

DOĞANKUZU VE MORTAŞ BOKSİT YATAĞININ JEOLJİSİ VE SÜLFÜRLÜ ZONLARIN ÖZELLİKLERİ, ORTA TOROSLAR, TÜRKİYE

Hüseyin ÖZTÜRK* ve Nurullah HANILÇI*

ÖZ.- Doğankuzu ve Mortaş boksit yatağı, Üst Kretasenin Senomaniyen ile Santoniyen kireçtaşları arasındaki diskordans hattında yer alır. Boksitin tabanında markasit + pirit + hematit + götit + böhmit + diyaspor + anatas + jips minerallerinden oluşan sülfürlü bir düzey bulunmaktadır. Sülfürlü düşük dereceli boksit üzerinde pizolitik yapılı cevher yer almakta, içinde yersel kalker konglomera düzeyleri izlenmektedir. Cevherin kalınlaştığı yerlerdeki bu konglomeratik zonlar, paleodolinlerin göstergesi olmalıdır. Boksit yatağının tavan kesimlerinde cevher kalitesi artmakta, masif yapı göstermektedir. Boksit yatağının en üstünde birkaç dm. kalınlığında sülfürlü tavan zonu bulunmaktadır. Tavandaki pirit içerikli killi kireçtaşları, Santoniyen kireçtaşlarına dereceli geçiş gösterir. Her iki boksit yatağında da, cevher gövdesine uyumsuz, kalınlığı 2 metreye varan, ortalama % 15 markasit ve pirit içerikli, mavimsi gri - yeşil renkli damar oluşumları izlenmektedir. Bu damarlar kırık dolgusu olup, diyasporca zengindir. Sülfürlü damar yapıları taban ve tavandaki kireçtaşları içinde gözlenmez. Petrografik ve mineralojik veriler, boksitin özellikle iç diyajenezinde indirgen süreçlerin etkin olduğuna işaret etmektedir. Sülfürlü zonların oluşumu, Santoniyen yaşlı kireçtaşlarının çökelimi sürecinde deniz suyundaki sülfatların boksitik madde içine nüfuz etmesi ve burada muhtemelen bakteriler tarafından sülfürlere indirgenmesi şeklinde açıklanabilir.

GİRİŞ

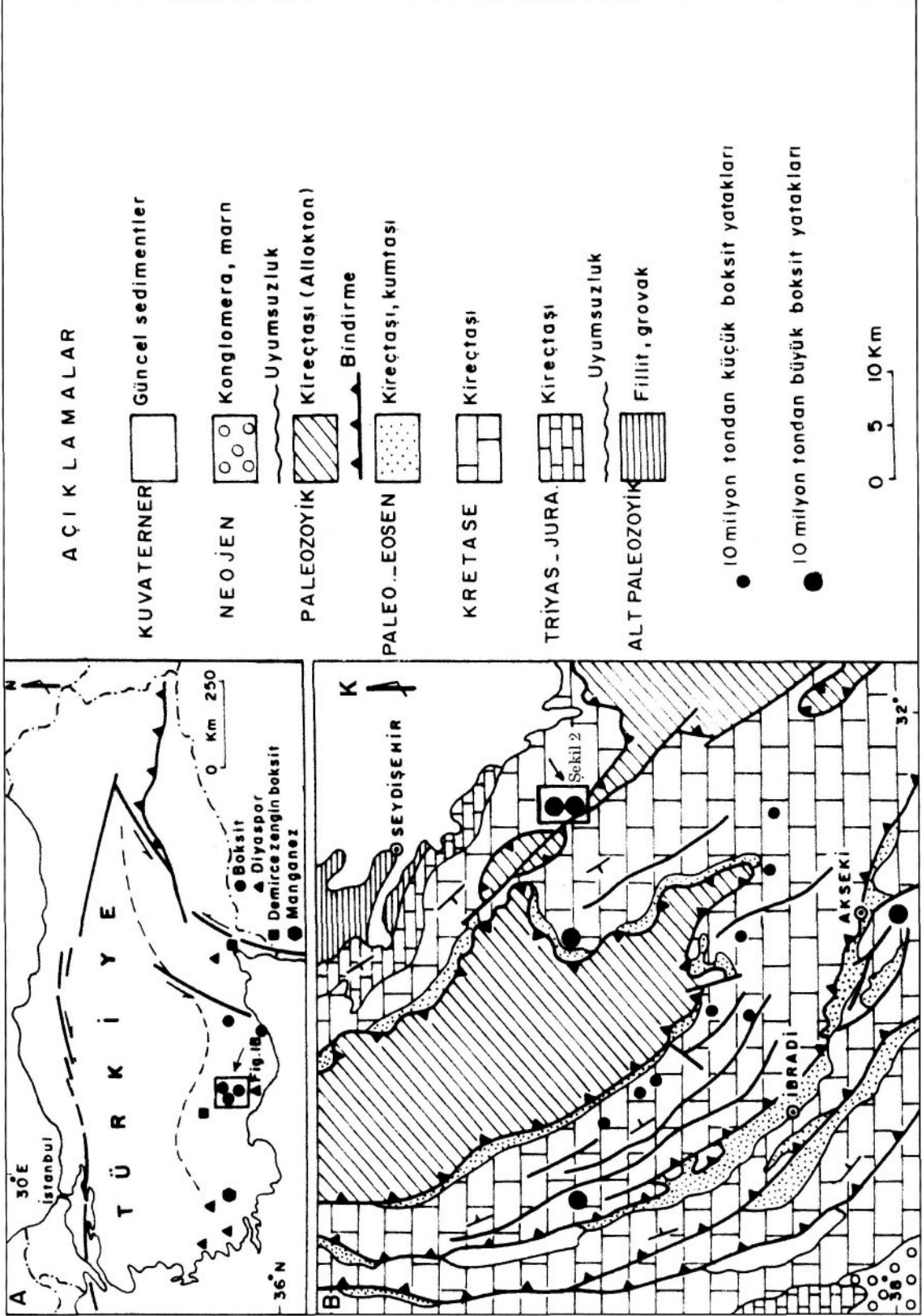
Türkiye boksit yatakları, Kokaksu yatağı (Zonguldak) hariç tamamı Toros kuşağında bulunmakta ve en önemlileri Seydişehir - Akseki arasında yer almaktadır. Bu alandaki boksit yataklarının oluşumu üzerine pek çok çalışma yapılmıştır (Göksu, 1953, Blumental ve Göksu 1949, Wippert, 1959-1962; Atabey 1976, Baysal ve Engin 1976; Özlü, 1978; Karadağ, 1987). Öte yandan, Toros kuşağında değişik yaşta ve oluşum tipinde alüminyum hammadde bulunur. Bunlar, Permiyenden (Alanya metamorfitleti içindeki diyasporitik zonlar, Peyronnet, 1967) Eosene (Göcek civarı, Graciansky, 1968) kadar değişik yaş aralığında bulunmakta, değişik cevher tipleri, (Örneğin demirce zengin oluşumlar, Şarkikarağaç demirli boksit yatakları, Ayhan ve Karadağ, 1985) içermektedir (Şek. 1A). Bu kuşakta benzer yaş ve tektonik ortama ait kireçtaşları içinde manganez yatakları ile tabanında boksitik kırıntılar içeren manganez yatakları da bulunmaktadır (Öztürk ve Hein, 1997). Toros kuşağında yer alan Mn - Fe - Al oksitlerin birlikte veya ayrılarak çökelim süreçleri, zamana ve mekâna bağlı olarak henüz irdelenmemiştir. Bu ayırma süreçlerinin ve /veya metalojenik gelişimin açıklanabilmesinde paleoeko-

lojik koşulların belirlenmesi son derece önemli bir yer tutmaktadır. Bu çalışmada, Seydişehir civarındaki boksit yataklarından Doğankuzu ve Mortaş boksit yatağının jeolojisi, yan kaya özellikleri ve cevher tipleri ile mineralojik özellikleri irdelenmiş, hem cevher içinde damarlar şeklinde, hem de tabanda belli bir düzeyde yer alan markasit ve pirit içerikli zonlar araştırılmıştır. Henüz nadir toprak element ve duraylı izotop verilerinin oluşmadığı bu aşamada boksit oluşum süreçlerinin ayrıntılarına girilmeyecek, esas olarak cevherin iç yapısına ve yan kaya özelliklerine ait bulgular irdelenecek, sülfürlü zonların genel özellikleri tartışılacaktır.

BÖLGESEL JEOLJİ

inceleme alanı Orta Toroslarda yer almaktadır. Bölgede otokton temel üzerine yerleşmiş allokton birimler bulunmakta, tüm bu allokton ve otokton birimler post tektonik kırıntılılarla örtülmektedir. Otokton temel kayaçları (Özgül, 1997), Seydişehir güneyinde izlenilen ince tabakalı, açık kahve renkli grovaklar ve killi şistlerden oluşur. Bunların üzerine uyumsuz olarak Triyas ve Jura yaşlı, kalın katmanlı mavimsi-gri renkli kireçtaşları gelmektedir. Jura kireçtaşlarının üzerine Kretase yaşlı, oldukça düzgün

* İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Avcılar, 43850, İstanbul.



Şek. 1- Toros kuşağı önemli alüminyum kaynaklarını ve manganez yataklarını gösteren harita (1A), ve Seydişehir-Akseki boksit provensininin jeolojisi haritası (1B), (Monod, 1977 den sadeleştirilerek).

katmanlanmalı, km ölçeğinde kalınlığa sahip kireçtaşları, bunun üzerine ise Paleosen-Eosen sedimentleri gelmektedir (Şek. 1B).

Allokton seriler Hadım napları olarak bilinen Paleozoyik yaşlı kireçtaşları-killi kireçtaşlarından ve esas olarak mafik-ultramafiklerle temsil edilen ofiyolitik kayaçlardan oluşmaktadır. Hadım naplarının nereden beslendikleri henüz açıklık kazanmış değildir. Nap yerleşimi ve doğrultu atımlı faylanmalardan sonra çökelmiş Miyosen-Pliyosen kırıntılıları bölgenin güney alanlarında izlenmektedir.

Mortaş ve Doğanlıkuzı boksit yataklarının jeolojisi ve petrografisi

Mortaş ve Doğanlıkuzı boksit yatakları rezervleri ve konumları açısından Seydişehir-Akseki boksit provensinin en önemli yataklarıdır. Her iki yataktan açık işletme yöntemiyle uzun yıllar cevher üretimi yapılmıştır. Günümüzde cevher üretimi Doğanlıkuzı yatağından yapılmaktadır. Doğanlıkuzı yatağından üretilen yıllık 300 bin ton cevher Seydişehir alüminyum fabrikasına taşınmakta ve yaklaşık 60 bin ton metal Al elde edilmektedir. Boksiti oluşturan mineraller çokluk sırasına göre böhmit, kaolinit, hematit, anatas, diyaspör, götit, pirit, markasitten oluşmaktadır. Seydişehir alüminyum fabrikası verilerine göre boksit cevherinin kimyasal bileşimi ortalama % 59 Al₂O₃, % 16 Fe₂O₃, % 8 Si O₂, % 2.5 TiO₂ ve % 12 H₂O şeklindedir.

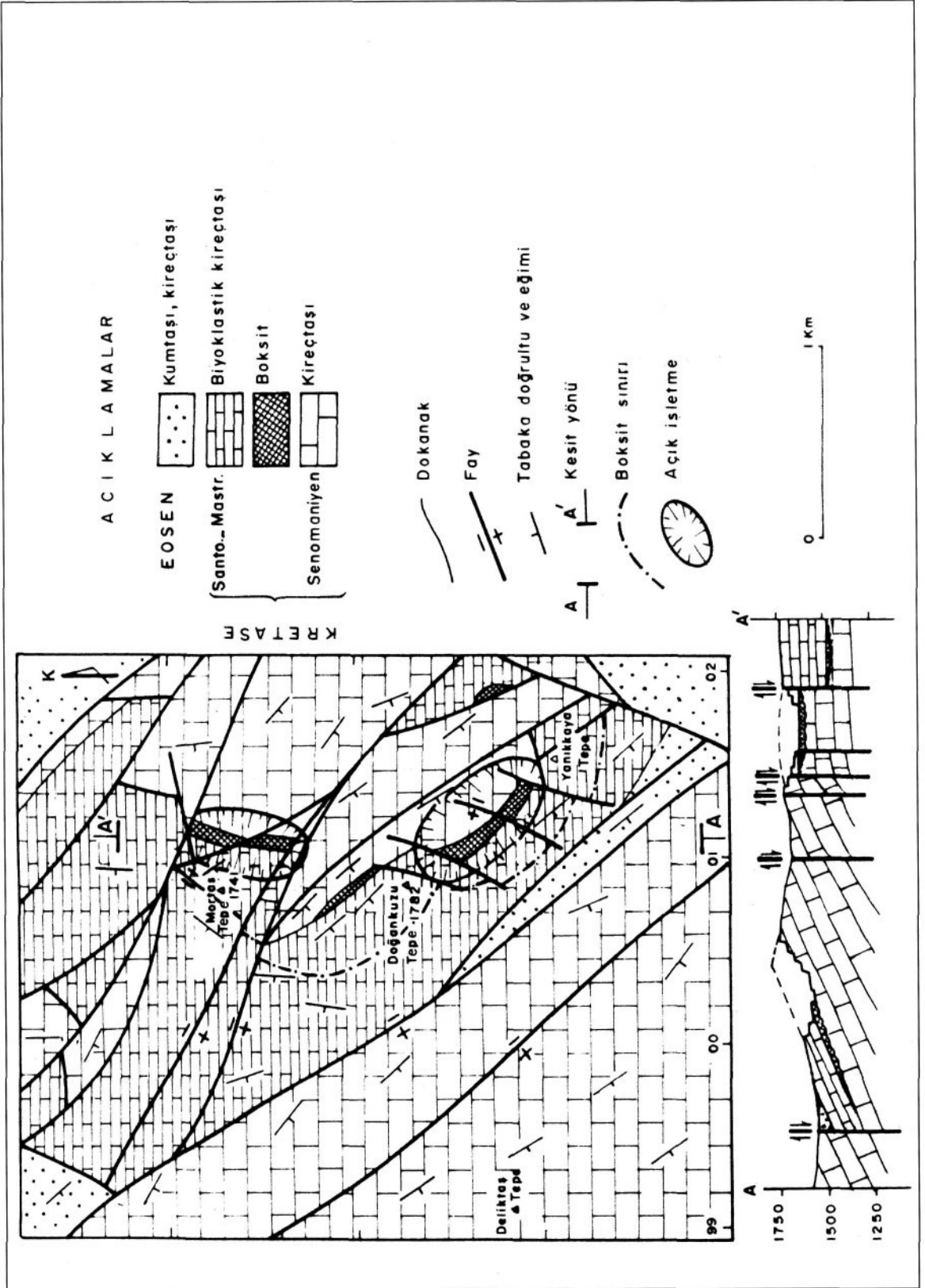
Mortaş ve Doğanlıkuzı boksit yatakları, KB-GD doğrultulu ve GB'ya eğimli olarak Mortaş tepeden Doğanlıkuzı tepesine kadar devamlılık göstermektedir (Şek. 2). Cevherleşmede taban ve tavan ilişkilerinin en iyi gözlemlendiği yer, Doğanlıkuzı tepenin güney yamaçlarıdır. Burada dik bir yarda, eğim yönünde bütün birimler geçilmekte ve cevherin taban ve tavan kireçtaşları arasındaki konumu ayrıntılarıyla izlenebilmektedir. Bu alanlarda yer yer yarma çalışmaları yapılmış ve yarmalara ait cevher stokları arazide izlenmektedir. Kireçtaşlarına göre daha dayanımsız olan boksitin kolay aşınma ve döküntülerle örtülmesi, ayrıntılı mostra gözlemine engel olmaktadır. Cevherin taban-tavan ilişkilerinin iyi izlenmesi nedeniyle çalışmalar özellikle Doğanlıkuzı boksit ya-

tağında sürdürülmüş, taban ve tavan kireçtaşlarının, cevher ve sülfürlü zonların örnekleme de bu yataktan yapılmıştır.

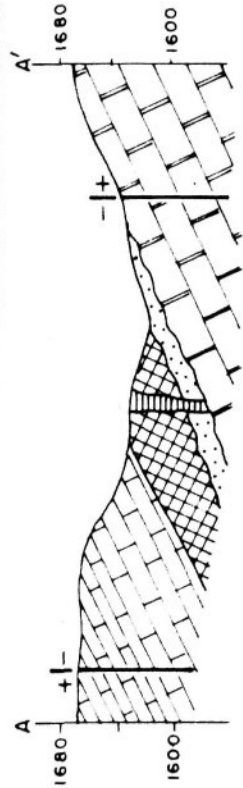
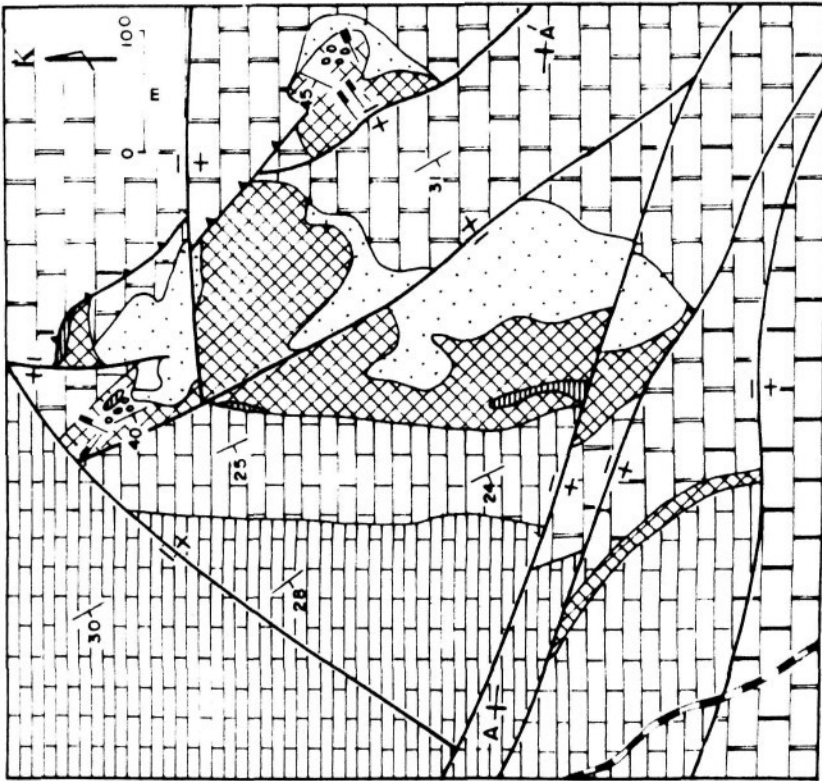
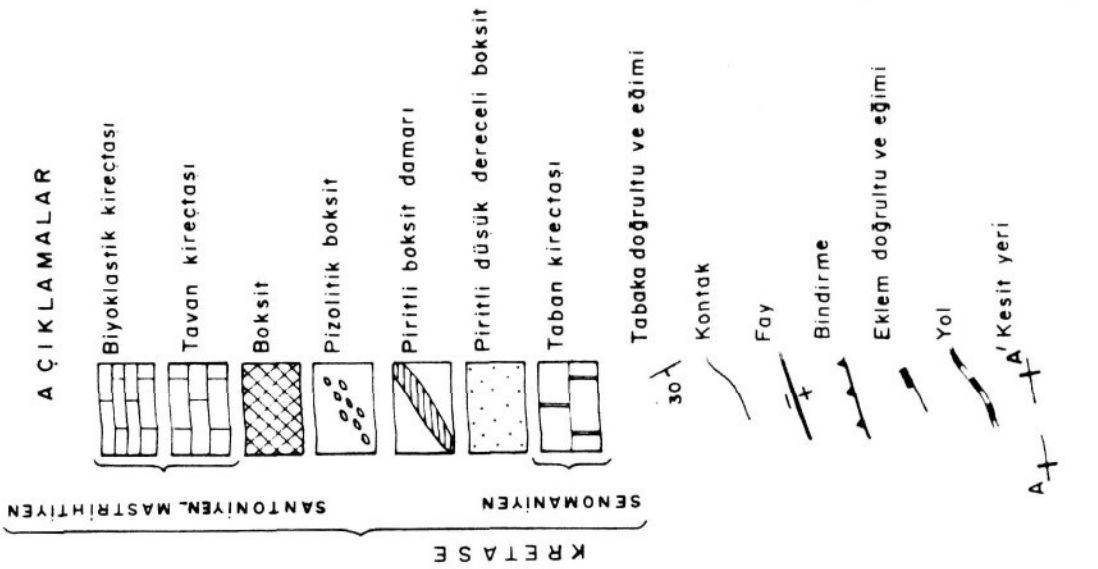
Mortaş boksit yatağı, Mortaş tepenin güneyinde ortalama 10 metre kalınlığında, yaklaşık 400 metre devamlılıkta izlenmektedir. KB-GD doğrultuya sahip cevher, yaklaşık 25 derece ile GB'ya eğimlidir (Şek. 3). Yatakta cevher kalınlığı 40 metreye erişmekte, girintili çıkıntılı taban yapısına karşılık son derece düzgün tavan yapısı göstermektedir. Cevherleşmenin taban düzeylerinde breşik yapıları kireçtaşı elemanlarının arası boksitik maddeyle dolgulanmış olarak izlenmektedir. Boksit cevherinin tabanında demirce zengin ve bu nedenle kırmızı renkli, sert ve iskeletimsi yapıları düzey gözlenir. Bu düzeyler grimsi mavi, mavimsi gri-yeşil-sarı renkli kil ve sülfür mineralleri içeren düzeylerle yanal ve düşey geçiş göstermektedir. Düşük dereceli taban cevherinin üzerine tabakalanması açık olarak saptanabilen koyu kahve renkli pizolitik cevherler gelmektedir. Pizolitik zonlardan yapılan eğim doğrultu ölçümleri, cevher iç yapısının alttaki ve üstteki kireçtaşlarına uyumlu olduğunu göstermiştir. Pizolitik cevher, masif dokulu ve yüksek dereceli üst cevher zonuna geçmektedir.

Mortaş yatağı ve civarının jeolojik incelemesi ve rezerv belirlenmesine yönelik arama faaliyetleri Etibank bünyesinde uzun yıllar sürmüş, sondajlı arama çalışmalarından ortalama % 57 Al₂O₃ tenörlü, toplam 10.9 milyon ton rezerv belirlenmiştir (Pelen ve Vuran, 1978). Güneye dalımlı ve merceksi geometri gösteren yatakta, 1997 yılına kadar yaklaşık 6 milyon ton cevher üretimi yapılmış, yatakta yaklaşık 5 milyon ton rezerv kalmıştır. Mortaş boksit yatağının doğrultu ve eğimi Doğanlıkuzı yatağına uymakta olup, bu yataklar eğim atımlı normal faylarla zaman içinde birbirinden yalıtılmışlardır. Cevheri değişik doğrultularda kesen kırıkların normal atım göstermeleri ilgi çekicidir. Zira bölgedeki ana yapılar bindirmeler veya nap yapıları gibi ters faylar olarak bilinmektedir.

Doğanlıkuzı boksit yatağı Mortaş yatağının yaklaşık 1.5 km güneyinde bulunmaktadır. Yatak, % 58 Al₂O₃ tenörlü 14.9 milyon ton görünür cevher



Şek. 2- Mortaş ve Doğanlıkuzı boksit yatağı ve civarının jeoloji haritası.



Şek. 3- Mortaş boksit yatağının jeoloji haritası ve jeoloji kesiti.

rezervine sahip olup şimdiye dek yaklaşık 3.6 milyon ton cevher üretimi gerçekleştirilmiştir. 1997 itibariyle yatakta 11.3 milyon ton rezerv kalmıştır. Boksit yatağı elipsoidal geometri gösterir. Boksit cevherinin altında 20-60 cm kalınlığında belirgin tabakalı, krem-sarımsı beyaz renkte, silisleşme gösteren kristalize kireçtaşları bulunmaktadır. Bu kireçtaşlarına pekçok araştırmacı Senomaniyen yaşını vermiştir (Pelen, 1977, Özlü, 1978). Kireçtaşlarının üzerinde bulunan boksitlerin taban yapısı oldukça düzensizdir. Boksit zonunun kalınlığı 40 metreden 1-2 metreye değişmekte, girintili çıkıntılı taban yapısı göstermektedir.

Boksit zonu tabanda sarımsı-yeşilimsi kırmızı renk bantları göstermekte, sülfürlü-sülfatlı mineraller ve killeri içermektedir (Şek. 4). Bu düzeylerde breşleşmiş kireçtaşı parçalarının arası boksitik madde ile doldurulmuş ve bu düzeyler Özlü (1978) tarafından boksit breşi olarak adlandırılmıştır. Breşik düzey yanında boksit ile kalsitik konglomera ardalanmaları Doğan kuzu yatağının açık işletmesinde bütün açıklığıyla ortadadır (Şek. 5). Bu tür konglomera çökeline bir paleo çukurda gelişmesi gerekir. Boksit gövdesinin ve yataklanma şeklinin huniye benzerliğinden yola çıkılarak, Mortaş civarındaki boksit yataklarının bir dolin ortamı çökeli olduğu ilk kez Güldalı (1975) tarafından ileri sürülmüştür.

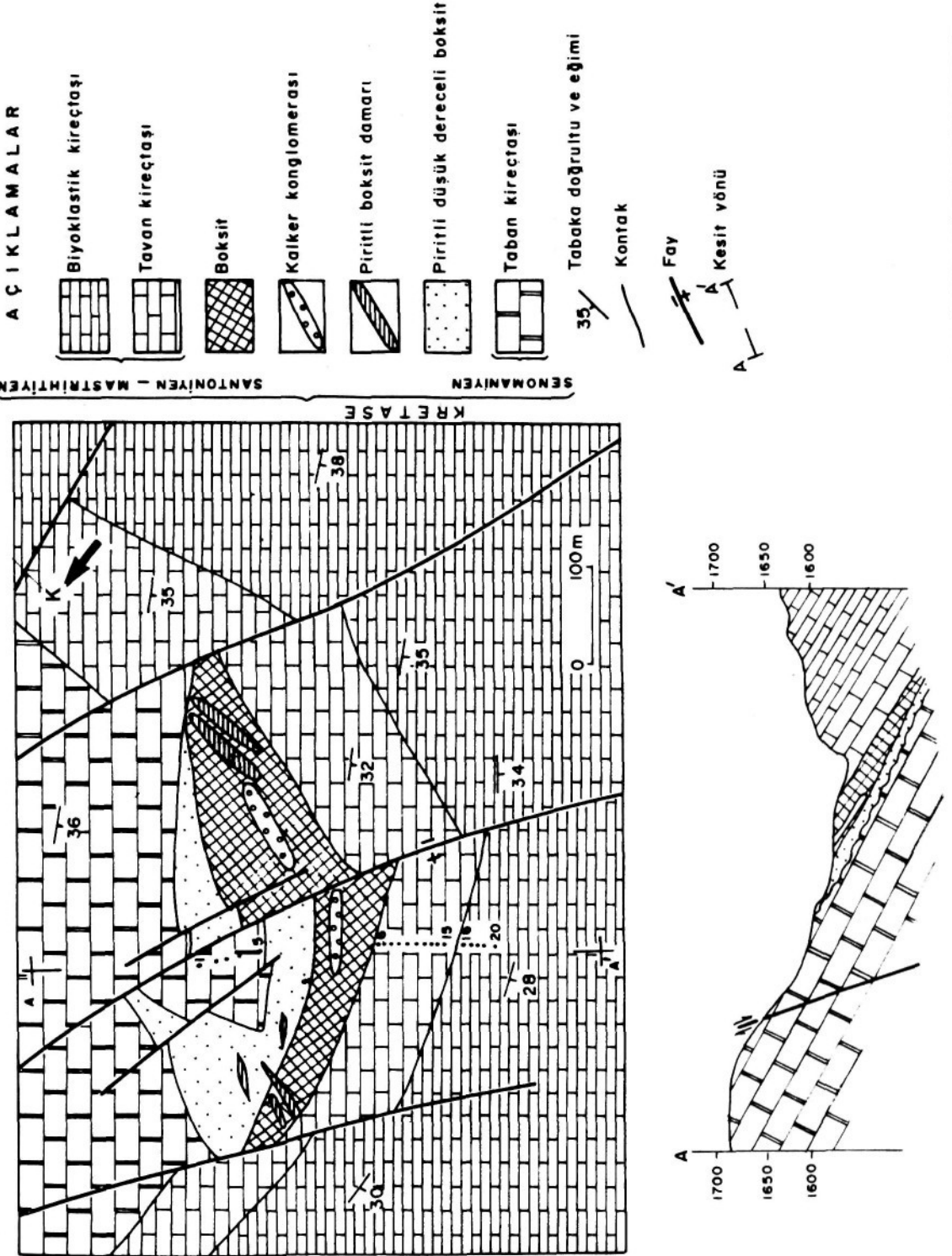
Doğan kuzu boksit yatağının tabanda izlenen sülfürlü düzeylerdeki pizolitler pirit ve böhmitlerin oluşturduğu mineralojik-kimyasal bileşim bantlanması göstermektedir (Levha I, Şek. 1). Bu düşük dereceli taban cevherinin üstüne hematitçe zengin, pizolitik yapıları cevher gelmektedir. Bu pizolitik düzeylerde, pizolitler yassı-sferik şekiller göstermekte, demirce zengin böhmit pizolitleri, saf böhmit pizolitleri ve bunlara ait kırıntılar bir arada izlenmektedir (Levha I, Şek. 2). Hematitçe zengin pizolitlerdeki aldatıcı oolit yapısı ve dehidratasyon çatlakları ise tipiktir (Levha I, Şek. 3). Konglomeratik ara seviyeler içeren ve yer yer pizolitik yapıları gösteren cevher üzerine masif yapıları kırmızımsı kahve-vişne çürüğü renkli boksitler gelmektedir. Bu düzeylerde mikro kristalin böhmit hamuru içinde özşekilsiz hematit ve

götüt saçılımları izlenmektedir (Levha I, Şek. 4) Masif cevherde 5-15 cm aralıklarında, devamlı, iki yönde gelişmiş eklemeler tipiktir. Eklemelerin arası sarımsı beyaz renkte kaolinitik kil dolulu olup cevherin kalitesi bu düzeylerde yüksektir. Masif yapıları tavan cevherinin üzerinde, seyrek ve küçük taneler şeklinde izlenen pirit içerikli karbonatlı kilttaşları yer almaktadır. Bu zonun kalınlığı 5-30 cm arasında değişmektedir. Boksit cevherleşmesini örten kireçtaşları krem renkli, masif, sert ve midye kabuğu kırılmalı, 2-3 metre tabaka kalınlığı göstermektedir. Yaşı için değişik görüşler ileri sürülmekle birlikte (genellikle Türoniyen, Özlü 1978) yaptığımız paleontolojik incelemelerle yaşının Santoniyen olduğu belirlenmiştir. Boksit kütlelerini örten kireçtaşlarından yapılan incelemelerde *Murciella* sp., *Nazzazeta* sp., *Minouxia* sp., *Minouxia conica* Gedrot, *Montcharmontia apemina*, *Discorbis* sp. ve *Radshoovenia* cf. *salentina* fosilleri Santoniyen olarak değerlendirilmiştir. Santoniyen yaşlı masif kireçtaşları yaklaşık 30 metre kalınlığındadır ve üzerine Kampaniyen Mestrihtiyen yaşlı bol rudist fosilli mavimsi gri renkli kireçtaşları gelmektedir. Başta rudist parçaları olmak üzere resif döküntüsünü andırır bir oluşum gösteren kireçtaşları içinde oldukça tipik beyaz renkli dolomitik ara düzeyler bulunmaktadır.

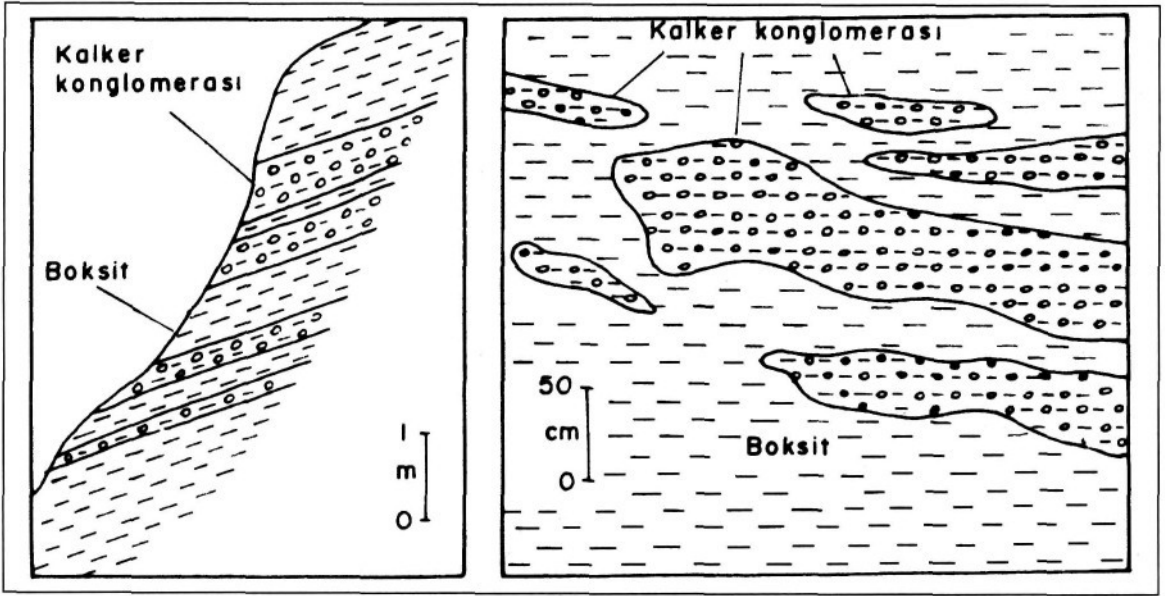
Doğan kuzu boksit yatağı içinde izlenen önemli yapısal unsur, cevheri dikine kateden norma faydır. Bu fayın düzlemi ocakta 60 derece olarak ölçülmüştür. Tansiyonel rejimi açıkça gösteren bu fayın yaşı Miyosen-Pliyosen olarak değerlendirilmiştir

Sülfürlü zonların özellikleri

Mortaş ve Doğan kuzu boksit yatağında sülfürlü zonlar iki şekilde izlenmektedir. Birincisi esas olarak tabanda, görece kalın ve devamlı bir zor şeklinde izlenen sülfür-sülfat oluşumlarıdır. Benze oluşum cevherin tavanında da, oldukça ince bir zor şeklinde belli-belirsiz izlenmektedir, ikincisi ise, cevher gövdesini kesen, 100 metre devamlılık gösterebilen, mavimsi gri-yeşilimsi renkli, pirit ve markasi içerikli damarlardır. Jeoloji haritasına, boksitin tabanında kalın bir zor şeklinde izlenen sülfür oluşumu ile cevher içinde damarlar şeklinde bulunan oluşumlar ayırtılarak geçirilmiştir.



Şek. 4- Doğankuzu boksit yatağının jeolojisi haritası ve jeoloji kesiti



Şek. 5- Doğançuzu boksit yatağı tabanında izlenen kalker konglomerallı ara düzeyler.

Boksit cevherinde piritli-markasitli oluşumlar, önceki araştırmacılarca da irdelenmekle birlikte tabandaki sülfürlü zonlara ve damar tipindeki dolgunmalara değinilmemektedir. Bunun muhtemel nedeni, bu zonların açık işletmeyle birlikte yeterli derinliğe inilmesiyle ortaya çıkmış olmasıdır. Zira, yataкта izlendiği şekliyle piritli damarlar üste doğru limonitik-hematitik bileşim kazanmakta ve damar renkleri derinden yüzeye doğru yeşilden sarıya ve kırmızıya geçmektedir.

Tabandaki sülfürlü-sülfatlı zonun iç yapısı, grimsi yeşil-mavimsi gri renklerde, ince bantlar şeklinde izlenmekte, toplam kalınlıkları yanal yönde önemli ölçüde değişmektedir. Kalınlığı 5-10 metreyi bulan bu zon oldukça kötü kokuludur. Toprağımsı yapılı bu düzeyde esas olarak pirit ve böhmüt aralanmalarından oluşan mm kalınlıklarındaki bantlanmalar makroskobik gözlemlerdendir. Bantlı yapı gösteren porozsuz ve sert sülfür örneklerinin parlatma kesitlerinde piritlerin önemli ölçüde hematite oksitlendiği görülür (Levha II, Şek. 1). Tabakalı yapılar geç evrede boksitik materyalin iç diyajenezi ve/veya sülfürlü ortamlardaki sementasyon olaylarına benzer işlemlerle gelişmiş olmalıdır. Bu bantlarda markasitlerin piritlere egemen olması ilgi çekicidir. Mak-

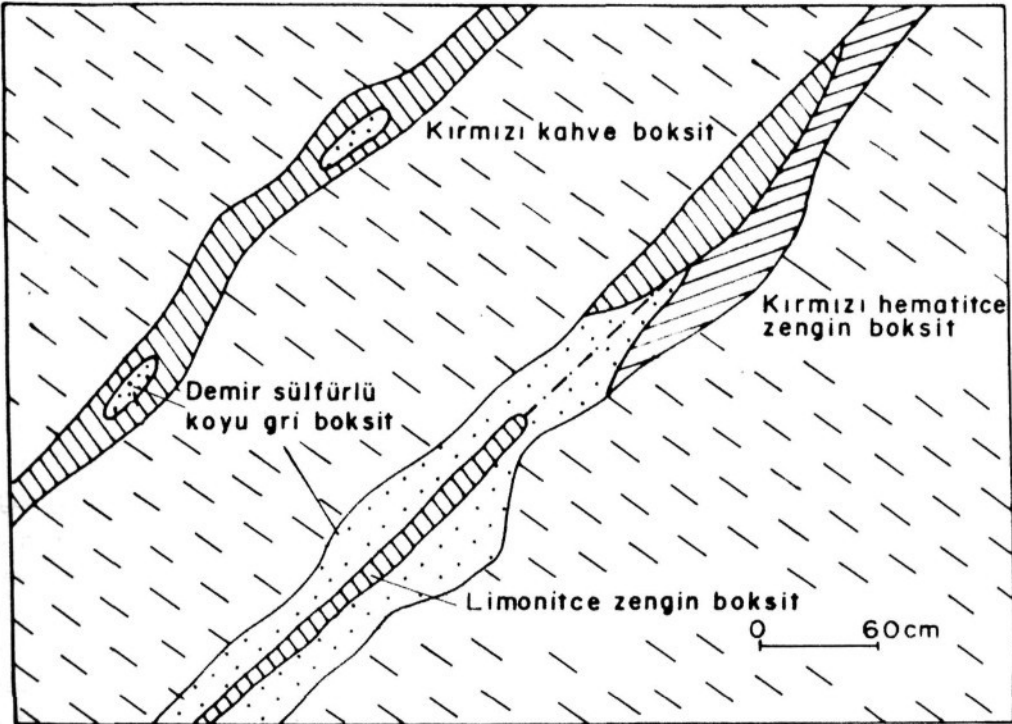
roskopik olarak yeşilimsi nüanslı beyaz renkli izlenen markasitler, iri taneli ve idiomorf şekiller verir. Markasitler parlatma kesitte oldukça iyi izlenmeler göstermekte, dilinimleri-kristalografik düzlemleri boyunca hematite oksitlenmiş olarak izlenmektedir (Levha II, Şek. 2). Dokusal çalışmalar, sülfürlü zonlardaki lepidokrosit latalarının markasitlerden dönüştüğünü göstermiştir (Levha II, Şek. 3). Piritlere göre daha asidik koşullarda çökelen markasitlerin asidik ve indirgen ortamda oluşması gerekir. Cevher ile örtü kireçtaşları arasında izlenen demir sülfürlü zon oldukça incedir. Yaklaşık 10 cm kalınlık gösteren bu düzeyde küçük pirit taneleri saçılı olarak bulunur. Seydişehir bölgesi boksitleri üzerinde ayrıntılı incelemeler yapan Özlü (1978), bölgedeki Mortaş ve Doğançuzu dışında diğer boksit yataklarının tavanında da (Örneğin Değirmenlik ve Arvana boksit yatağı) piritli zonun bulunduğu dikkat çekmiştir. Bununla birlikte bu araştırmacı gerek tabanda, gerekse damarlar şeklinde cevher içinde bulunan sülfürlü oluşumlara değinmemiştir.

Boksit cevherinin içinde yeşilimsi gri renkli piritli-markasitli damarlar kırık dolgusu şeklinde yaygınca izlenir. Damarlar şeklinde bulunan sülfürler esas olarak idiomorf yapılı piritlerden oluşmaktadır. Pi-

ritler pizolitik-oolitik diyasporların arasında saçılı veya kümelenmiş şekilde izlenmektedir. Bazen, pizolitik tanelerin çekirdek maddesi olarak bulunmaktadır (Levha II, şek. 4). Piritler veya markasitlerde framboidal yapı izlenmemiştir. Piritler yaygın olarak diyasporitik pizolitlerin içinde veya dış kesiminde bulunmakta bazen pizolit içinde diyaspor-pirit halkaları şeklinde bileşim bantlanması oluşturmaktadır. Bu bağlamda hematit-diyaspor sarılımlı izlenen pizolitlerin başlangıçta olasılıkla pirit-diyaspor-böhmit bantlanmaları şeklinde olduğunu söyleyebiliriz. 0.4-2 m kalınlığında mavimsi yeşil-gri renkli ve pizolitik yapıli damar yüzeye doğru oksidasyon nedeniyle sarımsı kırmızı renklere geçmektedir (Şek. 6). Bu damarlar açık işletmede kırık dolgu şeklinde 100 metre devamlılıkta izlenmektedir. Kalınlığı fazla değişmeyen sülfürlü dolgu, yüzeyde kırmızımsı, alt kotlarda sarı ve mavimsi yeşil renktedir.

Boksit cevheri içinde bulunan pirit veya markasitlerin nasıl geliştiği şimdiki dek ayrıntılı olarak ele alınmamıştır. Oysa paleo oksidasyon kuşağı çöke-

linde ve oksidik cevher parajenezinde sülfürlü mineraller duraylı değildir. Burada iki önemli sorudan birincisi, kükürdün nereden kaynaklandığı, ikincisi ise nasıl çöktüğüdür. Bu sorun önceki araştırmacılar tarafından sadece Özlü (1978) tarafından kısmen irdelenmiş, sülfürlü minerallerin boksitin diyajenezi ve sonrasında geliştiği öne sürülmüştür. Sülfürlerin nereden kaynaklandığı sorunu ise tam bir bilmecedir. Sülfürler için kaynak boksit oluşumu esnasında ortama taşınan organik bileşikler olabileceği gibi yoğun bir volkanizma ile ilişkili sülfatlı asit yağmurları veya deniz suyu da olabilir. Boksit zonunu örten Türoniyen-Mestrihtiyen kireçtaşlarının çökeli mi sırasında deniz suyunda bulunan sülfatlar tabanda bulunan boksitik madde içine filtre olmuş ve buradaki bakteriler veya organik maddeler tarafından sülfürlere indirgenmiş olabilir. Bu yaklaşımla özellikle boksitin tavanında bulunan sülfürlü zonun gelişimini açıklayabiliriz. Bu süreçte boksitik madde içinde bulunan demir + 3 demir + 2 ye indirgenmiş, sülfat redüksiyonundan oluşan sülfürleri bağlayarak demir



Şek. 6- Doğankuzu boksit yatağında sülfürlü damarların ayrıntısını gösterir taslak kesit.

sülfürler şeklinde çökelimini sağlamış olmalıdır. Sülfür redüksiyon hattı boksit içindeki organik madde değeriyle kontrol edilmiş olmalıdır. Boksit zonuun özellikle tavanında bulunan sülfürlerin bu şekilde oluşması kanımızca en uygun açıklama olacaktır. Sülfürün kaynağı konusunda yapılacak duraylı izotop incelemeleri ise önemli bilgiler verebilir. Öte yandan boksitik madde bir volkanizmayla direkt ilgili olabilir. Volkanizma ile ilişkili asit yağmurları hem karadaki ayrışmayı hızlandırabilir, hem de karasal sedimentteki sülfür zenginleşmesini yaratabilir. Comer, (1974) Jamaika boksit yataklarının, karasal volkanik maddenin (piroklastik gercin) yerinde ayrışmasıyla oluşması gerektiğini belirtmiştir. Böyle bir yaklaşımla, hem alüminyumun, hem de boksit içinde yüksek oranda bulunan titanın (% 2.5 TiO₂) kaynağı açıklanabilir. Öte yandan Seydişehir boksit yataklarının oluşumu için böyle bir olguyu ileri sürecek herhangi bir saha bulgusu ise henüz yoktur.

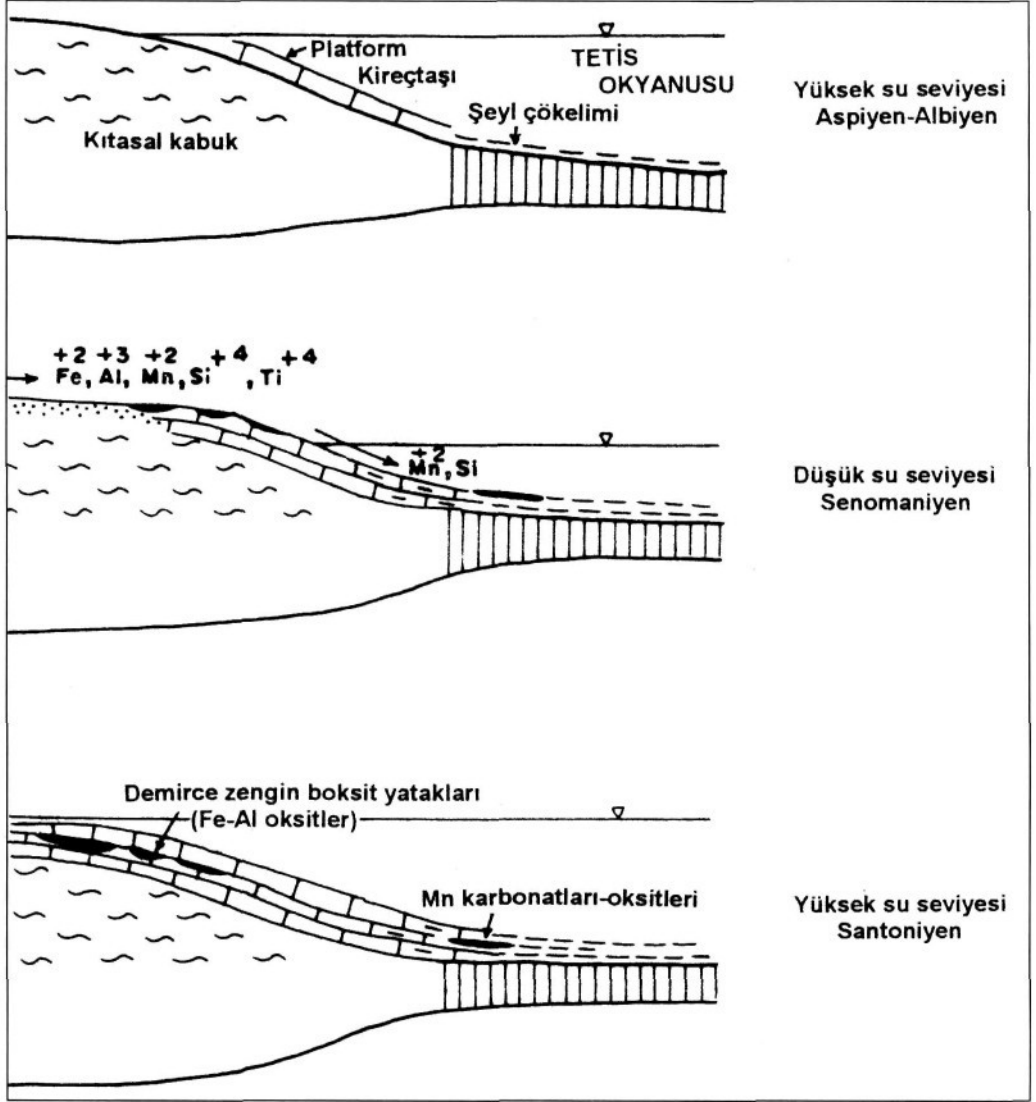
Tartışma ve Sonuçlar

Seydişehir bölgesindeki Mortaş ve Doğankuzu boksit yataklarında yapılan çalışmalarda alttan üste doğru genel olarak üç cevher tipi gözlenir. Bunlar tabanda pembemsi kırmızı renkli sülfür mineralli düşük dereceli boksit cevheri, pizolitik yapılı cevher ve en üstteki masif yapılı yüksek dereceli boksit cevheridir. Boksit cevherinin taban zonlarında yer alan pizolitler alüminyum oksit-hidroksit ve demiroksit şeklinde bileşim bantlanması göstermektedir. Sülfürlü zonlardaki pizolitler de benzer şekilde pirit ve diyaspor bantlanmaları gösterir. Bu yapısal benzerlik ve pizolitik düzeylerin sülfürlü zonlara komşu oluşu, demir oksit bileşimli pizolitlerin demir sülfürlerden dönüşebileceğine de işaret etmektedir. Bu bağlamda, pizolitik düzeyler de sülfürlerin bulunduğu indirgen ortam koşullarında gelişmiş olmalıdır.

Doğankuzu boksit yatağının tabana yakın kesimlerinde, kireçtaşı elemanlı çakıltaşı ile boksit aralanmaları muhtemelen paleo dolinlere işaret etmektedir. Boksitler içinde son derece şik ve düzgün gelişmiş eklem takımları bulunmaktadır. Bunlar cevher doğrultusuna dik ve vevine olup, ortalama 10 cm de bir tekrarlanmakta ve devamlılık göstermektedir. Bununla birlikte, boksitlerin içindeki şik ve

düzgün gelişmiş eklem düzlemleri alttaki ve üstteki kireçtaşları içinde bu denli şik değildir. Boksitler içinde sık gelişmiş eklem yüzeyleri beyaz renkte kaolinit dolgulanmalıdır. Eklem yüzeylerindeki kaolinit sıvımaları 1 mm kalınlığında grimsi beyaz renkleriyle uzaktan fark edilebilmektedir. Bu tür kaolinit dolgulanmaları cevher kimyasında izlenen silisin ana kaynağı durumundadır. Elektron mikroprop incelemeleri cevher içinde de kaolinit bulunduğunu göstermiş olup kaolinitlerde tespit edilen Ti, cevher içindeki anatasin kaynağı hakkında da yol gösterici olmaktadır. Esas olarak killi silikatların parçalanması sürecinde (desilikasyon) açığa çıkan Ti, ortamdaki pH'nın artması sonucu anatas oluşumuna harcanmış olmalıdır. 4 ün altındaki pH değerlerinde serbest iyon şeklini alan Ti⁴⁺, düşük sıcaklık ve basınç koşullarında anatas şeklinde kristallenmektedir. Asiditesi yüksek süperjen süreçlerde Al³⁺ ile birlikte çözülme ve çökme karakterine sahip Ti³⁺ son derece küçük kristaller şeklinde anatas olarak kristallenmektedir. Boksit yatağını oluşturan alüminyumun hareketlenmesi karada etkili olan yağışlı iklim, aşırı vejetasyon gelişimi, asidik karakterli kalın bir toprak zonuun gelişmesiyle ilişkili olmalıdır. Alüminyum ile birlikte hareketlenen Fe, Ti, Mn, Si iyonlarından Ti, Fe ve Al karada oksitlenerek tutuklanırken, Mn ve Si denizlere aktarılmış olmalıdır. Toros kuşağında, denizel çökeller içindeki Mn yataklarıyla bunların karasal fasiyeslerinde bulunan boksit yataklarının oluşumu, bu elementlerin karadan denize taşınması sürecinde fraksiyona uğramasıyla mümkün olacaktır. Bu yaklaşım daha ayrıntılı çalışmalarla ileride ele alınacaktır.

Toros kuşağı boksit yataklarında % 2-3 değerlerine ulaşan TiO₂ (Kıta kabuğu ortalaması % 0.8 TiO₂, Harris, 1972), alüminyumun da kaynağı olarak önerilen Ordovisiyen yaşlı Seydişehir şistlerinden (Özlü, 1978) kaynaklanmış olmalıdır. Cevherin atık çamurunda biriken Ti'nin kazanılması, sadece Türkiye değil, dünya boksit endüstrisinde de çözüm bekleyen bir sorudur. Titan, boksitin işlenmesinden sonra oluşan atık çamurdan (kırmızı kek) henüz kazanılamamakta, bunun başarılması için yoğun bir çalışma bulunmaktadır.



Şek. 7- Toros kuşağına ait pasif kıta kenarında Al-Fe-Mn elementlerinin ayrımlaşma işleminin olası gelişimi.

Boksit cevherleşmesinin tabanında ve tavanında piritli-markasitli sülfür zonları yer almaktadır. Ayrıca, cevheri dikine kateden 2 metreye varan kalınlıklarda demir sülfürlü damar yapıları da görülmektedir. Gerek cevher tabanında stratigrafik konumlu, gerekse cevher içinde damarlar şeklinde izlenen sülfürlü zonlar yüzeyde tamamen demiroksit-hidroksitlere dönüşmüş olarak izlenmektedir.

Boksitler içindeki sülfür minerallerinden markasit taban oluşuklarında, pirit ise tavan ve damar içinde egemendir. Demir sülfürleri ve sülfatları oluştu-

ran kükürt, boksitlerin üzerindeki kireçtaşlarının çökelişi sırasında deniz suyundan sağlanan sülfat iyonlarının boksitik malzeme içine filtre olması ve burada biyojeokimyasal işlemlerle sülfürlere indirgenmesiyle ilişkili gelişmiş olmalıdır. Kükürtün bir diğer kaynağı da karasal ayrışmayı ve ilişkili olarak toprak asitlenmesini sağlayan vejetasyon olabilir. Bu durumda sülfür çökelişi boksidik maddeyle eş zamanlı olacaktır. Düşünülmesi gereken diğer bir kaynak ise Senomaniyen-Türoniyen sürecinde karayı etkileyen volkanizma ve ilişkili asit yağmurlarıdır. Yoğun volkanizmayla ilişkili sülfat asitleri kara-

daki ayrışmayı hızlandırabileceği gibi 5 in altına düşen pH nedeniyle alüminyumun çözeltilmeye geçmesini de sağlayabilir. Sülfatlar boksitik gercin iç diyajenezi sırasında $Fe_2O_3 + 8SO_4^{2-} + 9CH_2O \rightarrow 4FeS_2 + HCO_3^- + H_2O + H^+$ reaksiyonunda olduğu gibi süflürlere indirgenebilir. Bütün bu olasılıklar kısmen de olsa duraylı izotop çalışmalarıyla ileride test edilebilir. Bununla birlikte, kükürtün duraylı izotop değerleri sedimanter ortamlarda geniş bir aralıkta yer almakta, indirgenme-yükseltgenme süreçlerinde değişmektedir. Bu nedenle pirit veya markasitlerden yapılacak izotop çalışmalarıyla kükürdün kaynağı konusunda kesin bir kaniya varmaya da olanak yoktur.

Toroslarda Mesozoyik sürecinde pasif kıta kenarına özgü çökeltmeler gerçekleşmiş, Fe-Mn ve Al ayrımlaşarak yataklar vermişlerdir (Şek. 7). Alt-üst Kretase geçişinde karada egemen olan kuvvetli asit ortamında Fe-Mn-Al ve Ti hareketlenmiş, kireçtaşları üzerinden geçerken esas olarak pH artışı nedeniyle Al, Ti ve Fe çökelmiş ve karada tutuklanmıştır. Mn ve Si ise denize aktarılmıştır. Toroslarda benzer şekilde, Senomaniyen Türoniyen geçişinde, orta su derinliğinde çökelmiş şeyller içindeki Mn yataklarının oluşumu da (Öztürk ve Hein, 1997) karadaki ayrışma ve boksit gelişimiyle ilişkili olmalıdır. Karada kısa sürede gelişen toprak asitlenmesinin ve denizdeki su seviyesindeki hızlı salınımların nedenlerinin açıklanması ise bölgesel olduğu kadar küresel jeolojik olayların açıklanmasına da önemli katkılar sağlayacaktır.

KATKI BELİRTME

Yazarlar verdiği destekten dolayı Etibank Maden İşletmeleri Müdürlüğüne, paleontolojik tanımlamalardan dolayı mikropaleontolog Kemal Erdoğan'a (MTA) ve çizimlerden dolayı jeomorfolog Cazibe Hoşgören'e teşekkür borçludur.

Yayına verildiği tarih, 5 Ocak 1999

DEĞİNİLEN BELGELER

Atabey, M.E., 1976, Mortaş boksit yatağının mineralojisi, kimyası ve kökeni, Seydişehir, Konya, Turkey: Türkiye Jeoloji Kurumu Bült., 19, 9-14.

- Ayhan, A. ve Karadağ, M.M., 1985, Şarkikaraağaç (Isparta) güneyinde bulunan boksitli demir ve demirli boksit yataklarının jeolojisi ve oluşumu: TJ Bült., 28, 137-146.
- Baysal, O. ve Engin, N.A., 1976, Değirmenlik-Kızıltaş Boksit Yatağı: Yerbilimleri, 2, 140-160.
- Blumental, M. ve Göksu, E., 1949, Akseki civarındaki dağlarda boksit zuhuratı, bunların jeolojik durumu ve jenezi hakkında izahat: MTA yayl., No: 14, Ankara.
- Comer, J.B., 1974, Genesis of Jamaican bauxite: Economic Geology, 69, 1251-1264.
- Göksu, E., 1953, Akseki boksit yataklarının jeolojisi, jenez ve maden bakımından etüdü: Türkiye Jeoloji Kurumu Bült., 4, 79-140.
- Graciansky, P. de., 1968, Teke Yarımadası (Likya) Toroslarının üst üste gelmiş ünitelerinin stratigrafisi ve Dinaro-Toroslardaki yeri: MTA Derg., 71, s. 73-92.
- Güldal, N., 1975, Seydişehir ve Akseki havalesindeki boksit yataklarının Torosların paleokarstlaşmasıyla ilişkisi: MTA, Cumhuriyetin 50. yılı, Yerbilimleri Kongresi 391-408, Ankara.
- Harris, P., 1972, The composition of the Earth: In: "Understanding the Earth": de Gass, I.G. Smith, P.D., Wilson, R.C. (Ed) pp. 53-68, Atremis Press, U.K.
- Karadağ, M., 1987, Seydişehir bölgesi boksitlerinin jeolojik petrografik ve genetik incelenmesi: Doktora Tezi, Selçuk Üniv., Fen Bil. Ens., (yayımlanmamış), 265 s.
- Monod, O., 1977, Recherches géologiques dans le Taurus Occidental au Sud de Beyşehir (Turquie): Unpublished Ph. thesiss, Paris Univ., 442 p.
- Özgül, N., 1997, Bozkır-Hadim - Taşkent (Orta Toroslar'ın kuzey kesimi) dolayında yer alan Tektono-Stratigrafik birliklerin stratigrafisi: MTA Derg., 119, 113-174.
- Özlü, N., 1978, Etüde géologique mineralogique et géochimique des bauxites de la région D'Akseki-Seydişehir Taurus occidental-Turquie: Pierre Marie Curie Üniversitesi, Unpublished Ph. thesis, 455 s.
- Öztürk, H. ve Hein, J. R., 1997, Mineralogy and Stable isotopes of black shale-hosted manganese ores, Southwestern Taurides, Turkey: Economic Geology, 92, 733-744.
- Pelen, A., 1977, Doğankuzu (Güney Bloku) boksit yatağı

- arama raporu: Etibank, ATGB, Boksit Arama ve Etüt Müd., Seydişehir, 21 s.
- Pelen, A. ve Vuran, A., 1978, Mortaş boksit yatağı arama raporu: Etibank, ATGB, Boksit Arama ve Etüt Müd., Seydişehir, 18 s.
- Peyronnet, Ph. de., 1967, Alanya bölgesinin petrografi ve mineralojisi ile, Alanya Masifindeki boksitlere bitişik kloritoidli şistlerin kökeni: MTA Derg., 68, 154-160.
- Wippem, J., 1959, Akseki Boksitleri: MTA Rap. 3076, (yayımlanmamış) Ankara.
- , 1962, Toros boksitleri ve bunların tektonik durumu: MTA Derg., 58, 47-70.
-

LEVHALAR

LEVHA-I

Doğankuzu boksit yatağında cevher türlerine ait ince kesit ve parlatma kesit fotoğrafları:

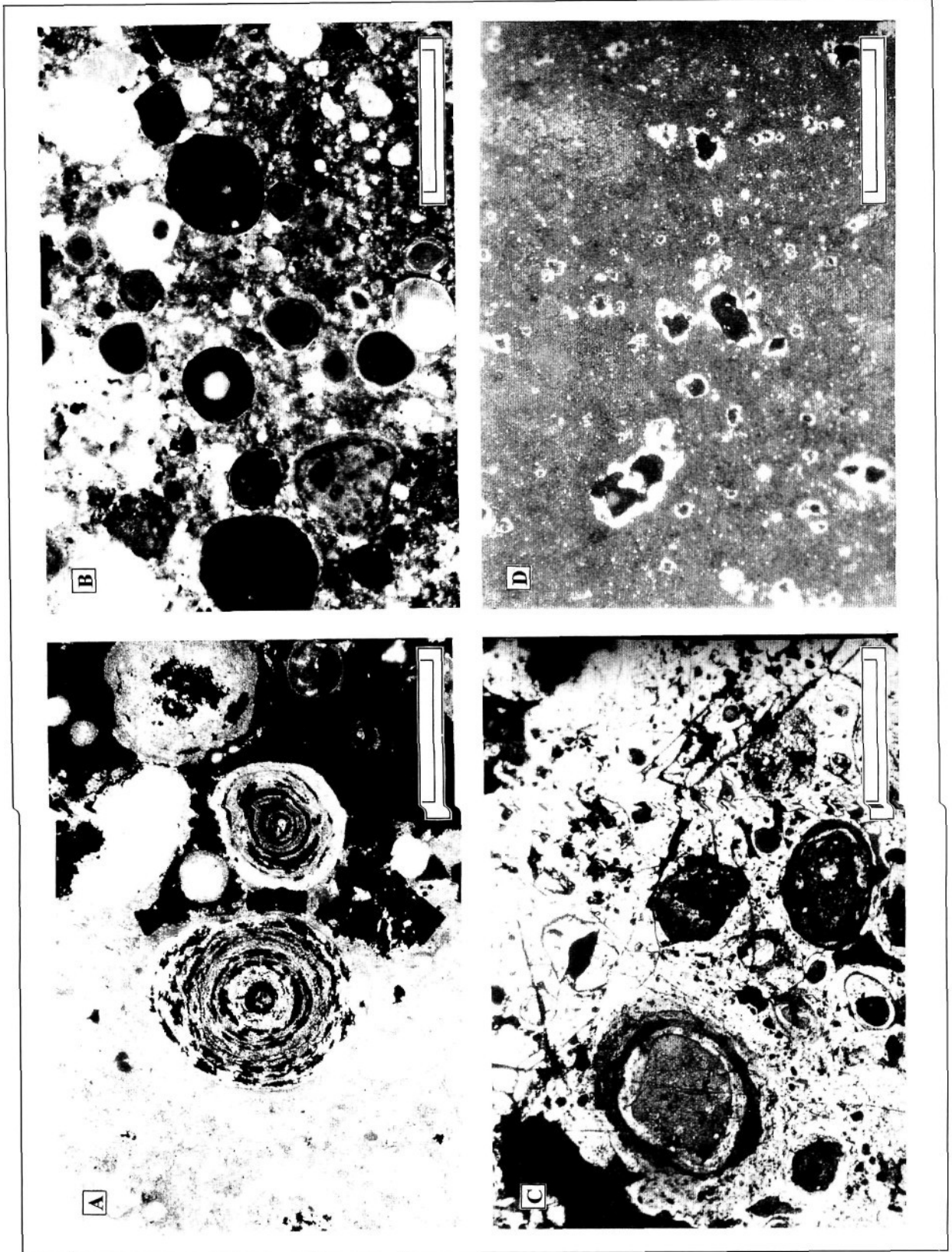
Ölçek çubuğu 0.2 mm. Parlatma kesit fotoğrafları yağ ortamında ve polarize ışıkta çekilmiştir, ince kesit fotoğrafları polarize ışıkta çekilmiştir.

Şek.1- A- Doğankuzu boksit yatağının taban düzeylerinde izlenen bileşim bantlı pizolitlerin ince kesit fotoğrafı. Siyah alan pirit beyaz alan böhmit.

Şek. 2- B- Doğankuzu boksit yatağında böhmitik pizolitler (beyaz), hematitik pizolitler (siyah) ve yeniden işlenmiş boksit parçalarının ince kesit görüntüsü.

Şek. 3- C- Hematitik pizolitlerde böhmitle doldurulmuş dehidratasyon çatlakları ve psödo oolitik yapının parlatma kesit görüntüsü.

Şek. 4- D- İnce taneli böhmit matrisi içinde saçılı hematitlerden oluşan masif boksit cevherinin parlatma kesit fotoğrafı.



LEVHA-II

Doğankuzu boksit yatağında sülfürlü zonlara ait ince kesit ve parlatma kesit mikrofotografaları.

Ölçek çubuğu 0.2 mm. Parlatma kesit fotoğrafları yağ ortamında ve polarize ışıktaki çekilmiştir, ince kesit fotoğrafları polarize ışıktaki çekilmiştir.

Şek. 1-Tabandaki sülfürlü zona ait tabakalı yapıda böhmit ve kaolinit (grimsi siyah) ile pirit ve markasitten oluşma (beyaz) bantlanmanın parlatma kesit fotoğrafı. Markasit ve piritler hematite (gri) dönüşmekte.

Şek. 2- Tabandaki sülfürlü düzeydeki markasitlerin (beyaz), kristalografik düzlemleri boyunca hematite dönüşümüne ait parlatma kesit fotoğrafı.

Şek. 3- Taban sülfürlerin piritleri (beyaz) içinde gelişen hematit latalarının (gri) parlatma kesit görünümü.

Şek. 4- Sülfürlü damar oluşumlarına ait ince kesit fotoğrafında böhmit-diyaspor pizolit-oolitleri (beyaz) ile saçılı ve pizolit çekirdeklerinde izlenen piritlerin görünümü (siyah).

