

Ali Haydar GÜLTEKİN

LT.Ü. Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 80626, Maslak - İstanbul

Nadir metal yatakları jeolojisi

Nadir metaller, alkalın-ultramafik ve karbonatit komplekslerine ek olarak yaygın bir şekilde peralkalin ve peraliminyumlu volkanikler, granitler ve granitik pegmatitler içinde de cevherleşmeler oluşturur, Ticari yönden en önemli yataklar çoğunlukla pegmatit ve karbonatlarla ilişkilidir, Genel olarak nadir metal veya nadir element terimi tantalum, niobyum, lityum, berilyum, zirkonyum ve nadir toprak elementleri ifade etmek için kullanılır. Bu tür yatakların, özellikle de granit ve granitik pegmatitlerle ilişkili yatakların oluşumunda pek çok tektonik, magmatik ve hidrotermal işlev tek tek veya birlikte rol oynar. Cevher içeren granitler çok evreli bir batolitik kimyasal farklılaşmaya uğramış olan uc üyesini temsil eder ve tantalum, niobyum, kalay ve lityum için büyük, ancak düşük içerikli kaynaklarını oluştururlar Tantalum- ve lityum için başlıca kaynak olan pegmatitlerin oluşumundan, esas olarak nadir metalce zenginleşmiş post-magmatik sıvılar sorumludur, Volkanik ana kayalı yataklar çoğunlukla hidrotermal aberasyona uğramış tüf ve riyolitler içinde, hidrotermal sistemlerle alakalı oluşumlar gösterirken, karbonatitlerle ilişkili yataklar alkali intrüzyonların kenar zonlarında ortaya çıkar.

Birincil nadir metal yataklarının ayrışması sonucu oluşan ikincil yataklar, esas olarak denizel ya da alüvyal plaserler şeklinde oluşumlar sergiler. Gümüzde bu tür yataklar yalnızca zirkon için işletilmektedir.

Giriş

Son yıllarda, nadir metal yataklarının oluşumunda rol oynayan, tektonik, magmatik ve Mdotennal işlevlerin daha iyi anlaşılması bu yataklara olan ilgiyi yeniden, canlandırmış, araştırmaların bu yönde yoğunlaşmasına yol açmıştır. Genel olarak "Nadir Toprak" veya, "Nadir Elementler" terimi tantalum» niobyum, lityum, berilyum» zirkonyum gibi elementlerle, birlikte itriyum ve lantanyumdan lutetiyuma kadar¹ olan nadir toprak elementleri ifade eder. Doğada bilinen, pek çok nadir metal minerali içinde çeşitli oranlarda toryum ve uranyum içeren, nadir toprak mineraleri dana fazla araştırma konusu olmuştur.

1800'lü yılların sonlarına doğru nadir toprak elementlerle (REE) ilgili çalışmalarda bulunmuş olan, araştırmacılar bu elementleri sergiledikleri, kimyasal davranışlarına göre üç farklı grupta toplamışlardır. Etkisini uzun yıllar¹ sürdürmüş olan bu tür bir sınıflandırma gtmümüzde yerini.» daha fazla taraftar bulmuş olan atom numaralarına göre yapılan sınıflandırmalara, bırakmıştır. Buna göre nadir toprak mineralleri seryum ve itriyum veya karmaşık grup olmak üzere iki, farklı sınıfa ayrılır. Atom numarası 57 ile 64 arasında değişen lantanyum (57), Seryum (58), praseodiyum, (59), neodimium (60), prometiyum. (61), samaryum (62), europiyum (63) ve gradolinyum (64) birinci grubu oluştururken ikinci gruba ait mineralleri itriyum (39), disprosiyum (66), holmiyum (67) erbiyum (68),. teliyim (69), iterbiyum. (70 ve hitetiyum teşkil eder., itriyum ve. seryum, yer kabuğunda diğer minerallere oranla daha fazla bulunmalarından dolayı buldukları gruba adını vermiştir.

Bilinen başlıca yatakların alkalın-ultramafik ve karbonatit komplekslerle ilişkili olduğu nadir metaller, yaygın şekilde peralkalin ve peraliminyumlu volkanik, kayalar, granitler ve granitik pegmatitler' içinde de. ekonomik yığılımlar gösterir. Granitik magmalar içinde nadir metal, cevherleşmesi çoğu zaman, granitik 'kitlenin • kristalleşme, perdoyu içinde ele alınır- ve kalay cevherleşmeli ile belirgin bir şekilde jenetik ilişki, yansıtır. Magmanın farklı kimyasal bileşimli fazlara ayrılması, intensif kütlelere bağlı yatakların, oluşumunda, özel bir öneme- sahiptir.

Sanayinin pek çok kolunda, düşük oranda ancak hayati önemde bir girdiyi oluşturan nadir¹ metaller² uzay,, elektronik,, seramik,, cam, çelik, kimya, ve petrol endüstrisinde önemli bir yer işgal eder' (Tablo 1). Yakın zamanlarda bazı yeni teknolojilerin, devreye girmesi, ile nadir metallere olan talep artış göstermiş, özellikle güneş kolektörleri, otokatalizörler ve yüksek sıcaklık siper iletkenleri³ ilgili teknoloji geliştirme çalışmalarında nadir metallere geniş ölçüde faydalanılmaya başlanmıştır. Ancak bu yatakların araştırılmasında engelleyici en önemli faktör⁴, katın sayılı büyük- lükte tanımlanmış olan 'rezervlere karşılık günümüzde hala düşük miktarlarda tüketiliyor olmalarıdır. Bununla birlikte önümüzdeki yıllarda, nadir metallere, tüketimindeki artışın yüksek olacağı varsayılmaktadır. Böylece bazı geleneksel kaynaklara olan ilginin, yeniden artabileceği ve araştırmaların tekrar yoğunluk kazanacağı düşünülmektedir,, diğer yandan, nadir- metalleri, kalay cürüfları gibi geleneksel kaynaklardan sağlamak yerine doğrudan, granitik pegmatitlerden kazanma eğilimi,, daha rasyonel, bir şekilde gittikçe ön plana çıkmaya başlamıştır.,

Bu çalışmada nadir⁵ metal mineral yatakları ilişkide oldukları kayaçlar dikkate alınarak genel bir yaklaşımla sınıflandırılmış, her bir tür için karakteristik jeolojik özellikler tanımlanarak bunlara ait mineral parajenezleri verilmiştir. Dünyadan ve Türkiye'den verilen yatak örnekleri ile de tanımsal nitelikli jeolojik ve kimyasal veriler genelleştirilmeye çalışılmıştır.

Nadir metal kaynağı ve mineraloji

Bilinen çok sayıda nadir metal kaynağına karşın jeolojik literatürde daha çok spesifik minerallerle ilgili bilgilere rastlanır' (Tablo 2). Yatakların oluşumu ve mineralojisi hakkındaki temel bilgiler esas olarak nadir toprak ve toryum için işletilmiş olan sınırlı sayıda yataktan sağlanmıştır. Lityum, niobyum-tantalium ve nadir metal element içe-

Tablo 1. Nadir metallerin taşıyıcı kullanım alanları.

Eftner	Endüstri ve kullanımı alanları
Berilyum	Uzay endüstrisi, elektronik: sanayi, mücevher
Lityum	Cam,, seramik» televizyon yapımı, kimya sanayi,, pil yapımı
Niobyum	Çelik endüstrisi, alaşımlar, nazy endüstrisi
Nadir topraklar	Katistler, metatarp, seramik, gübre yapımı, manyetizma.
Tantalium	Elektronik, sanayi, süper- alaşımlar, uzay sanayi
Zirkonyum	
Kumlar	Dökümcülük» refrakter sanayi,, seramik sanayi
Diğerleri	Aşındırıcı, polimerler,, seramik yapımı, mücevher..

ren mineral kaynakları değerlerine oranla daha yaygın oluşumlar halindedir ve nispeten iyi gelişmiş yataklar oluşturur. Endüstriyel, ölçekli, berilyum esas olarak iki farklı kaynaktan,, topaz içeren, riyolitlerle ilişkili bertrandit ve granitik pegmatitlerdeki beril yataklarından elde edilir., Berilyum için potansiyel kaynakları ise granit ve siyenitlerle, ilişkili olarak görünen fenakit yatakları oluşturur. Lityum üretiminin yapıldığı başlıca kaynaklar granitik pegmatitlerdir, 'bu kayaçlarla ilişkili olan petalit lityum üretildiği bir' diğer önemli kaynaktır. Potansiyel kaynakların ise lepidolit gibi lityumca, zengin, mika içeren, asidik kayaçlar,, kalay granitleri ve buharlaştırma proseslerinin 'uygulandığı tozlu, sular oluşturur. Niobyum için ana kaynak büyük oranda, alkaline-ultramafik ve karbonatit kompleksleri ile alakalı ikincil yataklardır. Tantalium üretimi, bir miktar⁶ niobyumla birlikte tamamıyla granit ve granitik pegmatitlerden karşılanır. Bununla birlikte ana kaynağı eliyval ve alüvyal plaserler olan, kalay madeni üretiminde bir yan ürün olarak bir⁷ miktar tantalium elde edilmektedir., Ancak son yıllarda, kalay cürüflarından tantalium eldesi» kalay üretimindeki düşüşe bağlı olarak belirgin bir azalma göstermiş, bunun doğal, bir sonucu olarak da -pegmatitlerin işletilmesine olan talep yükselmiştir. Primer zirkon, kaynakları, peralkalin granitler ve siyenitler içinde dissimine oluşumları sergileyen zirkon, elpidit, katapleit, lasovit, dalyit, arnırtongit gibi silikat, 'minerallerinden oluşur., genel olarak granitik kayaçlara yönelik işletmecilik, zirkonyumun düşük fiyatı nedeniyle bugün için ekonomik olmaktan uzaktır.. Bu nedenler de tamamıyla ikincil yataklardan zirkonyum, kazanılması, yoluna, gidilmektedir. Bazı Cu,, Fe ve fosfat, yataklarında bir yan ürün olarak, baddeleyit üretiminin, yapıldığı bilinmektedir.,

Nadir toprak ve toryum mineralleri için en önemli kaynak alkali plutonlar ve bunlardan titremiş olan plaserlerdir. İşletilen, birincil yataklarda, seryum, ve itriyum grubu lantanitler kısmen fluorit, apatit gibi mineraller⁸ toryumda içerebilen monazit,, bastnaesit, itrofluorit, itroserit, şerit ve bazı ' karmaşık oksitlerden oluşur. Apatit, ksenotim, godolinit, betafit» brannerit, oksenit, fergusonit ve samarskit zaman zaman yerel ölçekte ekonomik yığılımlar yapılabilen minerallerdir. Bunlara, torit ve torianit gibi monazitten daha fazla toryum, içeren ancak doğada fazlaca yaygın olmayan toryum oksid ve silikat mineralleri, ilave edilebilir. Tüm bu mineraller içinde ana cevher⁹ minerali, olarak monazit ve bastnaesit belirgin bir şekilde daha fazla ticari öneme sahiptir..

Monazit için en önemli ticari kaynak, güncel ve fosil, sahil ve akarsu plasedendir. Bastnaesit ise esas olarak karbonatlı, tercih eder.. Baha az, oranda pegmatitlerde skamlarda ve bazı hidrotermal damarlarda ortaya çıkar. Son yıllarda,, plaser yatakları, dayalı toryum işletmeciliğine yönelik

kaygıların yükselmiş olması birincil yataklara, özellikle karbonatlıere olan ilgiyi arttırmış» bunun doğal, bir' sonucu olarak, doğrudan karbünatitlere dayalı madenlik faaliyetlerinde bir artış olmuştur.

Nadir mineral yataklarının sınıflandırılması

Nadir metal yataktan, oluşumlarından doğrudan sorumlu tektonik,, mağmatik ve hidrotennal işlevler¹ dikkate alınmadan, içinde yatakları olan kayaçlarda olan münasebetlerine göre şu şekilde sıralandırılır.

A- Primer yataklar

- 1- Volkanik kayaçlarla ilişkili yataklar
- 2- Grani.tik. kayaçlarla ilişkili yataklar
- 3- Pegmatitlerle ilişkili yataklar¹
- 4- Alkalin-ultramafik ve karbonatitlerle ilişkili yataklar

B- İkincil yataklar¹

- 1- Alüvyal (Akarsu) plaser yataklar
- 2- Sahil plaser yataktan

Bu sınıflama kapsamına girmeyen, ancak fazlaca da yaygın, olmayan bazı sedimanter birimlerle ilgili nadir metal yataklarından bahsetmek mümkündür. Örneğin Idaho (A.B.D.)Ma denizel fosfatik şeyller içinde önemli oranda lityum tespit edilmiştir. Keza tozlu sular, buharlaştırma prosesleri ile lityum elde edilen, kaynaklar arasındadır.,

A- Primer yataklar

1- Volkanik kayaçlarla ilişkili, yataklar

Volkanizmayla ilişkili nadir metal, yatakları çoğunlukla hidrotennal alterasyona uğramış volkanik, kayaçlar veya bu kayaçlar tarafından kesilmiş olan sedimanter birimler içinde dissémine: veya çatlak dolguları şeklinde izlenir. Yapısal kontrollü yataklanma, cevherleşmeyle eş zamanlı olarak anakaya alterasyonuna da yol açan hidrotennal solüsyonlarca oluşmuş cevherleşme için en belirgin özelliştir. Volkanik kayaç ekseriyetle tuf, riyolit ve trakit olup, sedimanter örtü kayaç: hemen hemen, değişmez bir şekilde kumtaşılandırılır.,

Bu tür yataklarda sıvı inklüzyonlar üzerinde yapılan, çalışmalar, cevherleşmeye neden olan solüsyonların flor içeriğinin belirgin bir şekilde yüksek öldüğüne, ve bir' indikatör olarak kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Yataklarda yaygınca, izlenen cevher mineralleri fluorit» bastnaesit, bertandit daha az olarak da barittir.. Bu minerallere Rb, U, Th, Ta, Nb, Y, Be, Cs ve Re elementleri, içeren mineraller di-

şlik miktarlarda eşlik eder. Metal kaynağı ya doğrudan, intrizyon. yapan magmanın kendisidir veya mevcut çatlaklar içinde dolaşan, hidrotermal sıvıların, reaksiyona girdiği katılaşmış mağmatik veya diğer yankayaçtır,

'Çoğunlukla volkanizmayla eş zamanlı gelişmiş olan kırıklar boyunca yükselen nadir metallere zengin poslmağmatik sıvılar» bir taraftan yankayaçlar içinde özellikle de türlerde camlaşma, zeolitleşme ve kUleşme gibi bir dizi hidrotermal. alterasyona neden olurken., diğer taraftan, damar dolguları ve dissémine türde cevherleşmelere- yol açar. Böyle bir oluşum mekanizması, içinde, birbirinden bir' kırılma peryodu ile ayrılmış iki veya daha fazla sayıda mineralleşme evresi görülebilir. Gelişen mineral birliği çoğu zaman yatak için karakteristiktir ve çok evreli cevherleşmeyi yansıtan bir çok dokusal ilişki yansıtır. Genel olarak, bir sonraki evrede oluşan, mineraller-ilk oluşanların, kısmen veya tamamen yerini almıştır.,

Bu türün en iyi bilinen yatakları A.B.D'de Utah eyaletinin Spor Mountain sahasında altere tuffer içinde bulunan bertrandit yataklarıdır., Bu yataklar dünya berilyum, üretiminin yandan fazlasını, yalnız, başlarına verir.. Cevherleşme, nadir metallere zenginleşmiş riyolitlere ilişkilidir ve Paleozoik, temeli oluşturan, kısmen, fluorit ve bertrandit tarafından ornatılmış dolomit ve dolomitik kireçtaşı parçalarından yapılmış breşleşme zonları içinde veya kırıklar içinde- damar dolguları şeklinde- oluşmuştur. Sahada cevherli damarlar bir kaç yüz metrelik mesafe içinde değişen kalınlıklarda izlenirler., Benzer¹ türde bir- diğer yatak Batı Avustralya'da fluorit zengin altere 'Mirdler içinde bulunan Brockman Zr-Nb:REE yatağıdır., Cevherli, altere türler daha sonraki bir evrede ürakitik. lav akıntıları ile örtülmüştür.

Alkali trakifve löko-ri yolitlerle ilişkili Gallinas flüorit-bastnaesit yatakları ayrıntılı çalışmalara sahne olmuş ilk nadir metal, yatakları olarak büyük bir üne. sahiptir. Permiyen kumtaşları içinde epitermal damarlar ve- breş dolguları şeklinde izlenen'yataklar A..B.D'de merkezi New Meksiko'da Lincoln Country'nin kuzeyinde, Carrizozo'dan yaklaşık 70 km kadar¹ uzakta yer alır, Gallinas sahası, Prekamhriyen yaşlı bir granitik çekirdek ile bu çekirdeği üzerleyen ve alkali, trakit ve riyolitlerle kesilmiş Permiyen yaşlı sedimanter kayaçlardan yapılmıştır. Cevherleşmeye neden olan hidrotennal solüsyonlara porfiritik karakterli trakit ve riyolitler kökensel olarak ilişkilidir. Volkanik kayaçların alkali doğası kimyasal, bileşimleri yanında, (yaklaşık % 14 K₂O + MgO), riebeMt, ejinin-ojit, titanlı ejinin., aşın sodik plajyoklaz, albitleşmiş ortoklaz ve ilişkili, bastnaesit cevherleşmesiyle belirgindir. Fluorit ve nadir toprak mineralleri içeren breş ve damar dolgularının yataMandığı sedimanter istif., tipik olarak transgressifdir ve karasal konglomeralardan arkozik

Tafoio 2. Nadir metal yataklarında izlenen çeşitli mineraller ve ilişkili kayalar

Mineral	Kimyasal. Mleşira	ilişkili kayaç			Önemli yataklar
		Granitik kayaç	Pegmatit	Alkalın-ultramafik ve karbonatit	
Berilyum mineralleri					
Beril	$Be_3Al_2CSi_3O_6$	x			Topaz riyolitlerle ilişkili Spor mountain.. (Utah) yatağı Thor
Bertrandit	$Be_4Si_2O_7(OH)_2$	x.			Lake (Kanada) yatağı.
Fenakif,	Be_2SiO_4	x			
Lityum. Mineralleri					
Spodumen	$LiAlSi_2O_6$		x		Avustralya Greenbushes, Kanada Tanco, Zimbabve
Petalit	$LiAlSi_4O_{10}$		x.		Bikita yatakları, Şili ve Nevada ¹ da tuzlu sular., Brezilya Minas Geras,
Lepidolit	$K(Li,Al)_3(Al,Si)_4O_{10}(OH,F)_2$		x		Namibya Karibib Yatağı, Arjantin
Euknptit	$LiAlSiO_4$		x		Sierras Pampanes
Ambligomt	$LiAl(PO_4)(F,OH)$		x		
Ni-Ta mineralleri					
Tantalit-koLumbit	$(Fe,Mn)(Nb,Ta)_6$	x		x	Batı Avustralya Wodgina ve
Betafit	$(U,Ca)Nb,Ta,Ti_3O_{38} \cdot BH_2O$			x	Greeebush.es. yatağı» Tanco
Biannerit	UTi_2O_6			x.	(Kanada), Güney ÇİE Tayland kalay
Ökseoit	$YNatTiO_6$		x.	x	cürüfları ve plaseden, Güney Asya
Fergesonit	$(YJEr)(Na, Ta, Ti)O_4$			x	kalay plaseden, Brezilya Araxo ve
Smarskit	$(Y,UJFeXNa,Ta,Ti)_2P_6$			x	Catalao yatağı Kanada
Mikrolit	$(Ca,Na,Fe)_2Ta_2(O,OH,F)_7$			x	Niobec yatağı (Ni)
Zirkonyum, mineralleri					
Zirkon	$ZrSiO_4$				Kanada Strange Lake ve- Thor
Elpidit	$Na_2ZrSi_6O_{15} \cdot 3H_2O$	x	x.		Lake yatağı» Moğolistan. Khaldzon-
Katapleüt	$Na_2ZrSi_6O_9 \cdot 2H_2O$	x			Bregtey yatağı., Avn.stealya. G.Afrika,
Lasovit	$Na_2ZrSi_4O_{11}$	x			BrezEya, A.B.D (Florida), Sierra
Dalyit	$K_2ZrSi_6O_{15}$	x			leoona kıyı plaseden (Zirkon
Arms'troogit	$CaZrSi_6O_{15} \cdot 2H_2O$	x			için. birincil yataklar fazlaca
Gittiüisit -	$CaZrSi_2O_7$	x			önemli değildir. Ticari
Baddeleyit	ZrO_2				kaynaklan tamamen plaserlere
'REE mineralleri					
Monazit	$(Ce, La, Nd, Th)PO_4$	x	x	x	Mountain Pans (Kaliforniya)
Kseriötüm	$(Y, Er)PO_4$	x	x		Baü Avustralya Mount weld
Basmaesit	$(Ce, La, Nd, Pr)CO_3F$		x.	x	ve Olympic Dom yatağı,
Sent	$(Ca, Mg)_2Cl_2(Ce)_8(SiO_4)_7(OH, H_2O)$	x	x.	x	Moğolistan Khaldzon Buregley
Itrofluorit		x.	x		Kuzey Sibirya Tonitor yatağı,,
Itroselit.			x	x.	
Toiyum mineralleri.					
Torit.	$HfSiO_4$		x	x	Çoğunlukla nadir toprak,
Torianit	TiO_2		x	x	mineralleri ile birlikte

knmtaşlarına geçiş gösterir. Tim istif alkali intrüzyonlarla eşzamanlı olarak, faylanmış, oluşan 'kinklar daha sonra cevheri? solüsyonlarla doldurulmuştur. Bazı cevherli, damarlar* doğrudan porfiritik trakitler içindedir. Cevherleşme, kumtaşlarının faylanma şiddet ve büyüklüğünün bir fonksiyonu olarak gelişmiş, faylara, paralel konumlu tektonik breş zonları içinde yoğunlaşmıştır. Diğer yandan bir kısım cevherleşme iki veya daha fazla sayıda fayın 'kesişmesi ile gelişmiş baca şekilli breş zonları içinde oluşmuştur. Mineralizasyon breşler içinde açık, boşluk dolguları, şeklindedir. Kalınlıkları bir kaç 10 santimetre kadardır. Nadiren, knmtaşlarının yataklanma düzlemleri, boyunca "stratabond** tipi. cev-

Tablo 3. Gallinas Mountain sahasında bazı yatakların mineral bileşimleri (Percach and Heinrich 1964)..

Mineral	12	3	4	5	6	7	8
Fluorit	X	x	x	x	X	x	x
Kuvars	M	tr	m	m	m	tr	m
Barit	x	x.	tr	m	M	M	M
Bastnaesit	m		tr	te	tr	tr	te
Kalsit	tr	te	te	tr			m
Kalsedon							tr
Pirit	tr	tr	tr	tr	te	tr	m
Galen		m		te		tr	tr
Bornit	te		te-		tr		te
Kalkosin		m	M		te		tr
Limonit	te		tr	tr	te	tr	te
Hematit	tr	te	tr	tr		tr	te
Piromorfite		tr	tr				te
Serusit	-						m
Anglesit		ti ¹					tr
Krisokol			m.	m		te	te
Malakit	te		te		tr		tr ¹
Azurit.		tr	tr				te

X= %50'den büyük 1: Red Cloud Fluorit Yatağı 6c Bottleneck Yatağı
 x= %25-50 arası 2: Red Cloud Cu Yatağı 7: Congress Yatağı
 M= % 10-25 arası 3: Little Sonder Yatağı 8: Rio Tinto Yatağı
 m= %5-10 arası 4: Last Chance. Yatağı
 tr= %5'den az 5: Eagle Nest Yatağı

herleşmelere benzer oluşumlara da rastlanılır. Yankayaç alterasyonu ise gelişmemiştir,, ancak bir iki. yatakda düşük şiddetli silisleşme ve cevher-yaukayaç sınımda az miktarda pirit oluşumu mevcuttur.

Gallinas Mountain sahasında toplam. 29 yatak tespit edilmiştir. Bunlardan dördü bakır, beşi demir geri 'kalanlar ise fluorit ve bastnaesit için işletilmişlerdir. Genel olarak yataklar, demir yatakları ve bastnaesitin eşlik ettiği bakır-fluorit yatakları olmak üzere iki farklı grup oluşturur. Bazı yatakların mineral bileşimi tablo 3'de topluca verilmiştir. Fluorit» bakır için işletilen yataklarda dahi en bol görülen mineraldir., Bu minerallere değişik oranda kuvars,, barit», pirit, bastnaesit» kalsit., CE mineralleri, galen ve albit eşlik eder. Limonit,, hematit» bakır sülfidlerin alterasyonu sonucu. oluşmuş krizokol, malakit, azurit ve galenden itibaren gelişen piromorfite» serusit süperjen .mineralleri, oluşturur.

Gallinas Mountain sahası fluorit-bastnaesit yatakları ana faylanma sonrası gelişmiş ikincil kuvvetlere uygun kırılma periyodu ile ayrılmış en az iki farklı mineralizasyon evresine ait veriler içerir. İlk faz,, sırası ile kuvars,, barit, sülfid mineralleri, fluorit,, bastnaesit ve az miktarda kalsitten yapıldır. Bu tir- bir oluşumu destekleyen başlıca veriler kuvars dolgulu kırıklar,, asidik çözeltilerle yenilmiş barit kristalleri içinde fluorit oluşumları ve fluorit diHmleri boyunca bastnaesit kristallenmeleridir. ilk oluşan mineraller daha sonraki bir evrede kırılmış* bükülmüş ve mikro faylanmaya uğramıştır. Oluşan bu kırıklar ikinci, fazı oluşturan barit, fluorit ve yerel olarak, bol görünen 'kalsit tarafından doldurulmuştur. Süperjen mineral oluşumları ise yatakta gelişen son fazı temsil eder. Yatakları, alkali, trakitik magm.alarda», türemiş hidrotermal sıvıların bölgesel etkili gerilmeler ile oluşan fay ve breş zordan içinde metalleri çöktürmeleri, ile oluştuğu ileri sürülmüştür (Percach. and. Heinrich 1964).

2- Granitik kayalarla ilişkili yataklar'

Granitlerle ilişkili yalıklar, niğmalann kristalleşme periyodunun bir- parçasını oluşturan nadir metal .mineralleri içerir. Çoğunlukla hidrotermal. alterasyon ürünlerinin eşlik ettiği cevherleşmenin nadir metal içeriği fazlaca yüksek değildir. Bu nedenle pek çoğu ancak, atmosferik ayrışmanın önemli miktarda ayrılmış malzeme oluşturduğu, alanlarda -ekonomik özelli^ kazanır., Yatakların yaşı Preterozoikten Se.nezoyi.ge kadar değişim, gösterir. Tipik olarak 4 km"den daha az derinliklere yerleşmiş olan bu yataklar anakayanın alüminyum doygunluk indeksine göre iki farklı, grupta toplanır.. Peralumnyumlu türler orojenik kuşaklarda, yeşil şist fasiyesi metamorfik kayaların içinde post orojenik plutonlar şeklinde görülür.. İkinci grubu oluşturan peralkalin granitler çoğunlukla gerilme kuvveâeri etkisi ile subvolkanik soku-lumlar faalında kıtasal kabuk içine yerleşmişleniir ve. zaman

zaman nonperalkalin kayalarla bir birlik oluşturlar.

Peraluminyumlu granitler yüksek oranda alkali feldspat içermeleri, ile: karakteristiktir ve büyük çoğunlukla topaz ve lityumca zengin mikalar ile alakalı Ta-Sn cevherleşmeleri. ihtiva ederler. Cevher genellikle tantalit-kolumbit ve tantal» yumca zengin kasiteritten oluşur ve daha çok granitik kütlelenin içinde- en'fazla evrimleşmiş fasiyeslesn. apisal. kesimlerine yerleşmiştir',. Al_2O_3 , Na_2O , F, Li, Rb, Cs, Ga, Nb, Sn ve Ta yönüyle .zenginleşme, buna karşın. Ti Mg Ca, Zr, Sr ve Eu'ca tüketilme granitik kütlelenin göze çarpan en belirgin kimyasal özelliğini oluşturur, kayacın yüksek bor içeriği, magmanın Fe içeriğinin bir fonksiyonu olarak zengin. to.rm.al.in oluşumları verirken» minerallerin yüksek Ta/Nb oranı muhtemel cevherleşme için önemli bir belirteçtir. Düşük P_2O_5 (%0.1 den. az) içeren tirlere I-tipi, Yüksek. P_2O_5 (%0.40'dan fazla.) ihtiva eden topazlı. granitler ise fraksiyonelişmiş S-tipi granitlerle pek çok yönden benzerlikler gösterir.

Cevherleşme ile ilişkili peralkalin karakterli alkali feldspat granit ve- siyenitlerde yüksek Fe, F, Nb, Zr, Rb, Sn ve- REE içerikleri buna karşın düşük CaO, Ba, Sr değerleri saptanmıştır. Bu kayaların Ta/Nb oranları belirgin şekilde düşüktür. Optik çalışmalar,, eprinin eşlik ettiği primer arfretsomt oluşumun kayaç için karakteristik olduğunu ortaya koymuştur. Başbca cevherleşme hidrotermal alterasyonlarla eş zamanlı .gelişim gösteren Zr, Nb ve REE yataklanması şeklindeki.

Peralkalin kayalarla ilişkili olduğu belirlenmiş olan. önemli yataklardan biri Brezilya'daki Amazonas yatağıdır. Esas olarak atmosferik, ayrışmaya uğramış peralkalin granitlerden beslenen yüksek SN-Ta-Nb içerikli plaser tür bir oluşum olan. yatak, önemli miktarda, nadir¹ metal rezervi içerir. Ana cevher minerallerine Mryolit ve REE mineralleri de çeşitli oranda eşlik eder. Büyük bir¹ potansiyel kaynak oluşturan granitik kitlenin, işletilmesi ise bugün için ekonomik görünmemektedir.

Granitik kayalar içinde nadir metal zenginleşmesine yol açan işlevlerle ilişkin bir çok fikir ileri sürülmüştür. Ortaya atılan ilk oluşum modellerinden biri 1950*11. yıllarda,, Sibirya'daki bazı yataklar üzerinde- çalışmalarda bulunmuş olan Rusyalı jeologlar tarafından, geliştirilmiştir.. Nadir metal yatakları yönüyle o yıllarda ileriye yönelik, görünen ve bugünde yaygın taraftan bulan bu düşünceye göre» cevherleşmeden tüm. granitik kütle içinde metal taşıyan ve kayaçta alterasyona neden olan post magmatik sıvılar sorumludur. Böylece nadir metal yatakları ile birlikte izlenen, albitleşme ve gteyzenleşme gibi aberasyonların doğrudan cevherleşme ile olan. münasebetleri, daha iyi anlaşılmuştur. Granitik küflenin alt. seviyelerinden metalleri çözmüş olan sıvı-

lar' daha üst seviyelere hareketleri ile bir taraftan kayaçta çeşitli alterasyonlara neden, olurken, diğer taraftan da metalleri, çökerterek nadir metal, cevherleşmelerine yol açmışlardır.

Nadir metal cevherleşme-siyle ilişkili, bir¹ diğer model esas olarak uçucularca zengin magmanın evrimleşmesine dayanır. Buna göre cevher mineralleri içeren granitik kayaç 'kimyasal ayrıntılaşmaya (chemical fraetionation) uğramış büyük hacimli, bir batolitin parçasıdır. Uçucularca varsıl magmanın farklılaşması sonucu ortaya çıkan fazlar¹ içinde,, nadir metal cevherleşmelerine en. fazla, evrimleşmiş olanlar içinde rastlanılmaktadır.

Granitik magmaların kimyasal ayrıntılaşması sonucu oluşmuş önemli yataklardan biri Çin'in güneyinde Liangxi eyaletinde geniş bir alana yayılmış Yashan batoliti ile ilişkili cevherleşmedir (Yin ve dig., 1995). Kuvvetli bir kimyasal farklılaşmaya, uğramış olan. batolit orta-iri- taneli muskovit granit, ince taneli porfiritik muskovit granit, orta. taneli muskovit .granit, lityumdu mika. granit ve topaz-lepidolit granit, olmak üzere beş farklı fazdan oluşur (Şekil 1). Volumetrik olarak batolit içinde en önemli fazı iri taneli muskovit granit teşkil eder... Ancak cevherleşme bu çok. evreli batolitin bir uç üyesini oluşturan daha küçük hacimli topaz-lepidolit graniti içinde yer alır. Stratigrafik olarak, batolitin. en ist kesiminde yeralan topaz-lepidolit granit, kuvars (%20-25), K-feldspat (%5'd.en az) ve topaz (%.2'den az) felnokristalleri içeren bir- porfiritik. kayaç görünümündedir. Lepidolit ise daha ince 'tanelenmiş kristaller halinde az miktarda ince taneli kuvars ve albitle birlikte fenokristaller arasındaki boşlukları doldurur., Kayda, değer bir diğer husus fenokristaller içinde- 0.5 mm,¹ den daha. küçük uzunluklara sahip -albit kristallerinin, kansantrik dizilimleridir. Bu dizilim kayaç içinde yer yer kartopu yapılı albit görünümü verir.

Cevherleşmesi tüm granit kütleleri içinde saçılmış Ta-Nb mineralleri şeklindedir. Bir miktar cevherleşme lityumlu :mika içeren, granitlerde manganca zengin kolumbit-tantalit, tantalyumca zengin kasiterit ve- :mikrolitten oluşur.. Kolumbit-tantalit minendleri çoğunlukla koyu renkli olup 0.04- - 0.2 mm tane boyu aralığında değişim, gösterirler. Belirgin bir şekilde granitik üst kesimlerinde- daha iri. tanelenmişlerdir., Genel olarak Mb-Ta-Se minerallerinin kristalleşmesi topaz-lepidolit granit kristalleşmesinin bir birleşik parçasını oluşturur. Cevherleşmede post magmatik alterasyon etkisi ya. yoktur ya da çok az izlenir.

Topaz-lepidolit graniti kimyasal olarak yüksek. F, Li, P,, Al_2O_3 ve Na_2O içeriği yanında oldukça düşük SiO_2 , TiO_2 , - MgO , CaO ve K_2O içeriğiyle karakteristiktir (Tablo 4). Batolit içinde diğer granit fazları ile mukayese edildiğinde Rb,, Nb ve Ta'ca kuvvetlice zenginleşmiş, bina. karşın Sr ve

Zr'ca da tüketilmiştir. .Bu kimyasal bileşim, magma, odası içinde gelişmiş kimyasal ayrışma, mekanizmasıyla belirli uyuma yansır' (Yin ve diğ., 1995).

Alkali granitik protonlarla ilişkili bir diğer önemli yatak Moğolistan'daki nadir toprak içeren Bayan Obo demir yatağıdır. .Demir için işletilen, ve esas olarak, skarn tip bir cevherleşme olan yatakta nadir metaller bir yan ürün olarak kazanılmaktadır (Spencer and Shannon, 1983).

3- Pegmatitlerle ilişkili yataklar

Pegmatitler, özellikle granitik pegmatitler- tantalyum, lityum ve diğer bazı nadir metaller için önemli birer kaynak oluşturur. Cevherli tırlar çoğunlukla Arkeen-Proterozoik yaşlıdır' ve: esas olarak metamorfik sahalarda üst yeşüşt - alt amfibolit fasiyesi kayaçları içinde yer alırlar. Genel olarak, cevher post. tektonik. peralüminiyumlu granitlerle ilişkili pegmatitler içinde izlenir. Nadir metal pegmatitleri basit veya, asimetrik zonlu yapılar gösterir. Çoğunlukla kompleks cevherleşmeler SB.naflar ve magmanın kristalleşmesini takip eden bir süreçte, nadir metal içeren kalıntı magmatik eriyiklerce oluşmuşlardır. Cevher minerallerine ilave olarak, albit* kuvars, spodümen, mikroklin, ambligonit, K-feldspat gibi mineraller de içerirler. Bazı yataklarda pegmatit bileşiminin %50'den fazlasını spodümenin oluşturduğu saptanmıştır (Pollard, 1995). En yaygın izlenen cevher minerallerini kolumbit-tantalit, mikrolit, kasiterit, vodginil, beril ve bentrandit, teşkil eder.

Pegmatitlerle ilişkili yatakların oluşumunda uçucularla zengin sıvı fazların doğrudan, payı vardır. Özellikle granitik pegmatitlerin, tanımsal nitelikleri ana magmanın kimyasal fraksiyonlaşmasıyla şekillenmeye başlar, ancak magmanın uç kimyasal bileşime doğru evrimleşmesi cevherleşme için ilk adımı, oluşturur. Nadir metalce zenginleşmiş kalıntı magmalar daha sonraki bir evrede katılmış kayacın, kabuk kesimine veya çevre kayaçlar içine enjekte olarak pegmatitlere bağlı nadir metal yatakların oluşumuna yol açarlar.

Pegmatitik nadir metal yatakları nadiren büyük oluşumlar verir. Pek çoğu, mineralojik öneme sahiptir. Alkali ve bu subalkali yataklarla ilişkili berilyum ve tantalyum mineralleri, granitik pegmatitlere bağlı lityum oluşumları ticari yönden, en önemli türleri oluşturur.

Bu türün en önemli yataklarından biri Avustralya'nın batısında Greenbushes pegmatitlerine bağlı olan. ve Dünya, Ta. ttreioünün %50'den fazlasını yalnız başına veren Li - Sn - Ta cevherleşmesidir (Partington ve diğ., 1995). Balingup metamorfik kuşağı içinde, Perth'in 250 km güneyinde bulunan Arkeen yaşlı muazzam büyüklükteki bu pegmatit, kısmen, orta-yüksek sıcaklık, düşük basınç metamorfizması etkisinde kalmıştır, tnce-orta taneli amfibolit içine bir seri lineer dayk şeklinde sokulmuş olan Greenbushes pegmatiti

kilometrelerce uzunlukta, yüzlerce metre kalınlıktadır (Şekil 2). Sahada etkili olan heterojen deformasyon ve metamorfizma nedeniyle, bazı noktalarda pegmatitin primer özellikleri korunmuştur. Bunlardan hareketle pegmatitik 'kitle içinde kontakt zonu, lityumlu zoe, K-feldspat zonu ve albit zonu. olmak üzere dört farklı mineral, bileşimine sahip zon tanımlanmıştır. Her bir zon esas olarak sıcaklığın bir fonksiyonu olarak gelişmiştir. En düşük oluşum sıcaklığı 700°C olarak tespit edilmiştir.

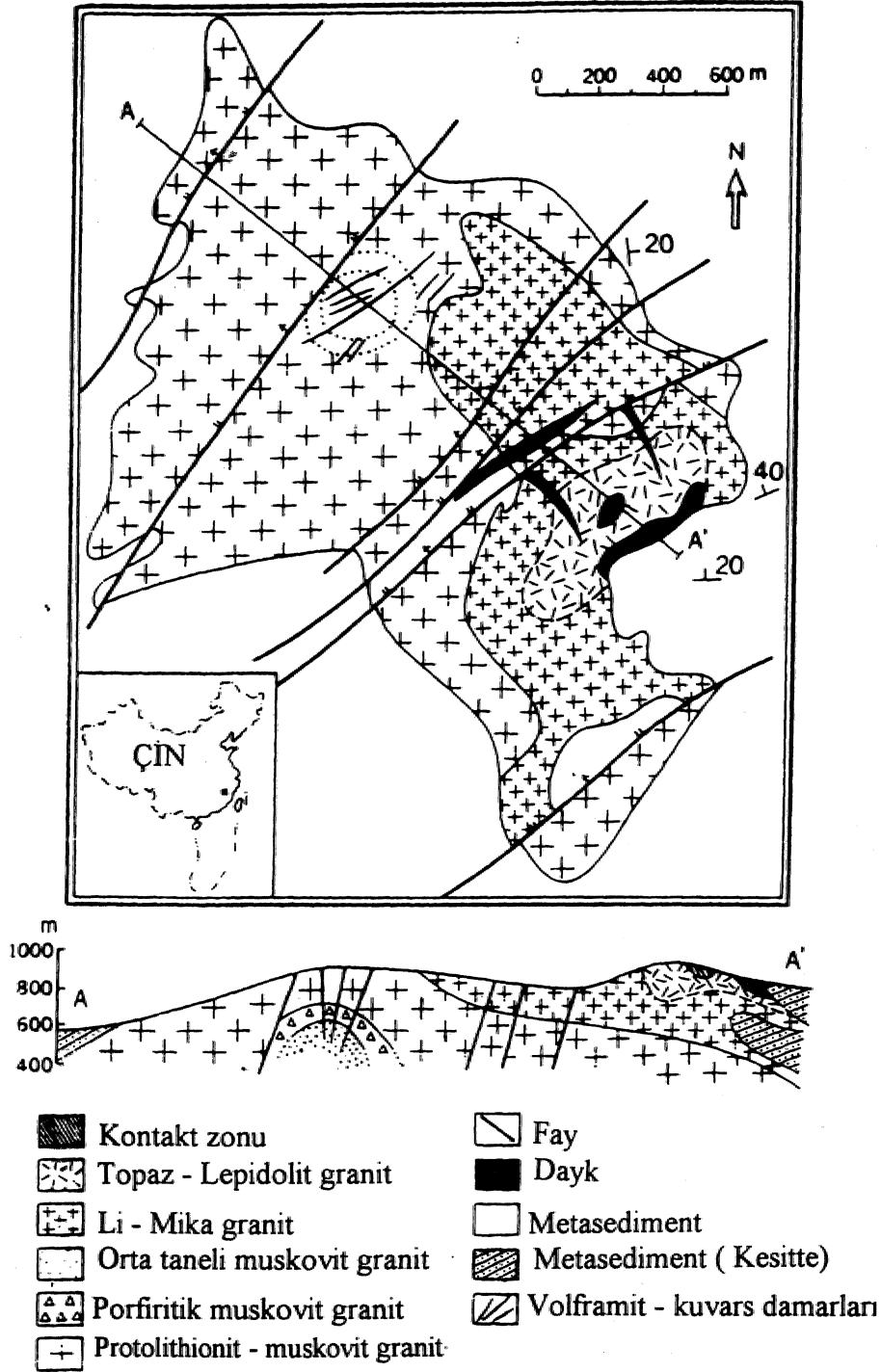
Pegmatitik kütle içinde 10'dan fazla tantalyum içeren mineral belirlenmiştir. Ana cevher minerallerine kasiterit! ve spodümen eşlik eder. Bu minerallerle butikte izlenen silikat mneralierini ise albit,, kuvars, turmalin, biotit, zirkon, skapolit, mikroklin ve muskovit oluşturur. Cevher belirgin bir şekilde albit; zonunu, daha az, olarak da. turmalince zengin alt. zonu tercih etmiştir. Bununla birlikte her iki zonda da. kalay ve tantalyum kristalleşmesi tumalinalle eş zamanlı gelişmiş görünmektedir. Kayaç, K-feldspata oranla daha fazla albit içerir ve lityum içeriğindeki azalmaya karşılık Sn. ve Ta değerlerinde artış ile yüksek K/Rb, Sr/Rb, K/Li ve Nb/Ta oranları, gösterir (Tablo 4),

ilk. oluşan tantalyum mineralleri kasiterit, ve termalin içinde inklüzyonlar halinde vodginit ve iksiolitdir. Pegmatitin deformasyona maruz kalmış kesimlerinde, kırıklar içinde kristalleşmiş olan tantalyum mineralleri kalay içermezler' ve ikinci bir fazı temsil ederler. Cevherli zonlarda bir miktar' zirkon,, monazit ve uraninit gibi minerallere de rastlanılmıştır. Tantalyum içeren diğer önemli bir mineral de düşük oranda U, Ce ve Th içeren mikrolittir. Genel olarak, sıcaklığın, bir fonksiyonu olarak birbirinden farklı üç mineralizasyon evresi, gelişmiştir, ilk evrede,, 750°C ve 5 kbar basınç altında primer' turmalin oluşmuşken, ikinci evrede metamorfik değişimler' eşliğinde yaklaşık 680°C ve 5 kbar' basınç, koşulları, altında pegmatitik kütle 'kristalleşmiştir. Son. evre 620°C ve 5 kbar basınç altında gerçekleşen greyzenleşme ve metasomatik zonlanmayı yansıtır. Birinci, mineralizasyon evresinde daha çok tantalit oluşumu, ikinci ve üçüncü evrede: ise mikrolit 'kristalleşmesi, egemendir.

4- Alkalin-ültramafik ve karbonatitlerle ilişkili yataklar

Bu tip kayaçlar, esas olarak niobyum ve nadir toprak element cevherleşmeleri, içermeleriyle dikkati, çeker. Cevher :mineralleriniT'az oranda, baddeleyitin eşlik ettiği primer piroklor, bastnaesit, fluorit ve barit oluşturur. Atmosferik ayrışmaya maruz kaldıkları yerlerde ikincil, piroklor ve monazit içeren zonlar gelişebilir. Karbonatitler» nadir metaller dışında, apatit, filogopit» magnetit, provskit ve vermikülit gibi mineraller içinde yer yer önemli kaynak kayaçlardır.

Nadir metal yataklarında özel bir yere- sahip olan. karbonatitler kalsit,, dolomit ve diğer karbonatlarca zengin alkali



Şekli- L. Yashan balioluinin basitleştirilmiş jeolojik haritası ve enine kesiti (fin et al 1995)..

Tablo 4., Nadir • meta!cevherleşmeleri içeren granit ve pegmatitlerin kimyasal bileşimleri (Major elementler %, iz elementler ppm),

	1	2	3	4	5
Si.O ₂ '	73.72	69.52	74.63	69,20'	69,14
TiO ₂	0.12	0.02	0.06	0.04	0.06
Al ₂ O ₃	15.25	17.91	15.81	18.58	14.67
Fe ₂ O ₃	1.24	1.72	0.13	0.16	1.31
MnO	0.08	0.70	0.15	0.12	
MgO	0.20	0.01	0.06	0.01	0.23
CaO	0.54	0.01	0.12	0.12	0.97
Na/>	2.89	0.23	4.26	6.96	4.82
K ₂ O	5.05	3.26	4.06	2.58	2,07
P ₂ O ₅	0.09	0.05	0.22	0.62	0.61
Li			723	5243	2325
Ba	130	174			
Rb	907	1050	1786	3269	5159
Sr	33	9	11	7	65
Ga	26				
Nb	45	132	62	69	87
Ta	59	86	65	137	93
Th	38	6			11
U	12	8			13
Zr	126	85	23	19	27
Y	38	26			
Zn	60	128			
W	1038	27			
Sn	1043	3883			707
Nb/Ta	1.63	1.50			0.12-1.6
K/Rfo	59	26			0.02-20

1: Sn, Nb-Ta, W cevherleşmesi içeren Khao Tosae graniti (Tayland,, Suwimprecha et. al. 1995).

2: K-fekspat-muskovk-tunnaltin pegmatit (Tayland, Suwimonprecha et. al., 1995).

3: YkhunTa-Nb-li Yatağı, Lityumla mika granit (Çin, Yin et. al. 1995).

4: Yichun Ta-Nb-li Yatağı, Topaz-lepidolit granit (Çin,, Yin et. al. 1995),

5: Greenbushes pegmatiti,, Batı Avustralya (Partingfan et al., 1995)..

ultrabazik kayalarla jenetik ilişkili çoğunlukla damar şekilli kayalardır. Esas olarak, kıta içi havzalarda gelişen liftlerle ilişkilidirler. Dünyada saptanmış olan 200'e yakın, karbonat oluşumunun yansı Afrika 'kıtasında, bulunur. Doğu Afrika'da bulunanlar esas olarak nefelinli türlerle ilişkilidirler ve lift, bölgelerinde karbonatit lavları şeklinde izlenirler. Son yıllarda nadir metallere olan ilginin artması doğal olarak bu kayalara olan ilginin de artmasına neden olmuş, bunun sonucunda da, daha ayrıntılı olarak incelenmişlerdir. Ancak Dünya'da nadir metal cevherleşmeleri içeren karbonatitler fazlaca yaygın değildir.

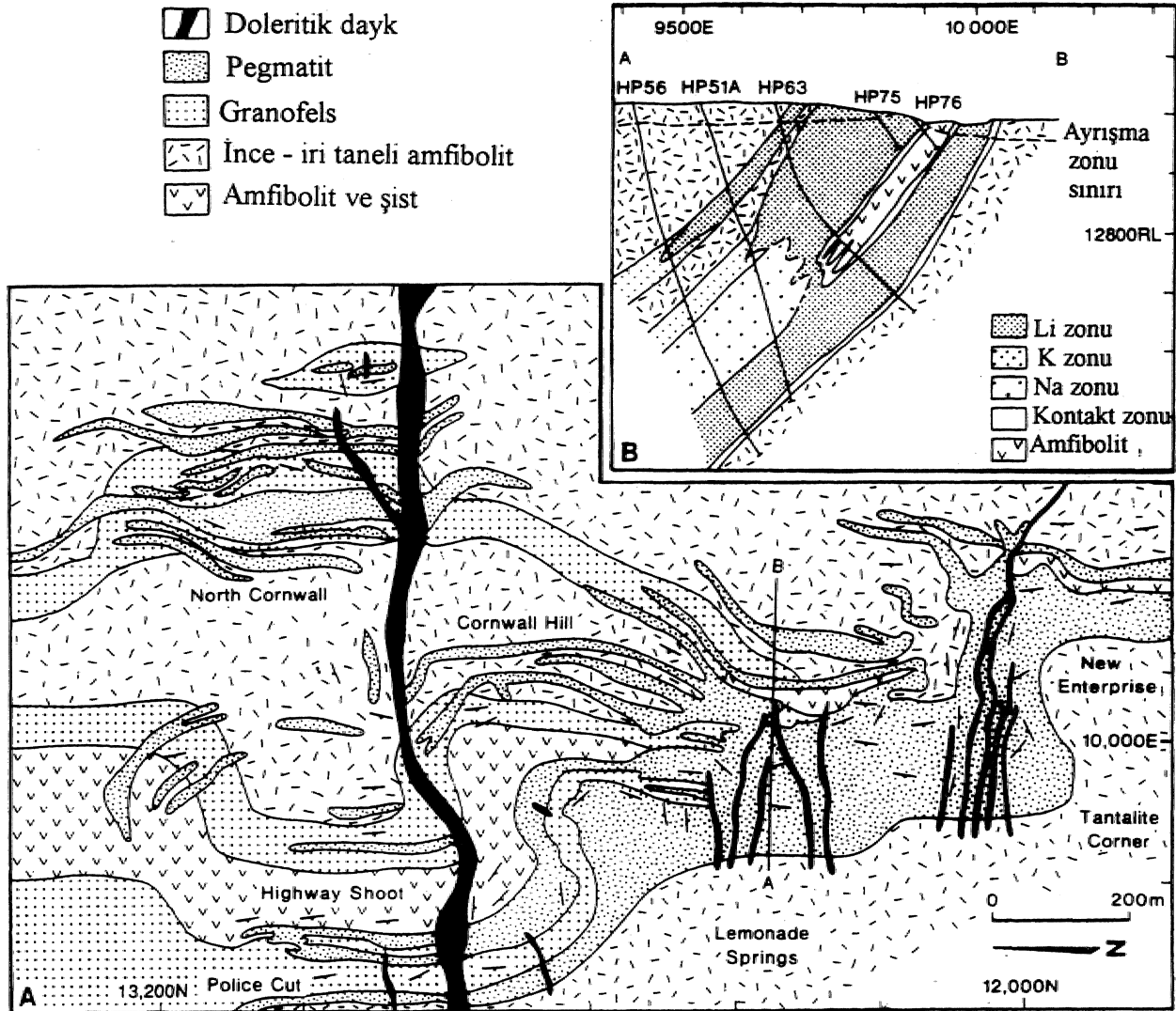
Karbonatitlerin oluşumunu üzerine pek çok fikir ileri, sürülmüş ve tartışılmıştır. Alkali ultrabazik intrüzyonlarla olan münasebetleri pek çok yerde açık bir şekilde izlenmiştir. Karbonatit varlığının tespit edilmiş olduğu- Dünya'nın en büyük intrüzyonlarından biri olarak kabul edilen Rusya'daki Gulinskij alkali ultrabazik intrüzyonu magmatik differansiyasyonun lam olarak görüldüğü iyi bir örnek oluşturur. Intrüzyon kütleleri içinde merkezinden kenarlarına doğru farklı, seviyeleri işgal eden bir çok kayaç gözlenmiştir. Magmanın kristalleşmesi ile birlikte ilk oluşumları çekirdeği, teşkil eden dünit, proksenit gibi ultrabazik kayalar olmuştur. Bu ilk kristalleşme, fazını, gelişen, ilk mineralleri, de etkilemiş, olan kuvvetli bir otometamorfizma evresi takip etmiştir. Üçüncü bir faz olarak çekirdek, kayaların çevreleri bir şekilde alkali siyenit ve teralitler kristalleşmiş ve nihayet magmatik diferansiyasyon intrüzyonunun kontakt bölgelerinde karbonatit oluşumu ile sona ermiştir. Ultrabazik magmalardan itibaren gelişen benzeri kayaç oluşumlarına Alan'daki (Rusya) Konder masifinde de rastlanılmıştır. Karbonatit oluşumunda belki de en çok tartışılan konulardan biri kalıntı magmatik eriyiklerin, 'karbonat içeriği, olmuştur. Bu konuda iki farklı görüş bulunur. Birincisine göre, karbon, kaynağı doğrudan magmanın kendisidir. Diğer görüş, bu fikri, kabul etmekle birlikte intrüzyon yapan magmanın reaksiyonel ilişkilere girdiği 'kireçtaşı, mam gibi kayalardan da bir beslenmenin olabileceğini ileri sürer.

Karbonatitler içerdikleri cevher türüne göre apatit-magmatit karbonatlar, nadir metal, ve mineral, karbonatlar ve fillogopit karbonatlar olmak üzere, üç farklı grup oluşturur. Ancak her durumda kayanın %80-90'ını karbonatlar teşkil eder. Karbonatlar içinde en fazla görülen kalsittir. Nadiren, dolomit, ankerit ve siderit gibi minerallerde rastlanılır. Ni-Ta-cevherleşmeleri esas olarak apatit-magnetit karbonatlarla ilişkilidir, Dünyada nadir metal cevherleşmeleri içeren önemli yataklar belirli bir oranda toryum da içermektedir (Yersel 1978, Spencer and Shannon 1983, Pollard 1995, Tablo 5).

Eskişehir'e, bağlı Sivrihisar ilçesinin 35 km kuzeybatı-

sında, Kızılcaören köyü yakın civarında yer alan toryumlu fluort-barit-REE yatağı, içerdiği mineraller yönüyle Türkiye'de bilinen tek nadir metal cevherleşmesini oluşturur. 1960'lı yıllardan beri çeşitli araştırmacılarca ayrıntılı incelenmiş, olan yatağın, oluşumuna, yönelik olarak, esasen, biri hidrotermal diğeri karbonatitlik olmak üzere iki farklı görüşleri sürülmüştür (Uçmak 1969, Kaplan. 1976, 1977, Yakabağlı 1977; Nakaman 1979, Çağatay 1981, Özgenç 1981, Stumpfl and Kınkoğta 1983, Kınkoğlu 1983).

Batı Anadolu'da KD-GB doğrultulu Tersiyer öncesi tektonik, zonlardan birini oluşturan Sakarya zonu içinde Türkiye'nin bilinen başlıca, toryum kaynağını oluşturan yatak altère olmuş grovaklar Ye piroklasitler içinde damarlar şeklinde oluşmuştur. Kompleks cevher içeren sahada serpantinler muhtemelen, en yaşlı kayaç durumunda olup peridotit orijinlidir (Şekil 3). Bölgede genellikle, hakim, durumundaki aşın tektonik olaylar sonucu, serpantinler yer yer ilksel özelliklerini, kaybederek şisti, bir görünüm kazanmış ve tamamen antigorite dönüşmüştür. Cevher içeren grovak ve piroklastik kayalar Permiyen yaşlı kireçtaşı olistolitleri içeren, klastik kayalar ile diyabazik dayk ve lavlardan oluşan ve Batı Anadolu'da, geniş, alaylar kaplayan Karakaya, Formasyonuna eşdeğer kabul edilen, serinin bir parçasını oluştururlar. Eğim alımlı ve doğu-batı uzanımlı bir fay ile serpantinlerin üzerine gelen Triyas yaşlı kompleks, seri fillit, fillitik şist, metagrovak, metaarkoz, şeyi çamurtaşı ile ekzotik kireçtaşı bloklarından yapıldır. Kompleks seri içinde stratifikasyona uygun yerleşmiş, olan, spilitik bazaltlar sedimantasyon esnasında deniz dibi lav akıntılarını işaret eder, Cevherli sahada Jura yaşlı kayalar konglomera, kumlası ve fosilce zengin kireçtaşlarından oluşan bir transgresif istifte temsil edilir. Stratigrafik olarak istifin alt kesimini oluşturan konlorneralar yukarıya doğru ince-orta taneli kumtaşlarına geçiş gösterir. Birinin açık gri ve sarımsı renkli konkoidal kırımlı kireçtaşları sınırlı bir alanda, yüzeylenmiştir. Orta Oligosen kadar süren bir çökme boşluğu ve/veya aşınma, etkisinde kalan bölgede. Üst Oligosen - Alt Miyosen'de itibaren KKB-GGD yönlü derin, gravite tayları ile birlikte ilk volkanik faaliyetler başlamıştır. Trakitik tüflerle başlayan volkanik faaliyet sahanın, güneyinde oluşan büyük gravite fayı boyunca trakitik lavlar şeklinde gelişmiş, bunu izleyen, dönemde aynı fay boyunca fonolit damlan serpantinleri keserek yerleşmiştir. Cevherleşme, fonolit, yerleşmesiyle eşzamanlı olarak, ortamda breşleşme ile birlikte gelişen dairesel ve ışınal kık sistemleri içinde gelişmiştir (Özgenç 1983). Paleosen yaşlı alkali trakit ve fonolitler, andesit, traki-andesit ve riolit de içeren Batı Anadolu volkanik provensine aittir ve Ege rift sistemi gelişiminin son evresiyle ilişkilidir.



Şekil 2. Greenbushes pegmatitinin jeolojik haritası (Partington et. al. 1995).

Kızılcaören'de ana cevher- mineralleri çoğunlukla damar dolgu.so şeklinde oluşan fluorit, barit ve az miktarda bastnaesitten oluşur. Bu minerale aksesuar olarak hrokit, pirit» flogopit, kuvars, kalsedon, kalsit ve dolomit, teşkil eder. Toryum bastnaesit ve hrockit minerallerine bağlıdır. Yatakta fluorit ve barit içeriği. %30-70 arasında, değişir. Ortalama %0.2 ThO₂ eşdeğerli 380 bin ton. toryum ve 4 milyon ton ortalama %3 (Ce, La, Nd ve- Y) REE içerikli cevher tespit edilmiştir.

Cevherleşmenin jenezi ile ilgili sürdürülmüş olan bazı çalışmalar sakada karbonatit varlığından, bahsetmektedir (Özgenç 1983). Ancak bu kay açlarla ilgili bulgular- yeterince açık değildir' ve yatakta bir iki. lokasyonda görülmekle sı-

nırlıdır, Mevcut mineral parajenezi daha çok hidrotermal sistemlerle ilişkili cevherleşmelere uyumlu olup,, karbonatit yataklar için iyi. bir indikatör olan piroklor ve seril gibi mineraller kesin olarak, saptanmamıştır. Bunlar' ve diğer sahha gözlemleri yanında cevher damarlarının volkanik kayalara yakınlığı» karbonatiüere bağlı bir cevherleşme modeline ilave olarak, nötr-asitik plutemlarla ilişkili bir hidrotermal cevherleşmenin düşünülmesine yol açmıştır.

B- İkincil yataklar

İkincil yataklar esas olarak nadir- metal içeren granit,, pegmatit ve karbonatit gibi kayaların ayrışma taşınma ve

M fo 5, *Dünyada başlıca bastnaesit oluşumları (Perkcah and Heinrich 1964)*

Yatak	Oluşum	İlişkili Mineraller
Hidrotermiül Oluşumlar		
Gallinas Mountains, N. Mexico	* Kumtaşlan içinde ipeteimal damarlar	Fluorit, harit, kuvars, galen, pirit
Karonge Yatağı, Unindi	Şistler içinde mesotermal kuvars damarlan	Monazit, barit, pirit, kuvars
Beiyin öbo, Suiyuan, Çin	Demir yataldan içinde fluorit damarlan	Fluorit, barit, magnetit, oborit
Pdtgietersnis yatağı, G. Afrika	Granit içinde damar ve baca	Huoserit, turmalin, kasiterit
Kontak Metsoniatik Oluşumlar		
Riddaihyattan yatağı, İsveç	Skaniarda replasman bandlan	Allanit, tönefoöhmit, şerit, magnetit
Norberg Yatağı» İsveç	Skarnlarda replasman bandlan	şerit, ortit, floorit, törneböhmit
Kychtym Yatağı, Urallar	Alkali siyenit kantağında yakın granitik gnays içinde bandlar	Allanit, şerit,, törneböhmit
Mağmatik Yataklar		
Ambositra yatağı,,, Madagaskar	Alkali siyenit, pegmatit	Tbrendrikit, .şevkinit, riebekit
Koreng Sahası, Urundi	Granit, pegmatit	Bilgi yok
.Jamestown, Kolorado, ABD	Alkali granit	
Bancroft, Ontario, Kadana.	Granit	Torit, Uranifit, pioldor
Muhtemel mağmatik oluşumlar		
Pocos de Caldas, Brezilya	Nefelinli siyenit	.Allanit, seriamit
Westerly yatağı, ABD	Granit.	Monazit, sfen
Langesund&fjord yatağı» Norveç	Nef elin siyenit pegmatit	Analsit, zirkon, ejirin
Anat-Agder Country, Norveç	Pegmatit	Monazit, ksenotim, allanit
Karbonafit Oluşumları		
Moutain Pass,,, Kalifo:miya, .ABD	Alkali intriisiflerle ilişkili karbonatlar	Şerit, parasit, mon.azit, fluorite
Powderhom 'district, Kolorado	Piroksenitler içinde karbonatit dayklan	Sinşisit, şerit
Tun.dıla. yatağı, Myassâland Doğu Afrika.	Alkalin komplekslerde karbonatit	.Ankerit
tkiincil Alterasyon Olpsumlan		
Osterby, İsveç	Granit, pegmatit içinde pluoserit alterasyonu	Fluoserit, lantanit
Cheyenne Mountain, {Colorado	Pegmatit içinde- fluoserit alterasyonu	Huoserit
Eibeiton sahası, Georgia ABD	Granit içinde allanit alterasyonu	Allanit
Jefferson Contry, Kolorado, .ABD	Granit içinde .allanit alterasyonu	Allanit, monazit
Vest-Agder Contry, Norveç	Granet pegmatit içinde Allanit Alterasyonu	Allanit
Tysfjord, Norveç		Allanit, fluorit, zirkon

ağır mineral derisiiirüerine uygun alanlarda yığılması sonucu oluşurlar. Ticari, yönden, en önemli türlerini alüvyal ve kıyı plaser yataklar teşkil eder. Bunlara, ilave olarak birincil yataklar üzerinde veya. yakın çevresinde- alüvyal türde yataklar oluşabiürse de bu tir plaserler daha çok. ana kaya ile birlikte işletilir¹ ve birincil yataklarla bir .arada, değerlendirilir.

Alüvyal plaserler akarsularca taşınan, malzemenin, hidrolik koşullar etkisi altında yığılması sonucu oluşurlar. Ayrık malzeme içinde ekonomik derişimler oluşturan nadir¹ metal mineralleri, daha çok toryum içerebilen monazit, zirkon., öksenit, ksenotim, brannerit ve niobyum-tantal.3ram minerallerinden ibarettir. Bunlara plaser¹ yataklarda yaygınca izlenen ağır minerallerden kasiterit, manyetit, ilmeoit, kromit, granat, rutil ve turmalin değişik oranlarda eşlik eder. Kesiteritin izlendiği Ni-Ta plaser yatakları daha çok primer¹ kalay yatakları yakın civarında ortaya, çıkarlar, yatakların metal içerikleri. 10-25 .g/m³ arasında, değişir. Alüvyal plaser yataklara Nijerya, Zaire ve Kanada²da. rastlanılmaktadır.. Kadanadaki radyoaktif pirit içeren konglomeralar., önemli toryum kaynaklarıdır. Benzer şekilde» Güney Afrika'da Prekamhriyen yaşlı Witwetarsrand kumtaşlan ve konglomeralar¹ içinde, toryum mineralleri, içeren metamorfizmaya uğramış plaser¹ türde bir oluşum¹ saptanmıştır.

Sahil plaser yataklar Brezilya, Avustralya, Mısır., Sierra Leonna ve A.B.D'de .geniş alanlara yayılmış büyük oluşumlar şeklindedir. Genel olarak, nadir metal mineralleri, kumlar içinde ağır minerallerle birlikte yataklanmıştır. .Akarsularca kıyıya, taşınmış olan kumlar¹ çoğu zaman dalgalar, gel-git hareketleri ve kıyı akıntılanca yeniden işlenmiştir. Kıyıya paralel mercek, şerit., cep ve tabaka şekilli oluşumlar gösteren zengini zonlar, çoğu zaman siyah, renkli ve ince tanelenmiş olup iyi boylanma, gösterirler. Kıyı plaser yataklar arasında, dikkati çeken en. önemli yataklar.,, Avustralya'nın doğu ve batı kıyılarında, rutil ve ilmem'tin bir- yan. inin olarak kazınıldığı zirkon plaserleridir. Doğudaki plaserler¹ için kaynak kayaçlar, kıyıya malzeme taşıyan akarsuların, akaçlama havzaları içinde bulunmaktadır. Batıda yer alan plaserler için kaynak kayaçlar¹ granulit fasiyesinde metamorfizmaya uğramış olan kayaçlar ver Permiyen yaşlı tortul kayaçlardır., Birincil kaynak ile kıyı plaserler .arasındaki mineral benzerliği batıdaki plaserlerde daha. fazladır. Büyük, rezervler¹ içeren yataklarda ortalama, içeriği %0.25 kadar olan rutil, düşük içeriğine rağmen bir yan, liran olarak işletilmektedir, En önemli yataklar Eneabba, Capelbunbury, Cape Naturaliste ve Albany sahasında yer alır (Force 1976).,

Sonuçlar

Nadir metal yatakları birincil ve- ikincil yataklar olmak üzere- iki büyük ekonomik gruba ayrılır., Genel olarak primer nadir metal yatakları, içinde bulunduktan mağmatik. kayacın kristalleşme sürecinin bir parçasını oluşturur ve mağmatik-hidrotermal sistemlerle- ilişkilidir., Özellikle, tantal-yum-niobyum-lityum cevherleşmeleri içeren granitler, aşın. kimyasal ayrılanlaşmaya uğramış granitik. magmalardan türeyen nadir örneklerdir ve çok evreli batolitin ayrılanlaşmış uç iyesini oluştururlar. Tantal.ye.m, niobyum, 'kalay ve lityum için. düşük dereceli kaynaklardır. Karbonatit ve pegmatitik yataklar uçucularca zengin post-magmatik sıvılar tarafından oluşturulmuştur.. Volkanik kayaçlar içindeki yataklar ise tamamen hidrotermal sistemlerle alakalıdır. Yayıgın faydalanmaya maruz; kalmış alkalın karakterli volkanik kayaçların yüzeylendiği sahalardaki damar dolguları ve breş zonlan. nadir metal, cevherleşmeleri için oldukça umutlu oluşumlardır.

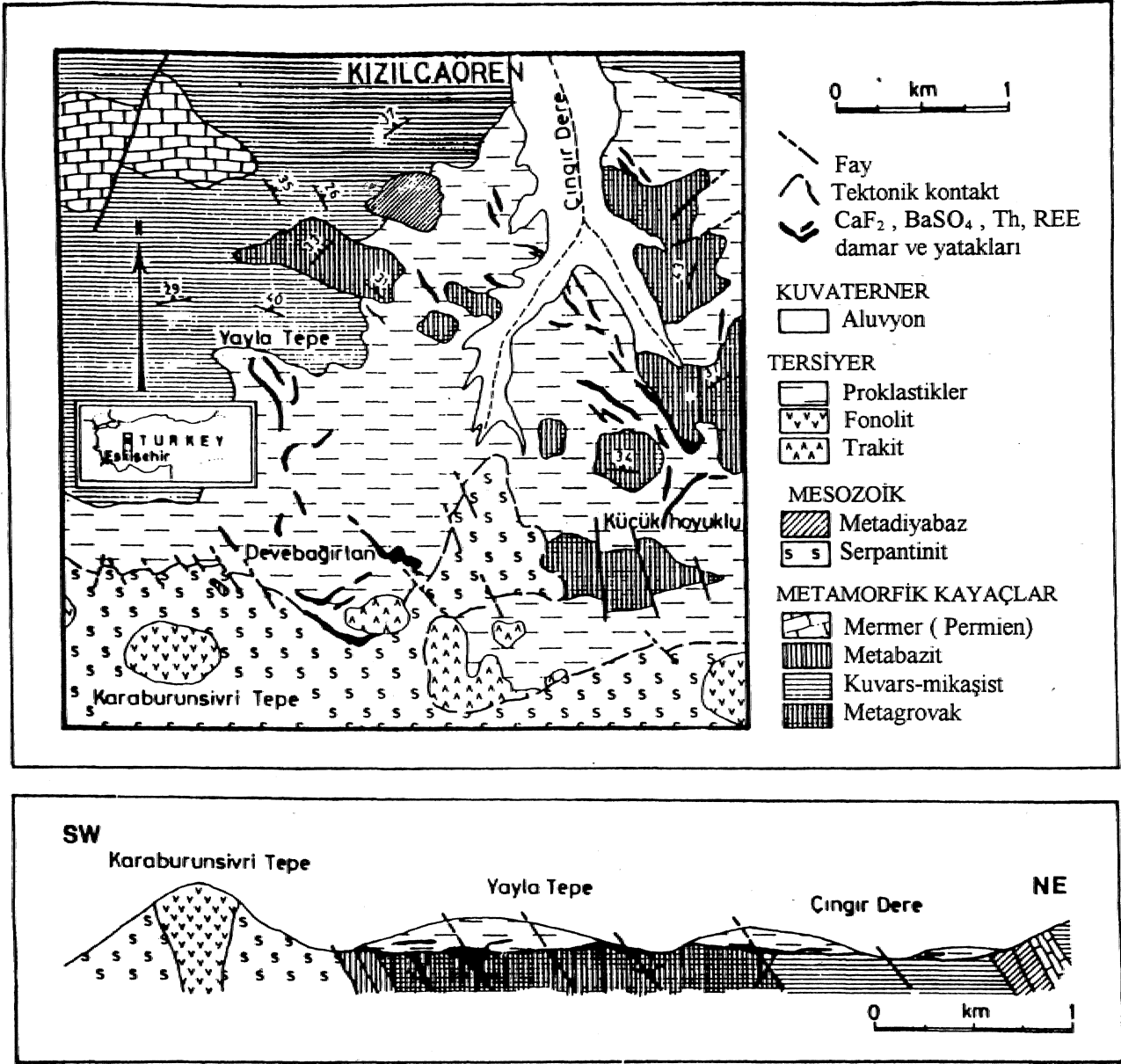
Primer yatakların aranmasında jeokimyasal, prospeksiyon yöntemleri iyi sonuç verir, bu amaçla alkali karakterli mağmatik ve volkanik kayaçlar üzerinde ayrışma sonucu gelişmiş malzeme örneklenebilir. Birincil yataklar için önemli, problemlerden biri anakay.amn metal içeriği tespitindeki, güçlüktür. Ancak bu yatakların araştırılmasında ve: geliştirilmesi önündeki en önemli engel, hatırı sayılır miktarda tespit edilmiş olan. rezerve karşılık, tüketimlerinin düşük rakamlarda, kalmasıdır. Bu nedenle bugün işletilmeyen pek çok yatak, teknolojiye gelişmelere bağlı olarak gelecekte işletilecek birer potansiyel kaymak olarak, önem arz eder.

Gevşek malzeme içinde bulunmaları nedeniyle düşük tenörlerin. daM ekonomik, olarak işletildiği plaser yataklara yönelik işletmecilik bazı Ni-Ta ¥e zirkon yatakları ile sınırlıdır., Günümüzde gelişen çevresel kaygılar bu tür yatakların işletilmesi, önündeki başlıca engeldir. Diğer yandan., cevher minerallerinin çoğunlukla ince taneli oluşları ve bütünüyle serbestlenmemiş olmaları üretimlerindeki, diğer bir zorluktur. Doğal olarak., nötr-asitik mağmatik plutonlardan ve pegmatitik sahalardan beslenen sahil ve .akarsu kumlarının yayıldığı yerler¹ muhtemel derişimler yönüyle daha umutlu salıdan oluşturur.

Değinilen Belgeler

Çağatay, N., 1981, Türkiye'nin Bazı Radyoaktif Cevherleşmeleri Üzerine Mineralojik Çalışmalar, T.J.K. BulL C.24, S. 2, Ankara.

Force, E.R., 1976, Metamorphic Source- Rocks of Titanium Placer Deposits-A. Geoche.mi.cal cycle, U.S. Geological Survey Professional Paper, 959-B, 16 p.



Şekil 3. Kızılcaören fluorit-barit-REE yatağının jeolojik haritası ve enine kesiti (Kırkoğlu 1983).

Kaplan, H., 1976, Eskişehir-Sivrihisar-Kızılcaören Köyü Yakın Güneyi "Nadir Toprak Elementleri-Toryum kompleks Cevher yatağı" üzerine 1975 yılında, yapılmış çalışmalar hakkında ara rapor, MTA. Rad. min. Servisi., Rapor No: 474.,

Kaplan, H., 1977., Eskişehir-Sivrihisar-Kızılcaören Köyü Yakın Güneyi "Nadir Toprak Elementleri-Toryum kompleks Cevher yatağı" Jeoloji Müh., S.2, pp. 29-34,

Kırkoğlu, M. S., 1983., Fluorite-Baryt-Th-See-Lagerstätten im be-
beit von Kızılcaören, Provinz, Eskişehir, West. Türkei, D:
Ph., Dissertation Montanuni.versi.tat. Leoben., 19-83.

Nakoman, E., 1979, Radyoaktif Hammaddeler Jeolojisi, M.T.A.
Enstitüsü, Eğitim Servisi., No. 20» s. 575, Ankara

Özgenç, I., 1983., 'Kalkın Köyü (Sivrihisar-Eskişehir)' Nadir Toprak Elementleri Fluorit-barit Yatağının, incelenmesi» Doçentlik Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, 131 sayfa, izmir.

Partington, G. A., McNaughton, N.J. and Williams, I.S., 1995, A Review of the Geology, Mineralization and Geochronology of the Greenbushes Pegmatite, western. Australia Econ. Geol., vol. 90, pp. 616-635.

Percath, R.M. and Heinrich» E,W, 1964, Fluorite-Barite Deposits of the Gallinas Mountains, New Mexico and Bastnaesite Paragenesis, Econ. geol., Vol 59., pp. 226-239,

- Pollard, P.J., 1995» Geology of Rare metal **Deposits: An Introduction and Overview**» **Earn. Geol. Vol. 90.** pp.. 489-494,
- Spencer, S. and Shannon» J. R.**, 1983, **Rare Earths and Thorium Industrial Minerals and Rocks**,, Vol.. **2. Fifth Edition.**, New York, pp. 11.09-1148.,
- Uçmak» F., 1969» **Eskişehir-Sivrihisar-Beylikahu- Bölgesi** Toryum cevheri nihai raporu,, MTA. Rad., Min.. Servisi., Rapor No. 343. Ankara.,
- Yakabağ, A.**, 1977, EsMşehir-Sivrihisar-Kızılcaören Köyü Yakın Güneyi. "**Nadir** Toprak Elementleri ve Toryum Kompleks Cevher Yatağı" üzerine 1976 yılında yapılmış çalışmalar hakkında **rapor** ve **Kocadevebağutan Sektörü** ile Küçük-höyüklü Sektörü. Rezerv Hesabı,, MTA. Rad. Min.. Servisi,, Ankara.
- Yersel, G., 1978» **Karbonatit Maden Yatakları, Jeoloji Mühendisliği**» Sayı 4, Sayfa 14-17.,
- Suwimonprecha, P., Cerny, P. and Friedrich, G.**, 1995., **Rare Metal Mineralization Related to Granites and Pegmatites**, Phuket, Tayland.. **Econ. Geol.**, Vol.. **90.**, pp.603-615.
- Stumpfl, E. R.** and Kıokoğlu» M. S., 1983., **Ftuorite-Barite-Rare Earths Deposits at Kızılcaoreo» Turkey**,, Mitt. Osterr. Geol... Ges. 78, pp.. 193-200..
- Yin, L., Pollard,, D. J., Shouxi, H. and Taylor, R. G., 1995, **Geological, and Geochemical Characteristics of the Yichun Ta-Nb-Li Deposit**, LJangxi Proven.ee» South. China, **Econ., Geol.**, Vol. 90, pp. 577-5:85.