hematit, İlmenit ve rutll, Tl kapsayan magnetitin oksidasycnu ile olunmuşlardır. MetamorfİEma sırasın» da yeniden kristalleşen (recrystallized) magnetitin bü= tün cevher t'pler\*nde tek düza (hc<sup>^</sup>nogneous) bir bile|lme sahip olduğu sistematik elektron mikroprob analMeriyle kanıtlanmıştır (Çizelge 3), Magnetit kris<sup>^</sup> tallei, katı çözelti büyümeleri (exsöution intergrowths) içermez ve elektron mikroprob analizleri tayin edilebilir difer elementlerin konsantrasyonunu vermez, Avnik bölgesindeki kayalar için T-f<sub>0</sub> hesaplamaları yapılmamıştır, Çünkü bu kayalar içindeki magnetit düşük sıcaklıkta önemsenir oranda ayrışmaya uğramış ve magnetit tanelerinin büyük bir kesimi hematit tarafından kısmen ornatılmıştır, Tanelerin çekirdeğindeki geriye kalan magnetit ise Buddington ve Lindsay

(1964)'in oksit termobarometri metodunun uygulaması için yeterli oranda titan içermemektedir.

Hematit ve Ti=hematit magnetitin yükseltgenme (oxidation) ürünleri olarak bulunur ve yaygın olarak ik'z lamelleri gösterirler (Şekil 13). Yataklarda, hematit ender olarak ilmenit eksolusyon lamelleri kapsar, Hematit ve ilmeni tin asal element analizleri çizeğe 2'de verilmiştir, Cevherlerdeki magnetit ve hematitlerin vanadyum içeriklerinin değişimleri oldukça küçüktür, fakat hematitin vanadyum içeriği magnetite oranla devamlı yüksektir (Çizelge 2),

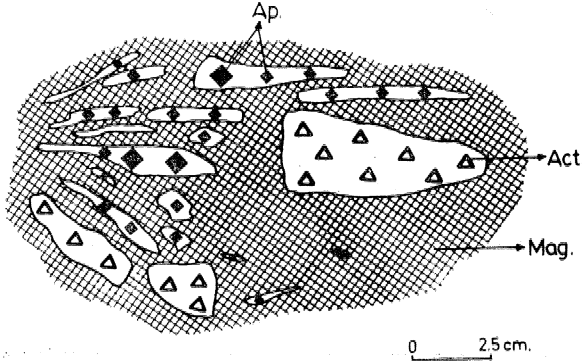
Apatit; Apatit, Avnik bölgesindeki cevherlerde magnetitten sonra İknci derecede önemli olan mine» raidir, Avnik cevherleri, genel olarak fluorapatit ve az



**Şekil 18: Ötelenme makaslaması ve ikiz lameli gösteren gerilmiş hematit, Prırlatma kc»i. çapraz nikel.**

**Figure 13/ Strained hematite, showing tranlation shearing awl twin lamellae. Polished section\* crossed nleol».**

olarak hidroksil apatitlerle temsil edilirler fakat klorin veya karbonat apatitler yoktur (Çizelge 4), İncö taneli ve iri apatitli kayalara kadar defişen çeşitli oranlarda magnetit ile birlikte bulunur, Apatit, masiv cevher zonlarında 0,02=0,5 mm boyutlarında, bantlı cevherlerde ise bazan 5 mm'ye kadar erigen boyutlarda (Şekil 7) yarı özbigimü ve özbiçimli taneler (Şekil 14) oluşturur. Af sı cevher zonlarında apatit prizmatik kristaller şeklinde bulunur ve çoğu durumlarda 15 cm uzunlukta oldukça iri taneli kristaller gösterir (Şekil 10), Bazen magnetit ve aktinolit kristalleri kapanımlan kapsar.



ŞeWi 14; Yeniden kristalleşmiş demir cevherinde\* birlikte bulunan apatit (Ap.), magneüt (Mag) ve aktinoMt (Act.),

Figure 14; ApaMte (Ap.), magnetite (Mag) and actinolite (Act.) occurring together in the recrystallized apatite-rich iron ore.

Apatitın kimyasal bileşimi, ilksel fluorapatitin ayrışmasma bağlı olarak oldukça geniş bir defisme gösterir (Çizelge 4), Magnetit cevherleriyle birlikte bu man fluorapatit kısmen hidroksi;\* fluor - apatite ve hidroksiapatite ayrılmıştır ve hemen hemen saf üyeler oluşturur (Çizelge 4 deki S3 - 5A ve S3 . 5B),

AktinoUt: Aktinolit, cevher yataklarında bulunan en önemli silikat mineralidir, Af sı demir cevherlerinde 10=15 cm Ueunlufa kadar erigen yarı özbigimli ve özbiçimli kristaller şeklinde bulunur (Şekil 10), Aktinolit kristalleri yaygın şekilde ışınal büyüme gösterir ve metamorfizma sırasında yemden kristallegmişlerdir, Einder olarak yataklarda hornbj.tnd ve krossit gözlenir.

Yataklarda igözlenen difër gang mineralleri, başlıca, diopsit» kuvars, albit, K-feJdispat, biyotit, klorit, talk, epidot ve allanittir, Klorit, genellikle çatlakları ve dilinim yüzeylerini doldurur i'e çok sık olarak biyotiti ornatır. Genellikle, klorit düzensiz (xenomorphic) kristaller şeklinde bulunur. Kalsit, sfen, rutil ve götit, yataklarda, düzensiz ve seyrek pkilde daf ılım gösterirler,

#### CEVHER YATAKLAMININ AYRINTILI JEOLJİSİ

Metavolkanik istifle ardalahmalı olan Avnik apatitçe zengin demir cevherleri masiv, bantlı ve saçılmış

	S3-5	S3-5A	S3-5B	S3-15	S1-2	S1-3	S1-4	S1-6	S1-7	S1-8
SiO <sub>2</sub>	0.23	0.14	0.16	0.17	0.13	0.42	0.26	0.20	0.29	0.10
TiO <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.10	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FeO*	-	-	-	-	0.15	0.15	-	0.10	0.13	-
MnO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MgO	-	-	0.15	-	0.10	-	-	0.10	-	-
CaO	56.29	55.87	56.00	56.01	56.32	55.32	55.76	55.24	55.16	56.39
Na <sub>2</sub> O	0.13	0.15	0.15	0.11	0.10	-	0.15	0.21	0.17	0.10
K <sub>2</sub> O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	41.78	41.64	42.24	41.49	41.91	41.63	41.63	41.26	41.38	42.18
SrO	0.10	-	0.16	-	0.12	0.11	0.10	-	-	-
SO <sub>3</sub>	0.20	0.17	0.22	0.15	0.15	0.19	0.13	0.13	0.12	0.10
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	0.62	-	0.13	0.12	0.10	-
F	3.00	4.02	-	3.99	3.00	4.22	2.96	4.12	3.01	4.18
Cl	-	-	-	-	-	-	0.10	-	-	-
H <sub>2</sub> O*	0.22	-	-	0.04	0.23	0.16	0.53	0.07	0.09	0.00
CO <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	0.07	-	-	-	-
	102.03	101.99	99.16	101.96	102.91	102.27	101.75	101.63	100.55	103.21

Hf, Li 1.30 1.69 0.0 1.60 1.30 1.78 1.27 1.73 1.27 1.76

Toplam 100.73 100.3 99.16 100.28 101.61 100.49 100.40 99.90 99.28 101.45

Total

\* Toplam demir FeO şeklinde

\* Total iron as FeO

Çizelge 41 Avnik (Bingöl) bölgesinin apatitçe zengin demir cevher yataklarındaki oksit minerallerin mikroprob analizleri,

Tablo 41 EMP-LinMiyneH of apatite İroni the apatite-rich Iron ore deposits, Avnik (Bingöl) region,

şekilde olup» gnayslar ile daha iyi korunmuş metavolkanik kayaların geçişli dokanak sonunda yerleşmiş (Şekil 1, 2), Bölgesel olarak» sağılmış demir cevherleri gnayslar ve metavolkanikler içinde yaygındır, fakat genellikle, masiv cevher zonlarının çevresinde yoğunlaşımiflardır. Bantlı cevher zonları, 1-2 milimetreden birkaç santimetreye kadar defişen magnetit - apatit lamifiasyonları gösterir, Masiv ve bantlı demir cevherleri Avnik granitoddiyle kesildiği yerlerde remobilize olarak iri magnetit» apatit ve aktinolit kristalleri kapsayan karmaşık damarlar pklinde ağısı - cevherleri olufurur .

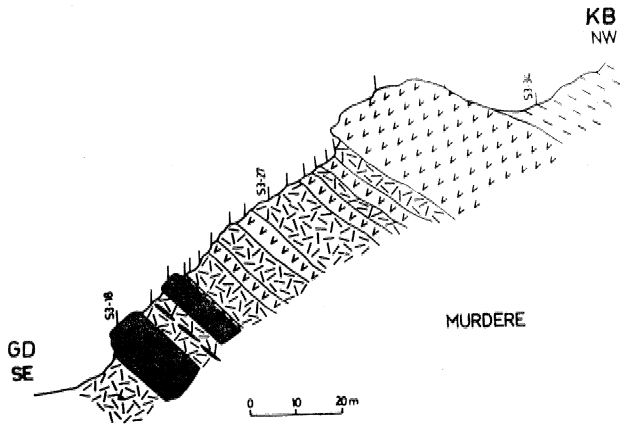
Avnik bölgesinde, metamorfik kayalar bölgesel ölçekte güneye devrüc bir antiklinal yapısı sunarlar. Cevher yatakları böifesel olarak izlendiğinde aşaları yukarı aynı yapıya uyum gösterirler. Demir cevheri yatakları aşağıda belirtilen yerlerde yerleşmişlerdir; Murdere ve Mışkel yatakları aatİMinalin KB dalımlı burnunda; Haylandere, ^onaç Tepe, Kehne Tepe ve Kılhaz yatakları antiklinalin güneybatı devrik kanadı boyunca; Villik ve Harabe yatakları antiklinalın küzeydofu normal kanadı boyunca. Hamek ve Kaşman yatakları, Avnik bölgesindeki masifin iç kesiminde gözlenen bindirme faymm kü^eydofu kesiminde yerleşimiflr (fekil 1),

Bölgesel konumda mineraleleşmiş gövdelerin ince- lenmesi, küçük alanların ve bireysel yatakların çalış- masından farklı olarak yatakların jenezl hakkında ve, riler kazandırmıştır. Bu sonuçlar, yataktan yatağa farklı veya birbirlerini destekler görünümündedir. En- çok ekonomik olan ve bütün cevher tiplerini içeren Mişkel ve Murdere yataklarının ayrıntılı incelenmesi sonucunda, bu yataklara oluşumunu en iyi şekilde a- çıklayan bir oluşum modeli ortaya çıkmıştır,

#### Murdere Yatağı

Murdere sahasının magnetit yığılımları doğrudan metavolkaniklerle ilifli ve bazı metavolkanikler, amfibolitler ve gnayslar içinde bulunurlar, fakat cev- her gövdelerinin büyük bir kesimi Avnık granitoidi ta- rafından kesilmiş ve özümlemişlerdir. Cevher zonları özümlemiş mafik yamalar içinde gözlenir, Saçılmış demir cevherleri; genellikle masiv cevher zonları çev- resinde yığılmışlardır (Şekil 3), Saha gözlemleri, masiv cevher mercleklerinin derinlikle ve granitoid do- kanaklarına dofrü kamalandığını gösterir, 1-5 m ve 50 cm-8 m kalınlıkları arasında değişen iki farklı ana cevher merceği bulunur (Şekil 15), Bunlara ek olarak çok -sayda ince merclekler kısa mesafelerde yanıl o- iarak kapanırlar (Şekil 4), Masiv cevher merclekleri metatüf ve metavolkaniklerle arakatmanlıdır (Şekil B).

Murdere cevherlerini etkileyen ayrışmalar, yan kayaların feldispatlaşması, silisleşmesi, kloritleşmesi, serizitleşmesini ve magnetitin martitleşmesini kapsar.



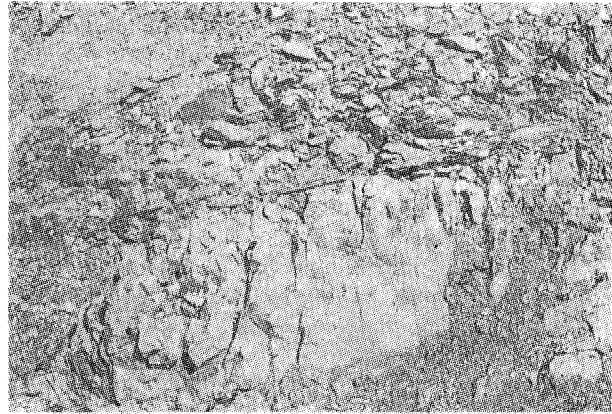
Şekil 15: Cevher mercleklerini ve ana (host) kayaları gösteren Murdere yatağının ayrıntılı enine kesiti (S3 kesiti).

Figure 15: Detailed cross section of the Murdere deposit, showing the ore lenses and the host rocks (S3 section).

#### Mişkel Yatağı

Mişkel cevher yatağı, Murdere yatağının uzantısı olarak yaklaşık 500 m güneybatısında yer alır. Ana cevher gövdesi, gnayslar (oldukça yapraklanmış felsik metavolkanikler) ile daha iyi korunmuş metavolkanik kayaların geçişli dokanak zonunda yerleşmiştir

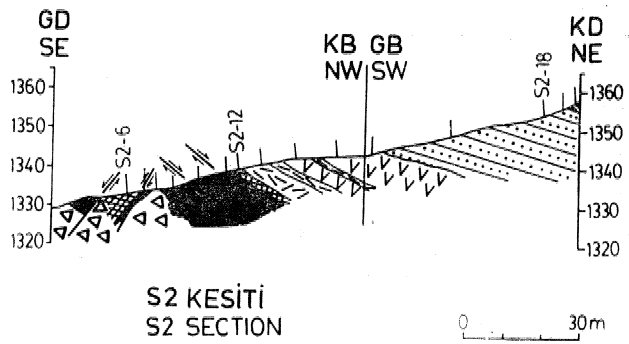
(Şekil 16), Sondajlar, masiv ve bantlı cevherlerin en az 250 m derinliğine kadar eriştiğini gösterir, fakat merclekler derinlere dofrü kamalanır ve yanıl olarak kaybolurlar (Şekil 3, 4),



Şekil 16: Bazik, ortaç ve felsik bileşimlerde ardalanma gösteren iyi korunmuş metavolkanik kayalar, Mişkel Yatağı.

Figure 16: Better-preserved metavolcanic rocks alternating basic-intermediate to felsic in composition, Mişkel deposit.

Saçılmış demir cevherleri, amfibolitler, gnayslar ve metavolkanikler içinde yaygındır fakat genellikle masiv cevher zonları çevresinde yığılmışlardır, Afsı cevher zonları, başlıca yatakların doğu (Şekil 17) ve güneydoğu kesimlerindeki granitoid çevresinde veya içinde yerleşmiştir (Şekil 3, 4), Bunlar iri magnetit, apatit ve aktinolit kristalleri içeren karmaşık afsı damarlar gösterir, Afsı cevherler, ana cevher gövdesinin alt ve üstünde de bulunur.



Şekil 17 : Cevher ve ilgili kayalar arasındaki ilişkiyi gösteren Mişkel yatağının doğu kesiminin enine kesiti (S2 kesiti).

Figure 17: East part of the Mişkel deposit, showing the relationship between ores and associated rocks (S2 section).

Ana cevher gövdesi 850 m uzunluğunda ve 10-15 m genişliğinde bir kuşak boyunca yerleşmiştir, Mercelsel masiv cevher zonu laminalı olup yanıl olarak

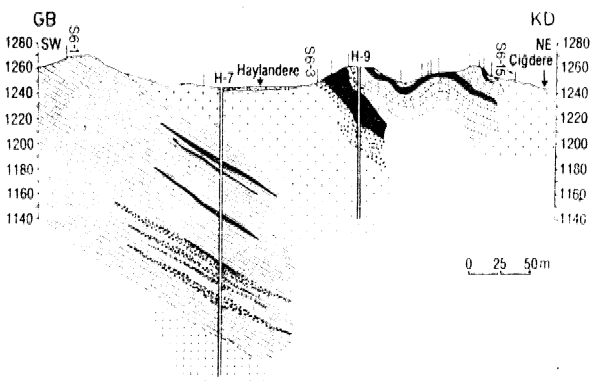
kalınlıkları maksimum 2 ile 5 m arasında değipn çok sayıda mercerler şeklinde kaybolurlar, Amfibolitler, metatüfler, metavolkanikler ve ender olarak metaaglomeralar masiv cevher mercerleri ile ardalanmalıdır (Şekil 6), Cevher gövdesi içindeki bantlı cevher zonu lan 1\*2 milimetreden birkaç santimetreye kadar değışen magnetit - apatit laminasyonlan gösterir (Şekil 7), Yer yer apatitçe zengin kesimler masiv cevher gövdesi içinde bulunurlar,

Magnesit baskın mineral olup, apatit ve aktinolit en önemli gang mineralleridir.

Cevherlerin ortalama fosfor kapsamı %0.8 dir; bununla beraber, yatakların, kuzeydoğu ve güneydoğu kesimlerde olduğu gibi, belli kesimlerde ortalama fosfor kapsamı %1,46'ya kadar yükselebilir, Apatit, fosforca zengin kesimlerde, genellikle magnetit içinde bantlar şeklinde gözlenir veya 15 em'ye varan boyutlardaki apatitler şeklinde yeniden kristalleşmiştir, Yatafm titanyum kapsamı yüzde 0,12 ile 0,61 arasındadır,

#### Haylandere Yatağı

Bu yataklar, aralarında küçük cevher mercerleriy-nur, Murdere, Miskel ve Haylandere cevherlerinin hepsi yaklaşık olarak aynı stratigrafik düzeyde olmalarına karşın, Haylandere yatağı bölgesel haritadan izlendiği gibi cevher mercerleri ile diğer yataklara bağlantılı deşildir (Şekil 1). Yatağın kuzey keşimi alüvyon ile örtülü olup bütün cevher gövdesi Avnik granitoidiyle kufatılmıştır. Yan kayalar, granit tarafından kesilmiş, ve Özümlenmiş gnays ve amfibolitlerdir (Şekil 18, 19). Masiv demir cevheri mercerleri KB-GB uzanımlı ve OD ye eğimlidirler (Şekil 18), Masiv, bantlı ve seyrek olarak saçılmış demir cevherleri yatakta bulunur ve cevherler H-9 sondajı çevresinde yofunlaşmışlardır, Magnetik çalışmalar ve H-7 sondajı, yüzlek vermeyen ve yaklaşık 60 m derinlikte bulunan bir cevher gövdesini ortaya koymuştur, Haylandere yatağı küçük mercerlerle Gonaç yatağına baflanır,



Şekil 18: Ana kayaları ve granitoid sokulimunu göB- teren Haylanclere cevher gövdesinin enine kesiti (S6 kesiti),

Figure 18/ Crm» seetton of the Haylandere orebody, ühowinif the host rocks and the granitoid intrusion (S6 section),

Magnetit baskın olan mineraldir ve cevherlerdeki en önemli gang mineralleri apatit, aktinolit ve epidot-tur,

Ortalama fosfor ve titanyum kapsamı %0,78 P ve %0,79 Tfdır,

Gonaç Tepe, Keime Tepe ve Kilhaz Yatakla»

Bu yataklar, aralarında küçük cevher mercerleriyle bağlantılı olup hepsi antiklinalin güneybatıya dev-



Şekil 19; Metavolkaniklerle ardalanmış masiv ve bantlı demir cevherleri sol tarafta Avnik granitoidi (beyaz renkte) tarafından kesilirler.

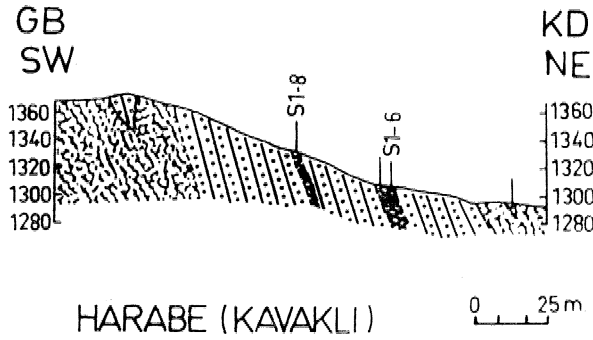
Figure 19: Massive and banded iron ore» interbedded with metavolcanics, are intruded by the Avnik granitoid (white in color) on the left.

rik kanadı boyunca uzanırlar (Şekil 1). Cevher mercerleri, cevher gövdelerini ileri derecede özümleyen ve remobilize eden Avnik granitoidi içinde yaklaşık olarak KB-GD uzanımlıdır. Bu yataklar, belirgin olarak iri magnetit, apatit ve aktinolit kristalleri (10 cm uzunluğuna kadar erişen) kapsayan, birbirlerini kesen damarlarla belirgin olan, ağısı cevher tipiyle temsil edilirler. Gonaç Tepe yatağında sondajlar, 5 ile 10 m kalınlıkta cevher mercerleri kestikten sonra granitoid girerler. Bu yataklar genel olarak küçük olup ekonomik önemleri yoktur.

Magnetit, apatit ve aktinolit ile birlikte bulunur, Gonaç yatağının ortalama fosfor kapsamı yaklaşık %1,41 ve titanyum kapsamı ise %0,36 dır,

#### Villik ve Harabe Yatakları

Bu yataklar, kuvvetli yapraklanma gösteren, granitoid tarafından ileri düzeyde özümlemiş ve kuşatılmış amfibol gnayslar içinde yer alırlar. Granitoid dokanaklarma doğru kuvars - feldispat gnayslar ve migmatitler gözlenir (Şekil 20), Cevher gövdeleri antiklinalin kuzeydoğu normal kanadı boyunca yerleşmiş ve baskın olarak apatit, az oranda magnetit ile temsil edilirler. Özellikle Harabe cevherleri içindeki bazı mer-



Şekil 20 i Apatit mercceklerini ve ana kayaları gösteren Harabe cevher gövdesinin enine kesiti.  
Figure 20/ Cross section of the Harabe orebody, showing the apatite lenses and the host rocks.

çeklerde apatit konsantrasyonları hacimsal olarak % 50-70'e erişerek apatit yataklarını oluşturur. Bantlı, saçılmış ve birbirini kesen apatit damarları bolca olup magnetit genellikle saçılmış şekilde gözlenir,

Örnek No. Sample No.	Lu	Ce	Nd	Sm	Cu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Im	Yb	Lu
Avnik apatitleri: Avnik apatites:													
S3-5	340	796	374	96.6	5.1	136.5	16.3	87.6	20.8	79.4	44.0	0.0	
S3-15	691	1622	792	199.0	8.8	123.5	24.3	128.0	30.0	50.7	62.8	10.9	
S1-2	435	722	418	109.9	5.9	240.4	19.1	103.9	27.0	101.4	63.3	11.0	
S1-3	631	1186	752	151.5	7.9	110.5	24.9	128.4	29.4	68.3	71.8	14.0	
S1-4	514	936	338	106.7	5.9	192.6	15.7	83.7	20.7	81.6	50.0	6.5	
S1-6	134	469	718	343.4	13.3	447.5	66.3	365.2	85.7	297.6	144.4	21.4	
S1-7	69	312	433	270.5	10.2	669.1	61.8	350.0	85.0	303.3	149.8	20.7	
S1-8	157	555	721	296.1	10.5	575.8	58.0	323.0	82.6	284.4	154.0	21.0	
Darango apatiti/ apatite: 2900	4519	1190	132.5	13.6	120.1	18.0	69.2	9.5	28.7	31.3	4.4		

Çizelge 5: Avnik (Bingöl) bölgesinin apatitlerinde REE bolluğu (ppm).  
Table 5: REE abundances (ppm) in apatites from Avnik (Bingöl) region.

Kuars, aktinolit, sfen, allanit ve ilmenit az mlt. tarda bulunurlar, Apatit ile sfen ve allanit arasındaki yakın ilişki yaygın olarak gözlenmiştir, Hamek ve Kaşiman Yatakları

Bu yataklar, Avnik sahasının orta kesimi boyunca uzanan bindirme fayının üst kesiminde yerleşen gnayslar, amfibolitler ve metavolkanikler içinde gelişmiş olup, başlıca saçılmış magnetit cevherleri içerirler (Şekil 1), Bu yataklarda, magnetit oluşumları, kayaların 20-30 hacim yüzdesine kadar erişirler, fakat masiv cevher merccekleri oldukça enderdir (Şekil 21),

Magnetit haskım mineraldir ve en önemli gang mineralleri kuvars, feldispat, mika, klorit, krossit, hematit ve Ti-hematiti kapsar, Hamek yataklarında ortalama fosfor ve titanyum içerikleri %0,16 P ve %0,40 Ti dur.

Örnek No. Sample No.	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Im	Yb	Lu
Masiv ve bantlı demir cevherleri: Massive and banded iron ores:								
S2-1	10.0	38	11	2.9	0.4	0.53	0.24	1.78
S2-9	41.5	86	32	5.1	1.7	0.63	0.25	1.83
S2-11	84.2	153	56	8.5	0.7	1.18	0.49	3.12
S3-10A	21.1	58	24	5.4	0.4	0.62	0.19	1.84
S3-20	40.4	89	29	5.3	0.6	0.63	0.19	1.48
S4-2A	93.4	177	57	9.5	1.1	1.31	0.47	3.61
S4-4A	6.3	10	4	0.8	0.4	0.13	0.06	0.41
S4-6	141.0	383	78	11.4	0.2	0.76	0.19	1.34
S4-10A	14.1	26	9	1.9	-	0.10	0.08	0.81
S4-12	88.8	162	59	7.6	1.1	1.48	0.43	2.84
S4-14	143.3	313	95	15.5	0.4	1.67	0.50	3.70
S4-4	3.0	17	10	1.8	0.2	0.21	0.10	1.19
S7-5	2.2	14	7	1.0	0.1	0.36	0.08	0.60
S1-12	505.3	982	281	43.3	2.7	5.79	2.15	16.27
S1-14	98.6	188	42	5.9	-	0.79	0.29	1.94
S1-22	22.9	58	19	2.7	0.4	0.35	0.23	1.53
Ağsı demir cevherleri: Stockwork iron ores:								
S3-5	334.1	741	280	50.6	3.2	7.12	2.57	19.87
S3-15	489.1	1094	451	75.5	4.1	10.17	2.63	22.42
S1-2	270.8	558	126	22.3	1.0	2.32	0.88	6.40
S1-4	330.1	728	212	35.2	1.7	4.24	1.58	12.37

Çizelge 6: Avnik (Bingöl) bölgesindeki masiv-bantlı ve ağsı demir cevherlerinde REE bolluğu (ppm).  
Table 6: REE abundances (ppm) in massive-banded and stockwork iron ores from Avnik (Bingöl) region.



Şekil 21/ Saçılmış magnetit cevherlerini ve ana kayaları gösteren Hamek cevher gövdesinin enine kesiti (S7 k^itt),

Figure 21/ Grossa section of the Hamek orebody, showing the disseminated magnetite ores and the host rocks (S7 section).

## NADİR TOPRAK ELEMENTLERİ

Demir cevherlerinden ayrırtıanmif apatitler, masiv-foantlı demir cevherleri, ağsı demir cevherleri ve birlikte bulunan metavoikanik kayalara ait nadir toprak elementlerinin (REB) dağılımı Şekil 22 den 26'ya kadar sunulmuştur. Bütün RBB konsantrasyonları, Haskin ve diferleri (İ068) tarafından verilen bir dM kondritik (chondritic) deferl^re karşı normalize edilmilerdir,

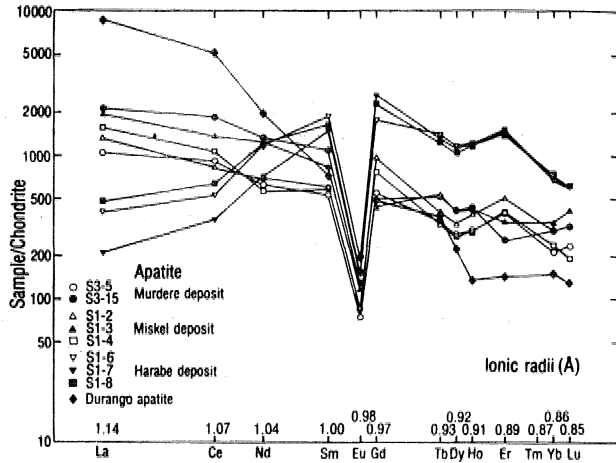
## Apütttler

SS-5, S8-15 ve S1-6 Örnekleri, yeniden kristalleşmiş bantlı - masiv demir cevherlerinden ve geri kalan örnekler ise afir demir cevherlerinden ayrılmıştır. Apatitlerin REE sonuçları Çizelge 5'te verilmiştir.

Avnik cevherlerinin apatitlerinde, magmatik apatitlerin özelliklerine benzer şekilde hafif nadir elementleri (LREB) başlan ve afir nadir toprak elementleri (CHREE) ise ikinci derecededirler (Fleischer, 1988). Avnik apatitlerinin REE biçimleri (pattern) denizel kökenli apatitlerinden tümüyle farklıdır, örneğin Laajoki (1975) tarafından çaiiplan Väyrylänkylä yataklarının (Finlandiya) apatitleri gibi,

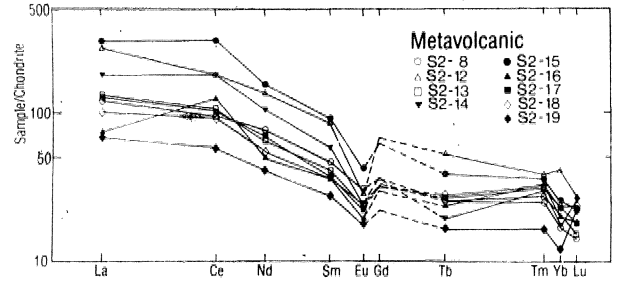
Avnik apatitlerinin REE biçimleri yüksek  $2^{REB}$  gösterir, Murdere - Mişkel ve Harabe apatitleri büyük negatif Eu anomaliye sahip olmaları dışında kendi içlerinde benzer biçimler sunarlar (Şekil 22), Örneklerin hepsi, birlikte bulunan metavolkanitlerden daha büyük negatif Eu anomalilerine sahiptirler (Sekil 23), Metavolkanitlerin REE biçimleri, plajiyoklas ayrılması olan tipik bir magmatik farklılaşma serisi sunarlar (Helvacı ve Griffin, 1983b), Genelde Murdere-Mişkel apatitleri, Harabe apatitlerinden daha yüksek LREE kapsamı gösterir. Harabe apatitleri, LREE'ri büyük oranda bünyesine alan allanit ve sfenin birlikte bulunışundan dolayı REE kapsamı düşük olan apatitlerdir,

Avnik apatitleri, sedimanter depolanmayı vurgulayan negatif Ce anomalileri göstermezler. Demir cevherlerinden ayrılan apatitler ile metavolkaniklerin REE biçimlerinin benzerliği magmatik kökeni önerir.



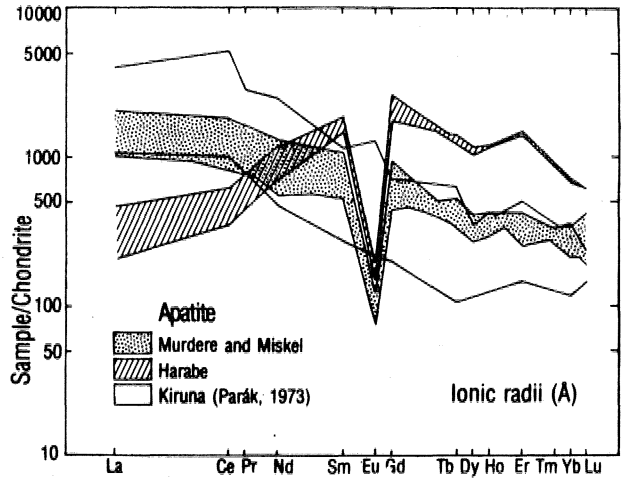
Şekil 22: Avnik apatitlerinin kondritlere göre normalize edilmiş (chondrite-normalized) REE şekilleri. Şekildeki numaralar Çizelge 4'de M numaralara karşı gelir ve bunlar Şekil 1, 8 ve 20 de gösterimilerdir,

Figure 22: Chondrite-normalized REE patterns of the Avnik apatites. Numbers in the figure correspond to those to Table 4 and they are shown on Figs. 1, 3 and 20,



Şekil 23: Avnik metavolkanitlerinin kondritlere göre normalize edilmiş (chondrite-normalized) REE şekilleri, Murdere - Mişkel ve Harabe apatitleri ile karşılaştırılması. Figure 23: Chondrite-normalized REE patterns of the Avnik metavolcanic apatites compared with the Kiruna apatites. Numbers in the figure correspond to those to Table 4 and they are shown on Figs. 1, 8 and 20,

Durango apatiti (Young ve diğerleri, 1969), Murdere ve Mişkel apatitlerine benzer, fakat onun REE defanseri Avnik apatitlerinden çok daha yüksektir, Mişkel ve Murdere apatitlerinin REE biçimleri, Parâk (1973) tarafından çalışılan Kuzey İsveç Kiruna Magnetit Yataklarındaki apatitlere de benzerler (Şekil 24),



Şekil 24: Avnik apatitlerinin kondritlere göre normalize edilmiş (chondrite-normalized) REE şekillerinin Kiruna apatitleri ile karşılaştırılması.

Figure 24: Chondrite-normalized REE pattern of the Avnik apatites compared with the Kiruna apatites.

## Masiv ve Bantlı Cevherler - Toplam Kaya BEE

Masiv ve bantlı cevherlerin REE analizleri Çizelge 6'da verilmiştir. Masiv ve bantlı cevherlerin REE biçimleri genelde apatit tarafından kontrol edilir ve cevherlerdeki kesin REE konsantrasyonu apatit miktarıyla yakın olarak bağlantılıdır,

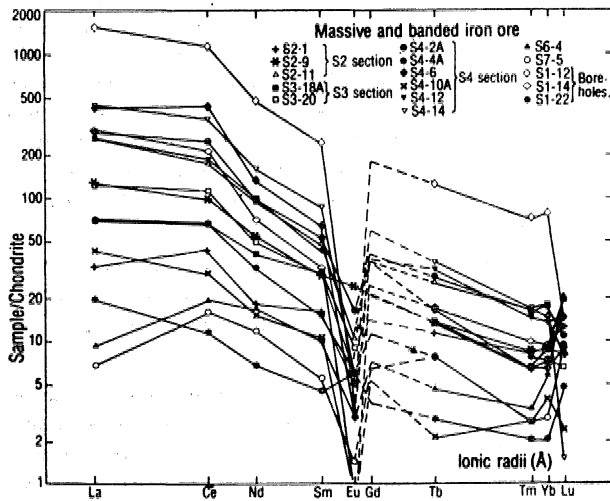
Bazı masiv -bantlı cevherlerin REE biçimleri, apatitü bol miktarda bulunuşundan dolap çok yüksek *nmm* gösterirler, LREE de büyük bir zenginleşme, düf ün HREE ve büyük negatif Eu anomaliler gözlenir (Şekil 25), REE biçimleri, birçok modem kalk -alkalin volkanik şenlere (Dostal ve diğerleri, 1977) benzerlik gösteren metavolkaniklerinkme de benzerdir, Cevherlerin bazıları düfük *Jr*RIDE gösterir ve en düfük *f*REEi kapsamlı örnek poMtif Eu anomali sunar.

Af sı Cevherler , Toplam Kaya BEE

Af sı demir cevherlerinin REE analizleri de Çizelge 6'da verilmiştir. Tüm örnekler benzer REE biçimleri gösterir ve cevherlerin içindeki apatit konsantrasyonuna baflı olarak <sup>^</sup>EEE'de dötüşmeleri yansıtır\* lar, LREE de bir zenginleşme ve HREE'de ise azalma gözlenir (Şekil 20), Granitoid sokulumu ve metamorfizm mraamdaki af sı cevherlerin remobilizasyonu ve yeniden kristallemeleri Eu anomalileri hariç REE biçimlerini bozmamı! ve değiştirmemiştir, Af sı cevherler fle'masiv \* bantlı cevherlerin REE biçimleri arasında belirgin bir farklılık yoktur, Bu netice, aym zamanda REE analMerinin orjinal kayaları temsil ettiğini gösterir, Af sı cevherlerin negatif Eu anomalisi masiv ve bantlı cevherlerinkı kadar büyük def ildir. Bu sonuç ise remobilizasyonun yükseltgen ortamda geliştiğini öngörür,

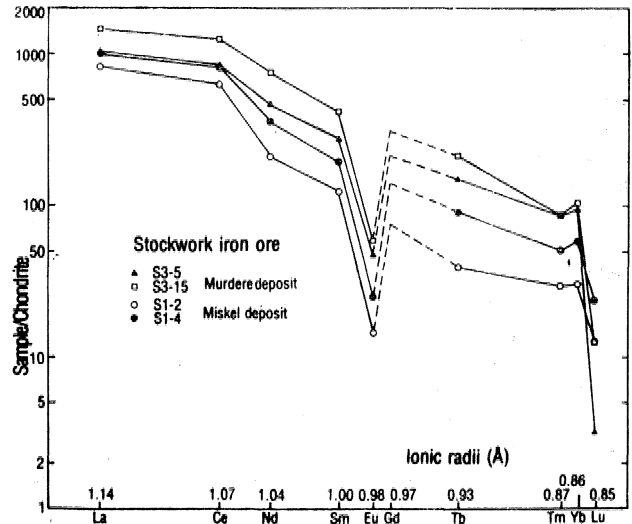
#### TARTIřMA; OEVÜEB YATAKLABİNİN JENEZİ

Avnik bölgesindeki apatitçe rengin magnetit cevher yatakları üzerinde yapılan saha, petrografik ve jeokimyasal verileri yorumlamak için magnetit - apa-



Şekil 25: Masiv ve bantlı demir cevherlerinin kondritlere göre normalize edilmiş (chondrite-normalized) REE şekilleri, Şekildeki numaralar Çizelge 5'deki numaralara karşı gelir ve Şekil 1 ve 3 üzerinde gösterilmişlerdir.

Figure 25: Chondrite-normalized REE patterns of the massive and banded iron ores, Numbers in the figure correspond to those in Table 5, and they are shown on Figs. 1 and 3.



Şekil 26: Ağsı demir cevherlerinin kondritlere göre normalize edilmiş (chondrite-normalized) REE şekilleri, Şekildeki numaralar Çizelge 5'deki numaralara karşı gelir ve Şekil 1 ve 3 üzerinde gösterilmişlerdir.

Figure 26: Chondrite-normalized REE patterns of the stockwork iron ores, Numbers in the figure correspond to those in Table 5, and they are shown on Figs. 1 and 3.

tit cevherlerinin ortaçtan felsige kadar def işen kalk -alkalin metavolkanik kaya serileri içinde bulundu u önemle vurgulanmalıdır, Metavolkanikler lavlar ve tüfler şeklinde bulunur ve volkanik malzemenin su içinde yeniden depolandığını veya yeniden işlendiğini gösterir hiçbir veri yoktur. Cevherler, volkanik istif içinde nisbeten stratigrafik seviye halinde olup daha sonra deformasyon geçirmişlerdir, Avnik cevherleri, Prekambriyen'in bantlı demir formasyonlarına benzerlik göstermezler (Mernik, 1982; Maynard, 1983).

Jeolojik problemlere, bütün ileri düzeyde analitik yâMagımlarda olduğu gibi, sonuçların yorumlanmasındaki olasılıklar temel jeolojik verilere çok yakımdan bağımlıdır. Bundan dolayı, aşağıdaki tartışmada sonuçların birçoğu,, Avnik sahasının petrolojisi ve jeokimya özelliklerinin çok geniş kapsamlı araştırma ve gözlemlerine önemli derecede bağımlıdır,

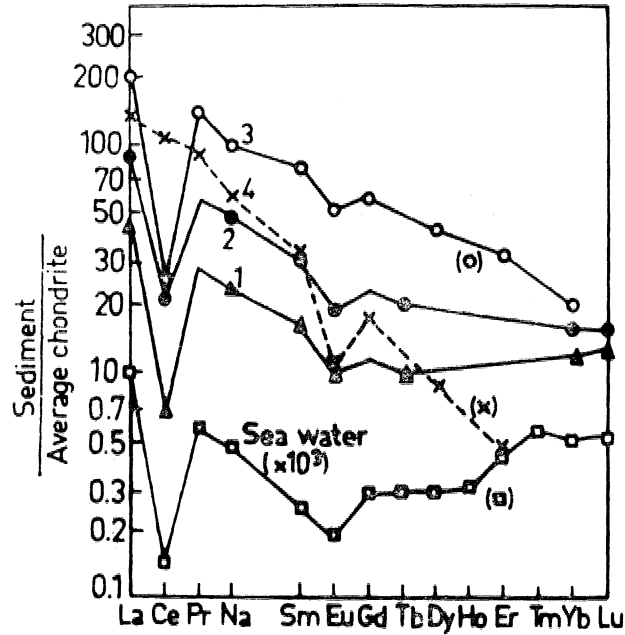
Apatit, masiv „ bantlı cevherler, af sı cevherler ve birlikte bulunan metavolkanikler benzer REE biçimleri gösterirler, Bunlar^ sedimanter ortamlardaki yatakların cevherlerinden çok farklı olup, REE biçimleri cevherler ile volkanikler arasında genetik bir ilginin olduğunu vurgular. Benzer gözlemler, Arvanitidis ve Rickard (1981) tarafından Orta İsvç'teki Bamberg yataklarında yapılmıştır,

Apatitlerin ve demir cevherlerinin büyük Eu anomalileri, apatitler ve magnetitler ile birlikte bulunan volkanik serilerin arasındaki diğer bir bağlantıdır. Bunların herbiri, felsik magmaların uç aynlanma kristalizasyonu ile aym prensiplere uygun olarak belirgin negatif Eu anomalisi gösterir, fakat Ce azalması

Sunmaklar, Roelandts ve Dushesne (1977), Rogaland anortoitiermdeki apatitin birlikte bulunan sıvılardan, plajiolklasm aynı zamanda olan ayrımlanmasmdan dolayı daha büyük negatif anomalilere sahip olduğunu göstermiştir. Aynı mekanizmanın Avnik apatitleri için de uygun olduğu Helvacı ve Griff İn (1983b) tarafından fterilmiştir.

New Brunswick demir formasyonları ve masiv sülfidlerdeki büyük pozitif Eu anomalilerinin hidrotermal sülfid yatakları için tipik olduğu Graf (1977) tarafından önerilir. Sedimentlerin REE biçimlerinin, hidrotermal sistem içinde su ve kayanın birbirine etki etmesine bağlı olabileceği ve ergiyik ile felsik felsidapatik porfirlik kaya arasındaki etkileşiminin (interactions) ergiyikte pozitif Bu anomali üretebileceği gösterilmiştir.

REE biçimlerinin güncel deniz suyuna benzerliği ile negatif Ce anomalileri, deniz suyu dengede olmanın iyi bir verisidir (Şekil 27). Doğu Pasifik Yükselindeki metalli sedimntler ve güncel deniz tabakası yatakları da deniz suyundan türemiş negatif Ce a



Şekil 27 Paleozoyik'den güncel kadar Fe-Mn kimyasal sedimntler ve deniz suyunun kondritlere göre normalize edilmiş (chondrite-normalized) REE şekilleri 1, Ortalama Doğu Pasifik yükselme sırtı setimnti, 2, Ortalama Doğu Pasifik yükselme yamaç sedimnti, 3, Silüriyen bantlı Fe-Mn kimyasal sedimnti, Maine (Fryer, 1977a'dan alınmıştır), 4, Silüriyen bantlı Fe-Mn kimyasal sedimnti, Maine (Fryer, 1977a'dan alınmıştır).

Figure 27: Chondrite-normalized REE patterns in Paleozoic to recent Fe-Mn chemical sediments, and sea water. 1. average East Pacific Rise crest sediment, 2, average West Pacific Rise flank sediment, 3. Cyprus ochre, 4. Silurian banded Fe-Mn chemical sediment, Maine (after Fryer, 1977a).

nomaliler gösterirler (Graf, 1978), Avnik yataklarında da demir cevherleri ve birlikte bulunan metavolkaniklerin REE biçimleri negatif Ce anomalileri göstermezler. Bu sonuç cevherlerin ve volkaniklerin deniz tüyünden etkilenmediğini gösterir. Fryer (1977a ve 1977b), metalli (metalliferous) sedimentlerinde dâhil olduğu okyanus ortası sırtlarında (ocean - ridge) yer alan sedimentlerin kondritlere göre normalize edilmiş REE biçimlerinin küçük negatif Eu anomalileri ve büyük negatif Ce anomalileri gösterdiğini kanıtlamıştır (Şekil 28), Bu sonuçlar Avnik cevherlerinin deniz suyu ile ilişkili olmadığını vurgular. Böylece, Avnik cevherlerindeki kimyasal çökelimli sedimentler ve volkanik sedimentler cevherler olmadığı ortaya çıkar.

Deniz suyu REE biçimi gösteren ve bugüne dek çalışılan tek apatitçe zengin demir cevherleri Kuzey Finlandiya Väyrylänkylä yataklarındaki Prekambriyen yaşlı demir formasyonlarıdır (Laajoki, 1975), Bu yataklardaki cevherler büyük negatif Ce anomalileriyle sahip olup önemli bir Eu anomalisi göstermezler (Şekil 28), Laajoki (1975), apatitçe zengin demir cevherleri REE biçimlerinin metamorfik değişimlere ve bozulmalara karşı çok dayanımlı olduğunu üerl sürer. Bu sonuçlar kabul edilirse Avnik apatitleri ve demir cevherlerine ait REE analizlerinin orijinal kayaları temsil eden sonuçlar olarak ele alınabileceğini gösterir.

Bir felsik ergiyikten göze çarpan şekilde saf ve mineralojik olarak belirgin apatit ve demirce zengin yatakların oluşumu, ana ergiyik hareketi ve pekişmesi (consolidation) sırasında demir fraksiyonunun ayrılması gerektiğini öngörür, Fe, P ve uçucu bileşenler yönünden çok yüksek konsantrasyonlara sahip olan alkanin ve fosforca zengin magmalarda en ilgi çekici mekanizma olfanüstü şekilde sık olan, karıtmayın sıvılardır (immiscibility), Watson (1976), bir ergiyik bazik ve felsik olarak karılmayan sıvılara ayrıldığında, bazik ergiyiklerde REE biçimi 4, ve Fun ise 10 kere daha fazla zenginleştiğini göstermiştir, Philpotts'ın (1967) önerdiği gibi bazik ergiyik daha ileri derecede ayrımlanma ile karıtmayan apatit magnetit ergiyikine ayrılabilir.

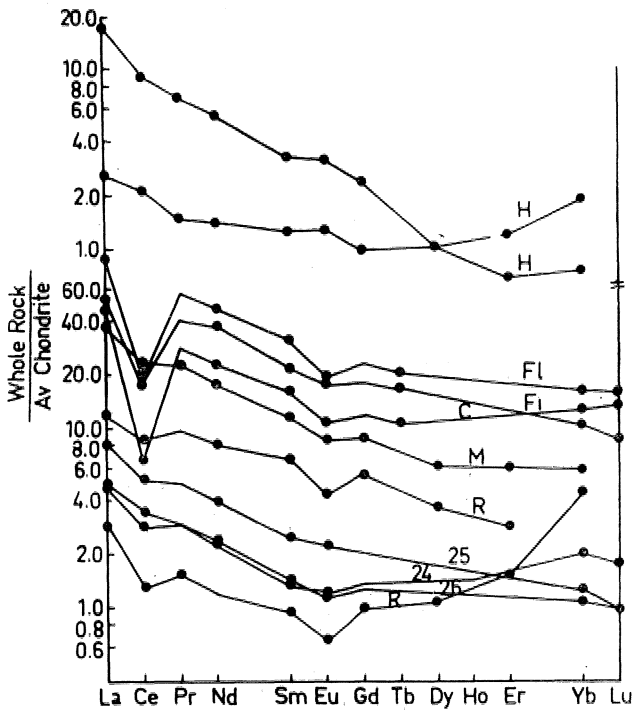
Bu modeMn prensipleri ile, Avnik riolitik magması ile birlikte bulunan karıtmayan basık sıvılardan kristalleşen apatitin REE biçimi aşamadaki REE hesaplanabilir:

1. Felsik ergiyik  $x_4$  = bazik ergiyik (karıtmayan sıvılar), Watson'un (1976) verileri, bazik ergiyik felsik ergiyik oranla La, Sm ve Lu yönünden zenginleştiği önerir, fakat farklılıklar ölçüm hatası payı içindir.

2. Bazik ergiyik  $x$  apatit/bazalt bölme katsayısı  $s$  REE apatit, Watson ve Green (1981) tarafından 4 bazik kompozisyon için çalışılan 950 °C (ortalama bölme katsayısı kullanılmıştır,

3. Watson ve Green (1981) Dy için  $IC_0$  verilerini vermiştir, fakat Avnik metavolkaniklerinin Dy'ni analiz edilememiştir (Çizelge 7), Bu katsayılar, Dy ile benzer iyonik yarıçapa ve benzer bölmelere sahip olan Tb için kullanılmıştır.





Şekil 28i Demirce zengin kimyasal sedimentlerin kondritlere göre normalize edilmiş (chondrite-normalized) BEE şekilleri! (24) Ortalama zenginleştirilmiş oksit fasiyes, Sokoman Demir Formasyonu; (M) Ortalama silikat-karbonat fasiyes, Sokoman Demir Formasyonu; (B) Bapitan Demir Formasyonu; (M) Mesabi Demir Formasyonu; (Fi) Apatit zengin Demir Formasyonu, Flinton; (H) Brockman Demir Formasyonu, Hamersløy Grubu Avustralya; (O) Ortalama Doğu Pasifik yükselme sırta sedimenti; (IX) Ortalama Doğu Pasifik yükselme yanısırtı (Fryer, 1975)'den alınmıştır.

Figure 28i Chondrite-normalized BEE patterns of iron-rich chemical sediments: (24) average oxidized mafic facies, Sokoman Iron Formation; (M) average oxide facies, Sokoman Iron Formation; (B) Bapitan Iron Formation; (M) Mesabi Iron Formation; (Fi) apatite-rich iron formation, Flinton; (H) Brockman Iron Formation, Hamersley Group, Australia; (C) average East Pacific Rise orest sediment; (FL) average East Pacific Rise iron sediment (after Keyer, 1975).

Hesaplanan apatitlerin BEE biçimleri, cevherlerdeki apatitlerinle paraleldir. Sonuçta, Avnik apatit zengin masiv ve bantlı cevherlerin, felsik metavolkanitlerle aynı jenezde sahip olan bazı ergiliklerden

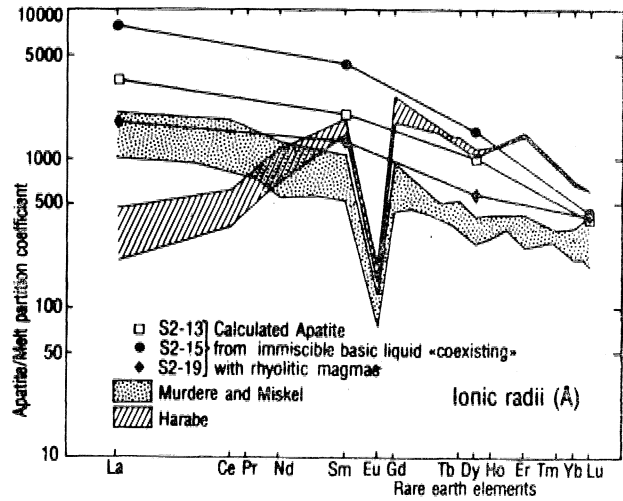
	S2-8	S2-12	S2-13	S2-14	S2-15	S2-16	S2-17	S2-18	S2-19
La	40	92	44	62	101	25	43	34	23
Ce	86	159	95	161	276	113	93	82	52
Nd	47	83	40	63	93	30	42	34	25
Sm	8.47	15.49	7.49	10.61	16.43	6.54	7.80	7.67	5.03
Eu	2.10	2.68	1.64	1.67	2.88	1.34	1.54	1.68	1.22
Tb	1.19	2.43	1.20	0.93	1.82	1.12	1.24	1.28	0.78
Tm	0.75	1.16	0.82	0.90	1.08	1.01	0.92	1.00	0.50
Yb	3.56	8.66	4.40	3.68	5.39	4.25	4.86	4.90	2.52
Lu	0.49	0.93	0.70	0.89	0.78	0.81	0.63	0.81	0.77

Çizelge 2! Avnik belgesindeki metavolkanitlerin BEE bollufu (ppm), (S2 kesiti).

Table 2! MDB abundances (ppm) in metavolcanics from Avnik region (S2 section).

karişmayan apatit/magnetit sivilanixui aynımsiyişiyle oluştuğı hipotezine uygundur (Şekil 29),

Demir cevherlerinden ayırt edilen apatitlerin Sr = 20toplari analiz edilmiştir (Çizelge 8), Bütün siSr/sa Sr oranları son derece yüksek olduğundan deniz suyuyla hiçbir ilişkileri olmadığı görülmüştür, Mişkel apatit örnekleri aralarında büyük mesafeler olmalarına karşın benzer  $\frac{Sr}{La}$  oranlarına sahiptirler. Bu örneklerin tümü, aynı demir cevherlerinden elde edildiğinden (Şekil 3), bu örneklerin metamorfizma ve yeniden



Şekil 29i Avnik yataklarındaki rhyolitik magma ile birlikte bulunan varsayımlı karışmayan bazik givüardan (hypothetical immiscible basic liquid) hesaplanan apatitler ve Avnik apatitlerinin kondritlere göre normalize edilmiş (chondrite-normalized) şekilleri.

Figure 29i Apatite/melt partition coefficients of the Avnik apatites and the calculated apatites from hypothetical immiscible basic liquid coexisting with rhyolitic magmas in the Avnik deposits.

kristalleşme sırasında isotopik yatağı homojen olan bir akışkan faz ile dengelenmiş oldukları açıktır. Difer cevher tiplerinden olan örnekler heterojendirler. Bu sonuç ise onların metamorfizma sırasında sadece yerel kayalarla dengelenmiş olabileceklerini gösterir. Af sı yataklarının  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  değeri Avnik »granitoidinin tayin edilen ilksel oranlarına (initial ratio) çok yakındır (Helvacı ve Griffin, 1988a). Bu netice ise af sı demir cevherlerinin Avnik granitoidinin sokulumu sırasında Avnik granitoidinden gelen akışkanlarla remobilize olduğunu belirtir,

Örnek No. Sample No.	Yatak Deposit	Apatit tipi Type of apatite	Rb, ppm	Sr, ppm	Rb/Sr	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
S3-5	Murdere	Rekristalize bantlı-masiv (recrystallized banded-massive)	<1	465	0.000	0.71372±12
S1-2	Mişkel	Ağsa (stockwork)	<1	194	0.004	0.71149±12
S1-3	"	"	<1	222	0.000	0.71157±12
S1-4	"	"	4.9	311	0.016	0.71151±12
S1-6	Harabe	Rekristalize bantlı-masiv (recrystallized banded-massive)	<1	138	0.000	0.71048±12
S1-8	"	Apatit-kvarts birliği (apatite-quartz association)	<1	141	0.001	0.71139±12

**Çizelge 8: Apatitlerin Rb-Sr verileri.**  
**Table 8: Rb-Sr data on apatites.**

Şili'deki El Laco magnetit . apatit yatakları (Fru\* tos ve Oyarzun\* 1975), ve İsveç'deki Kiruna sahasıyla üşkü Mertainen ve Fainirova yatakları (Lundberg ve Smelue, 1979; Smellie, 1980), bu yataklarla yakından bağlantılı olan itabirir demir formasyonu ve yeşil taşlardan erime ürünleri olarak oluşturulmuş yorumlanmıştır. Benzer olarak, Avnik bölgesinin demir cevherleri de, derinde demirce zengin malzemeyi özümlemiş magmadan oluşmuş olabilir, Cacas bölgesinde meta-vulkanikleri altlayan paragnaylar ve amfibolitlerden (Bitlis Masifi'nin doğu kesimünde Cacas sahasında Yılmaz, 1971 tarafından gözlenmiştir) demirce zengin malzeme derinde özümlemiştir. Böylece, Avnik yatakları için ender olan demirce zengin kalk - alkalin ilksel magma ortaya çıkmıştır. Bu magmanın Heri düzeyde ayrılmasını yerel olarak nisbeten demir ve fosforca zengin artık silisik ergiyiğın ortaya çıkışma neden olabilir. Demirin en çok zenginleştiği evrede magnetit, apatit ve uçueularca zengin karışmayan sıvıların ayrılması gerçekleşmiştir,

#### SONUÇ

1, Avnik magnetit . apatit cevherleri, egemen olarak ortaçtan Fe-Mn defisen kalk - alkalin volkanik istif ile ilişkilidir ve intrüsyon veya sedimanter orijinini herhangi birisini öneren saha verileri son derece kısıtlıdır. Cevherler, granitoid sokulumuyla remobilize olarak af sı cevherleri oluşturur, Sr-isotop verileri de granitoidde gelen ataskanlarla remobilizasyonun geliştiğini vurgular,

2. Yüksek REB kapsamı, negatif Eu anomalisi ve negatif Ce anomalilerinin olmayışı, cevherlerin oluşum sırasında dente suyu ile ilişkide olmadıkları

nı gösterir. Böylece sedimanter veya volkanik . eksülatif orijin mümkün değildir,

3, Cevherlerin REE biçimlerinin meta-vulkanikle-rinkine çok benzemesi genetik bir ilişkiyi önerir. Cevher yataklarındaki apatitlerin REE biçimleri Avnik volkanikleri ile karışmayan sıvılar şeklinde dengede olan kuramsal bazik magmadan kristalleşen apatit-rinkine çok benzerdir,

4, Bölgedeki magnetit \* apatit cevherleri, jeokimyasal verilere göre Avnik volkanik kayalarını Üreten magmanın ayrılma - kristalleşmesi sırasında ayrılan karışmayan sıvılardan oluşmuştur,

#### KATKI BELİRTME

Bu çalışma, Norveç Krallık Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Kurumundan (NTNF) saflaman araştırma bursu ve Norveç Mineraloji = Jeoloji Mtoesfnin olanaklarını kullanarak gerçekleştirilmiştir. Yazar, jeokimyasal çalışmalara olanak saflayan William L. Griffin'e; görüş ve tartışmaları için Dokuz Eylül Üniversitesi'nden O. Özcan Dora'ya, Oslo Üniversitesinden Jens A. W. Bugge ve Odd Nilsen'e, Mineraloji - Jeoloji Müzesi, Oslo'dan Arild O. Brunfeld ve Tom V. Segalstad'a, ve İsveç Jeoloji Araştırma Dairesinden John A.T. Smellie'ye teşekkür eder. Ayrıca bu çalışma boyunca ve özellikle laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan Peruze N. Helvacı'ya teşekkürü bir borç bilir. Çizimleri yapan Magnus Ranheim ve Kerime Nacaklı'ya, mineral ayran İşlerinde yardımcı olan Borghild Nilssen'e ve fotoğrafları çeken Björn Elgvad ve Erol Şanlı'ya teşekkürlerini sunar. Saha çalışmalarını Dokuz Eylül Üniversitesi, MTA Enstitüsü merkez ve Diyarbakır Bölge Müdürlüğü tarafından desteklenmiştir,

#### DEÖMÖLEN BELÜBLER

- ALTINLI, I.E., 1966» Oeology of eastern and south eastern Anatolia, Part n: Turkey Mineral Research and Explor, Inst, Bull., 6T, 1=22,
- ARVAOTRMIŞ, N., ve RICKARD, D., 1981, REE - (geochemistry of an early Proterozoic volcanic ore district, Dammeberg, central Sweden, a summary of results: Annual Report of the Ore Research group, Stockholm University,
- AYKULU, A., ve EVANS, A.M., 1974, Structures In the Iranides of southeastern Turkey: Geol, Rundschau, 63, 292.305.
- BRUNFELT» A.O.<sub>4</sub> ve RÖEX4ANDTS, I.<sub>1</sub> 1974» Determination of rare earths and thorium in apatites by thermal and epithermal neutron - activation analysis; Talanta, 21, 513-521,
- BUDDINOTON, A.F., ve UNSUBY, D.H., 1964, Iron . titanium oxide minerals and synthetic equivalents: Jour, Petrology, 5, 310-357,
- DOSTAL, J., ZEULTI, L., M., CABLES, J.O., ve CLARK A.H., 1977, Geochemistry and origin of volcanic rocks of the Andes (26°.28°S), Contrito. Mineral. Petrol, 0», 113-128.

- ERDOĞAN, B., 1982, Bitlis Masifinin Avnik (Bingöl) yöresinde jeolojisi ve yapısal özellikleri: Ege Üniv., Yerbilimleri Fak., femir, yayınlanmamış doçentlik tezi, 108 s.
- ERDOĞAN, B., HELVACI, C. ve DORA, O.Ö., 1981, Avnik. Bingöl yöresi apatitli demir yataklarının jeolojisi ve oluşumu: Kesin rapor, Yerbilimleri Fak., Ege Üniv., İzmir, 121 s.
- FLEISCHER, M., 1983, Distribution of the lanthanides and yttrium in apatites from iron ores and its bearing on the genesis of ores of the Kiruna type: *EÖN, GEOL.*, 78, 1007-1010.
- FRUTOS, J.J., ve ÖYARZUN, J.M. 1975, Tectonic and geochemical evidence concerning the genesis of El Laco magnetite lava flow deposits, Chile: *EGON. GEOL.*, 70, 988-990.
- FRYER, B.J., 1977a, Rare earth evidence in iron - formations for changing Precambrian oxidation states: *Geochim. Cosmochim. Acta*, 41, 361-367.
- FRYER, B.J., 1977b, trace element geochemistry of the Sokoman iron formation: *Can. J. Earth Sci.*, 14, 1598-1610.
- GRAF, J.L., 1977, Rare earth elements as hydrothermal tracers during the formation of massive sulfide deposits in volcanic rocks: *BOON, GBÖL*, 72, 527-548.
- GRAF, J.L., 1978, Rare earth elements, iron formations and sea water: *Geochim. Cosmochim. Acta*, 42, 1845-1850.
- GORDON, E.G., HANDLE, K., GOLES, G.G., CORLISS, J.B., BEENSON, M.H. ve OXLEY, S.S., 1968, Instrumental activation analysis of standard rocks with high resolution  $\gamma$ -ray detectors: *Geochim. Cosmochim. Acta*, 32, 369-396.
- GÖNCÜOĞLU, M.C., TURHAN, N., 1983, New results on the age of Bitlis metamorphics: *Turkey Mineral Research and Explor. Inst. Bull.*, 95/96, 1-5.
- HALL, R., 1976, Ophiolite emplacement and the evolution of the Taurus suture zone southeastern Turkey: *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 87, 1078-1088.
- HALL, R., ve MASON, R., 1972, A tectonic melange from the Eastern Taurus Mountains, Turkey: *Geol. Soc. London Jour.*, 128, 395-398.
- HASKIN, L.A., HASKIN, M.A., FREY, F.A. ve WILBEMALT T.E., 1968, Relative and absolute terrestrial abundances of the rare earths. In L.H. Ahrens (Editor), *Origin and Distribution of the Elements*; In Ser. Monogr. Earth Sci., 30, 889-912.
- HELVACI, C., ve GRIFFIN, W.L., 1983a, Rb-Sr geochronology of the Bitlis Massif, Avnik (Bingöl) area, S.E. Turkey: *Geol. Soc. London, Jour.*, in press.
- HELVACI, C. ve GRIFFIN, W.L., 1983b, Metamorphic feldspathization of metavolcanics and granitoids, Avnik area, Turkey: *Contrib. Mineral. Petrol.*, in press.
- KETİNER, I., 1966, Tectonic units of Turkey: *Turkey Mineral Research and Explor. Inst. Bull.*, 66, 23-34.
- LAAJOKI, K., 1975, Rare earth elements in Precambrian iron formations in Vayrylankyla, South Puolanka area, Finland: *BuU, Geol. Soc. Finland*, 47, 98-107.
- LUNDBERG, B. ve SMEILLE, J.A.T., 1979, Painirova and Mertainen iron ores: Two deposits of the Kiruna iron ore type in Northern Sweden: *ECON. GEOL.*, 70, 1131-1152.
- MAYNARD, J.B., 1983, *Geochemistry of sedimentary ore deposits*: Springer-Verlag, Berlin, 305 s.
- MEL'NIK, Y.P., 1982, Precambrian banded iron formations: Elsevier Science, Publ. Comp., 316 s.
- PARAK, T., 1978, Rare earths in the apatite iron ores of Lapland and some data about the Sr, Th and U content of these ores: *ECON. GEOL.*, 68, 210-221.
- PHILPOTTS, A.R., 1967, Origin of certain iron - titanium oxide apatite rocks: *ECON. GEOL.*, 62, 303-315.
- ROELANDTS, I., ve DUCHESNE, J.C., 1977, Rare earth elements in apatite from layered norites and Iron - titanium oxide ore - bodies related to anorthosites (Rogaland, S.W. Norway). L.H. Ahrens (Editor), *Origin and Distribution of the Elements*: Int. Ser. Monogr. Earth Sci., 199-212.
- SMELLIE, J.A.T., 1980, Kiruna - type iron ores from Mertainen and Painirova; *Geol. For. Stockholm. Förh.*, 102, 290-291.
- WATSON, B.A., 1976, Two liquid partition coefficients: Experimental data and geochemical implications: *Contrib. Mineral. Petrol.*, 56, 119-184.
- WATSON, B.A., ve GREEN, T.H., 1981, Apatite/liquid partition coefficient for the rare earth elements and strontium: *Earth Planet. Sci. Lett.*, 56, 405-421.
- YILMAZ, O., 1971, Etude pétrographique et géochronologique de la région de Cacac: Published Ph. D. thesis, Université Scientifique et Médicale de Grenoble, France.
- YOUNG, E.J., MYERS, A.T., MUNSON, E.L., ve CONKLIN, N.M., 1969, Mineralogy and geochemistry of fluorapatite from Cerro de Mercado, Durango, Mexico: *U.S. Geol. Survey*

