

## ÖNSÖZ

Yerbilimleri/Geosound'un 42. sayısını yayımlamaktan mutluyuz. Derin ekonomik kriz geçmemiş olmakla birlikte, tüm halkımızda olduğu gibi akademik çevremizde de krizle birlikte yaşayabilme alışkanlığı kazanılmıştır. Bir yıldır uygulanan doçentlik yönetmeliği SCI'e giren dergilerin önemini bir kat artırmış ve bu sebeple ulusal dergiler geri plana atılmış ise de, bu dergilerin ne pahasına olursa olsun yaşatılması çok önemlidir. Yerbilimleri/Geosound bu bilinç ile yaşatılacaktır.

Bu sayımızda büyük çoğunluğu üniversitemiz dışından 16 makaleye yer verilmiştir. Bunların çoğu jeoloji ağırlıklıdır. Bilindiği gibi Yerbilimleri/Geosound maden, çevre, jeofizik mühendislerinin uğraş alanlarına da açık bir dergidir. 43. sayımızı Aralık 2003 olarak yayınlayacağız. Bu sayının makalelerinden bir bölümü dizilmeye başlanmıştır. Dergimize ilgi gösteren tüm yazarlarımıza, yazıların incelenmesinde görev kabul eden hakemlerimize ve bize reklam vererek katkı sağlayan kurum ve kuruluşlara en derin teşekkürlerimizi sunarız. 43. sayımızda karşılaşmak üzere hoşça kalın diyoruz.

Saygılarımla,

Yayın Kurulu Adına

Mesut ANIL

Baş Editör





GEOSOUND



# YERBİLİMLERİ

## İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Derince (Elazığ) Masif Sülfid Cevherleşmesine Ait Piritlerin İz Element İçerikleri <i>Trace Element Contents of Pyrites from Derince (Elazığ) Massive Sulphide Mineralizations</i>	Muharrem AKGÜL, Sedat TEMUR, Cemal BÖLÜCEK	1
Kayadibi (Elmadağ-Ankara) Yöresindeki Serpentinit ve Lisvenitlerinin Opak Mineral ve Kıymetli Metal İçerikleri / <i>Opaque Mineral and Presques Metal Content of Serpentinite and Listwanite of Kayadibi (Elmadağ/Ankara)</i>	Şükrü KOÇ, Mehtap SÖNMEZ	19
Maşatdağı (Alanya-Antalya) Diyasporitik Boksitlerinin Dört Anabileşen Jeokimyası <i>Four Main Component Geochemistry of the Maşatdağı (Alanya – Antalya) Diasporitic Bauxites</i>	Muzaffer KARADAĞ, Sedat TEMUR, Fetullah ARIK, Alican ÖZTÜRK	35
Karaçalı Kireçtaşı Gözne Resifinin (Gözne-Mersin) Sedimentolojik Özellikleri <i>Sedimentological Properties Gözne Reef (Gözne-Mersin) of the Karaçalı Limestone</i>	Murat GÜL, Hayati KOÇ	53
Yeşilova Ofiyolitine Ait Bazaltların (Burdur-GB Türkiye) Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri / <i>Petrographic and Geochemical Properties of Basalts in Yeşilova Ophiolite (Burdur-SW Türkiye)</i>	Tamer KORALAY, Yahya ÖZPINAR	61
Orta Toroslar'da Büyükeceli (Gülnar)-Yeşilovacık (Silifke) Dolayının Tektono-Stratigrafi Birimleri / <i>Tectono-Stratigraphic Units of Büyükeceli (Gülnar)-Yeşilovacık (Silifke) Area in the Central Taurus Region</i>	Selim ÖZALP, Cavit DEMİRKOL	73
Alibeyköy Çiftliği (Yayladağı-Antakya) Yamaç Hareketi ve İyileştirme Çalışmaları <i>Slope Movement and Remedial Works of Alibeyköy Çiftliği (Yayladağı-Antakya)</i>	Altay ACAR, İsmail DİNÇER, Hidayet TAGA	97
Maşatdağı (Alanya – Antalya) Diyasporitik Boksitlerinin Stratigrafik Konumu <i>Stratigraphic Setting of the Maşatdağı (Alanya – Antalya) Diasporitic Bauxites</i>	Sedat TEMUR, Gürsel KANSUN, Muzaffer KARADAĞ, Fetullah ARIK Alican ÖZTÜRK	109

Orta-Batı Toroslardaki Mesozoik Volkaniklerinin Jeokimyasal Özellikleri <i>Geochemical Characteristics of the Mesozoic Volcanics in Central-Western Taurus Mountains</i>	123
Halil BAŞ, Kerim KOÇAK, Gürsel KANSUN, Fuat IŞIK	
İnler Yaylası (Şebinkarahisar-Giresun) Kurşun-Çinko Yataklarında Sıvı Kapanım İncelemeleri / <i>Fluid Inclusion Studies of the İnler Yaylası (Şebinkarahisar - Giresun) Lead-Zinc Deposits</i>	139
Ahmet GÖKÇE, Gülcen BOZKAYA	
Ortakonus (Anamur/Mersin) Kurşun-Çinko Cevherleşmelerinin Mineralojisi ve Jeokimyasal Özellikleri / <i>The Mineralogy and Geochemical Features of Ortakonus (Anamur/Mersin) Lead-Zinc Deposits</i>	159
Nil YAPICI, Mesut ANIL	
Doğu Silivanka (KD Batman) Sahasında Beloka Formasyonu Petrol-Su Dokanağının Konumu / <i>Petroleum-Water Contact Condition of the Beloka Formation at the East Silivanka Field (NE Batman)</i>	177
Erdal COŞKUN, Cavit DEMİRKOL, Ulvi Can ÜNLÜGENÇ, Alican KOP	
Çaybağı Havzası Mineralojik Verilerinin İstatistiksel Yöntemlerle Değerlendirilmesi <i>Statistical Evaluation of the Mineralogic Data from Çaybağı Basin</i>	193
Dicle Bal AKKOCA, Ahmet SAĞIROĞLU	
Sandıklı (Afyon) Tüflerinin Mühendislik Özellikleri ve Beton Agregası Olarak Kullanım Olanaklarının İncelenmesi / <i>Engineering Properties of Sandıklı (Afyon) Tuff sand Investigation of their Possible Use as Concrete Aggregates</i>	205
İbrahim ÇOBANOĞLU, Yahya ÖZPINAR	
Upgrading Low-Grade Feldspar Ores for Use in the Ceramic and Glass Industries by Combination of Froth Flotation and Magnetic Separation Methods <i>Düşük Tenörlü Feldspatların Seramik ve Cam Endüstrisinde Kullanılması İçin Flotasyon ve Manyetik Ayırma Yöntemi ile Zenginleştirilmesi</i>	223
Abdullah SEYRANKAYA	
Üçkapılı Granotoidlerinin Agrega Olabilme Özelliği Açısından Değerlendirilmesi <i>Assessment of Üçkapılı Granotoid for Aggregate Suitability</i>	237
Mehmet SÖYLEMEZ	

**DERİNCE (ELAZIĞ) MASİF SÜLFİD CEVHERLEŞMESİNÉ AİT  
PİRİTLERİN İZ ELEMENT İÇERİKLERİ**

Muharrem AKGÜL

F.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ/Türkiye

Sedat TEMUR

S. Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya/Türkiye

Cemal BÖLÜCEK

F. Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ/Türkiye

**ÖZET :** Derince (Elazığ) yöresi masif sülfid yataklarından derlenen 30 adet cevher numunesinin her birinde temiz pirit taneleri seçilerek NAA ve ICP yöntemleri ile kimyasal analizleri yapılmıştır. Elde edilen verilere göre piritler, ortalama  $3510 \pm 611$  ppm Al,  $22 \pm 8$  ppb Au,  $460 \pm 170$  ppb Ag,  $70 \pm 129$  ppm As,  $35 \pm 6$  ppm Ba,  $4 \pm 1$  ppm Bi,  $2833 \pm 605$  ppm Ca,  $100 \pm 37$  ppm Co,  $6 \pm 1$  ppm Cr,  $1642 \pm 921$  ppm Cu,  $295 \pm 129$  ppm K,  $2263 \pm 587$  ppm Mg,  $98 \pm 34$  ppm Mn,  $1140 \pm 600$  ppb Mo,  $138 \pm 28$  ppm Na,  $30 \pm 5$  ppm Ni,  $55 \pm 8$  ppm P,  $10 \pm 4$  ppm Pb,  $770 \pm 130$  ppb Sb,  $1,6 \pm 0,2$  ppm Sc,  $21 \pm 6$  ppm Se,  $4 \pm 1$  ppm Sn,  $10 \pm 2$  ppm Sr,  $2,0 \pm 0,3$  ppm Th,  $182 \pm 15$  ppm Ti,  $7 \pm 1$  ppm V,  $3,0 \pm 0,4$  ppm Y,  $12 \pm 6$  ppm Zn,  $5,1 \pm 0,5$  ppm Zr ile toplam 15 ppm kadar nadir toprak elementi (La, Ce, Sm, Eu, Yb, Lu) içermektedir. As, P, Sb ve Se elementlerinin pirit içinde S ile yer değiştirerek bulundukları, Ba, Ca, K, Na, Mg ve Sr'nin ise kirletici gang minerali kalıntıları veya sıvi kapanımlarından kaynaklandıkları düşünülmektedir.

Analizi yapılan elementlerden Al, Ba, Cr, Na, Ni, P, Sb, Sc, Ti, V, Y, Zr ve nadir toprak elementleri (NTE) standart normal eğriye benzer histogram verirken Au, Ag, As, Bi, Ca, Co, Cu, P, Mg, Mn, Mo, Pb, Se, Sn, Th ve Zn "ters J" tipi veya iki modlu eğri oluşturmaktır, dolayısıyla bunların iki kaynaktan beslendikleri, dolayısıyla iki anakitleyi temsil edebilecekleri düşünülmektedir. Bu durum da masif sülfid yataklarındaki diyajenetik piritlerle hidrotermal piritlerin birlikte bulunabilme özelliğine bağlanmaktadır.

Derince piritlerinin Al-Sc, Al-V, Au-Mo, Ag-Pb, Co-Se, Cu-Pb, Cu-Zn, Mg-Mn, Pb-Zn, Sc-V, La-Ce, La-Sm, Ce-Sm ve Yb-Lu element çiftleri arasında çok kuvvetli pozitif, Al-Cr, Al-K, Al-Mg, Al-Na, Al-Ti, Al-Zr, Al-Eu, Al-Yb, Ag-Bi, Ag-Cu, As-Ba, As-Mo, As-Pb, Bi-La, Cr-Mg, Cr-Th, Cr-Y, Cr-Zr, Cr-La, Cr-Ce, Cr-Sm, K-Zr, Mg-Sc, Mg-V, Mg-Y, Mn-Na, Mn-P, Mn-Y, Na-Y, Na-Zr, P-La, Sc-Eu, Sc-Yb, Sc-Lu, Ti-Y, Ti-Zr, V-Sm, V-Eu, V-Yb, V-Lu, Y-Zr, Y-La, Y-Lu, Sm-Eu, Sm-Lu, Eu-Yb ve Eu-Lu arasında da kuvvetli pozitif korelasyon ilişkisi belirlenmektedir. Se-P hariç, element çiftlerinin arasında çok kuvvetli veya kuvvetli derecede negatif korelasyon gözlenmemesi ise, elementlerin birbirlerinin yerini alarak dağılım sunmadıkları anlamına gelmektedir.

Derince piritlerinin düşük As miktarları hem hidrotermal hem sedimanter piritlere, Co miktarlarının bir kısmı sedimanter, bir kısmı yüksek sıcaklıklı hidrotermal piritlere, Cu ve Ni miktarları yüksek sıcaklıklı hidrotermal piritlere, Co / Ni ile Cu / Ni oranları masif sülfid yataklarına ait piritlere, düşük Ti miktarları ise daha çok diyajenetik

piritlere benzemektedir. Dolayısıyla Derince cevherleşmesinde sedimanter ve orta-yüksek sıcaklık hidrotermal piritlerin beraber bulunduğu söylenebilir. Bu özellik de masif sülfit yataklarının genel oluşum modeline uymaktadır.

## TRACE ELEMENT CONTENTS OF PYRITES FROM DERINCE (ELAZIĞ) MASSIVE SULPHIDE MINERALIZATIONS

**ABSTRACT :** *The pyrite concentrations yielded from each of 30 samples of Derince (Elazığ) massive sulphide mineralizations were analysed for trace elements, using NAA and ICP methods. The trace elements and their average contents are;  $3510 \pm 611$  ppm Al,  $22 \pm 8$  ppb Au,  $460 \pm 170$  ppb Ag,  $70 \pm 129$  ppm As,  $35 \pm 6$  ppm Ba,  $4 \pm 1$  ppm Bi,  $2833 \pm 605$  ppm Ca,  $100 \pm 37$  ppm Co,  $6 \pm 1$  ppm Cr,  $1642 \pm 921$  ppm Cu,  $295 \pm 129$  ppm K,  $2263 \pm 587$  ppm Mg,  $98 \pm 34$  ppm Mn,  $1140 \pm 600$  ppb Mo,  $138 \pm 28$  ppm Na,  $30 \pm 5$  ppm Ni,  $55 \pm 8$  ppm P,  $10 \pm 4$  ppm Pb,  $770 \pm 130$  ppb Sb,  $1,6 \pm 0,2$  ppm Sc,  $21 \pm 6$  ppm Se,  $4 \pm 1$  ppm Sn,  $10 \pm 2$  ppm Sr,  $2,0 \pm 0,3$  ppm Th,  $182 \pm 15$  ppm Ti,  $7 \pm 1$  ppm V,  $3,0 \pm 0,4$  ppm Y,  $12 \pm 6$  ppm Zn,  $5,1 \pm 0,5$  ppm Zr and total 15 ppm rare earth element (La, Ce, Sm, Eu, Yb, Lu). As, P, Sb and Se are probably present as diadochy elements for S and Ba, Ca, K, Na, Mg and Sr are contaminant from gangue minerals or fluid inclusion.*

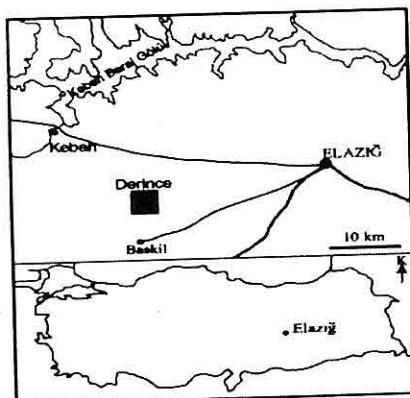
*The analysed elements display two types of distributions: Normal distribution for elements: Al, Ba, Cr, Na, Ni, P, Sb, Sc, Sn, Ti, V, Y, Zr, La, Ce, Sm, Eu, Yb and Lu; "Inverse J" type distribution for elements: Au, Ag, As, Bi, Ca, Co, Cu, P, Mg, Mn, Mo, Pb, Se, Th and Zn." Inverse J" type distributions can be interpreted as two sources or events are responsible for mineralizations. These may be hydrothermal and diagenetic sources for massive sulphide mineralizations.*

*There are very strong positive correlation between element pairs of Al-Sc, Al-V, Au-Mo, Ag-Pb, Co-Se, Cu-Pb, Cu-Zn, Mg-Mn, Pb-Zn, Sc-V, La-Ce, La-Sm, Ce-Sm and Yb-Lu, and strong positive correlation between Al-Cr, Al-K, Al-Mg, Al-Na, Al-Ti, Al-Zr, Al-Eu, Al-Yb, Ag-Bi, Ag-Cu, As-Ba, As-Mo, As-Pb, Bi-La, Cr-Mg, Cr-Th, Cr-Y, Cr-Zr, Cr-La, Cr-Ce, Cr-Sm, K-Zr, Mg-Sc, Mg-V, Mg-Y, Mn-Na, Mn-P, Mn-Y, Na-Y, Na-Zr, P-La, Sc-Eu, Sc-Yb, Sc-Lu, Ti-Y, Ti-Zr, V-Sm, V-Eu, V-Yb, V-Lu, Y-Zr, Y-La, Y-Lu, Sm-Eu, Sm-Lu, Eu-Yb and Eu-Lu. Only strong negative correlation exist between Se-P and this can be interpreted as diadochy, between these two elements and absence of diadochy among other elements.*

*Low contents of As resembles that of hydrothermal and diagenetic pyrites. The Co concentrations also imply a similar pattern. The Cu and Ni contents are similar to those of high temperature hydrothermal pyrites and Co/Ni and Cu/Ni ratios are close to from massive sulphide mineralizations. Ti contents are similar to the contents of diagenetic pyrites. Therefore it's possible to conclude that Derince pyrites are massive sulphide pyrites with a diagenetic history.*

## 1. GİRİŞ

Derince (Elazığ) masif sülfid yatakları (Şekil 1) Doğu Toroslar'ın Üst Kretase yaşı adayayı volkanizması kayaçlarının içinde bulunmaktadır.



Şekil 1. Derince (Elazığ) yöresi masif sülfid cevherleşmelerinin yerbuldurum haritası.

Bu volkanik birimlerden, daha erken oluşumlu olan bazaltlar tonalit bileşimli damarlar tarafından kesilmiştir. Cevherleşme, bunları kesen dasitlerle ilişkilidir. Piritler volkano-sedimanter kayaçların alt seviyelerinde ve laminalanmaya uyumlu dağılım göstermektedir. Pirit, kalkopirit, bornit ve sfaleritten ibaret basit bir parajenez sunmaktadır (Bölücek ve Sağiroğlu, 1997).

Piritlerin saflığı bozan elementlerinin toplam miktarları ile bu elementlerin yaygın minerallerine göre hesaplanan toplam miktarları kabul edilebilir hata payı olan % 5'den daha düşük çıkmakta (Bölücek ve dig., 2001), dolayısıyla numunelerden yeterli derecede temiz piritlerin seçildiği kabul edilmektedir.

Özellikle sülfidli cevherleşmelerde yatak tipi ve oluşum sıcaklıklarının belirlenmesinde piritlerin Co, Ni, Mn, Ti gibi iz element konsantrasyonları kriter olarak kullanılabilmektedir (Loftus-Hills and Solomon 1967, Bezmen et al. 1975, Mercer 1976, Aslaner, 1977, Bralia et al. 1979, Raiswell and Plant, 1980, Roberts, 1982, Güleç ve Erler, 1983, Campbell and Ethier 1984, Udubaşa, 1984, Meyer et al. 1990, Temur, 1992, Craig et al. 1994, Temur, 1996, Raymond, 1996, Craig et al. 1998). Masif sülfid yataklarında ise cevherli zonun konumu, kaynak magmanın bileşimi, oluşum sıcaklığı gibi faktörler hem cevher tipini hem de oluşan minerallerin özelliklerini etkilemektedir. Piritlerin jeotermometre ve oluşum ortamı yorumunda kullanılan iz element konsantrasyon ve oranları ise bu faktörlerin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Bu amaçla Derince (Elazığ) yöresi sülfid yataklarına ait piritler ele alınarak iz element konsantrasyonlarına veri analizi yöntemleri uygulanarak yorumlanmıştır.

## 2. YÖNTEM

Derlenen 30 adet piritli cevher numunesi öğretildükten sonra binoküler mikroskop altında iri ve temiz pirit kristalleri seçilmiştir. Bu piritlerde 11 element Neutron Activation Analysis (NAA), 27 element Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometry (ICP-ES), 6 element ise her iki yöntemle analiz edilmiştir. Analizler Kanada ACME laboratuvarlarında yaptırılmıştır. Her iki yöntemle elde edilen verilerden sadece

ICP-ES sonuçları işleme sokulmuş, ICP-ES ile yapılamayanlar için NAA sonuçları değerlendirmeye alınmıştır.

Dedeksyon limitinin altında olan analiz sonuçlarının yorumlarda kullanılabilmesi ve aritmetik işlem hatalarına yol açmaması için dedeksyon limiti değerinin yarısı olarak alınmıştır. Bütün istatistik testlerinde 0.95 anlamlılık düzeyi kabul edilmiştir. Korelasyon katsayılarının mutlak değerleri 1,00-0,75 arasında olanlar "çok kuvvetli", 0,74 – 0,50 arasında olanlar "kuvvetli", 0,49 – 0,25 arasında olanlar "zayıf" ve 0 – 0,25 arasında olanlar "korelasyon ilişkisi yok" şeklinde yorumlanmıştır.

### 3. JEOKİMYA

**Alüminyum :** Derince piritlerinde ortalama 3510 ppm bulunan Al (Çizelge 1) sola çarpık (Şekil 2), yayvan bir dağılım göstermekte ve anakitle içinde 2889 – 4131 ppm arasında beklenmektedir.

Alüminyum Sc ve V ile çok kuvvetli pozitif (Şekil 3), Cr, K, Mg, Na, Ti, Zr, Eu ve Yb ile kuvvetli pozitif (Çizelge 2) korelasyon ilişkisi sunmaktadır. Bunlardan Sc, V, Cr, Ti ve Zr ile ilişkisi litofil elementlerle kimyasal yakınlığından kaynaklanmaktadır. K, Mg ve Na ile ilişkisi alüminyumun pirit içinde Fe ile yer değiştirerek izomorf dağılımından çok, kirletici mineral artıkları veya sıvı kapanımlarına bağlı olduğu anlamına gelmektedir.

**Altın :** Derince piritlerinde 14 – 30 ppb arasında beklenen Au miktarı 30 elemanlı örnekte 22 ppb olarak çıkmaktadır (Çizelge 1). Histogramın "ters J" tipinde olması (Şekil 2) piritlerin Au dağılımının esas olarak 15 – 20 ppb arasında toplandığını, ender olarak da aşırı değerler verebildiği anlamına gelmektedir. Altın analiz edilen elementlerden sadece Mo ile kuvvetli pozitif korelasyon ilişkisi göstermekte (Şekil 3), diğerleri ile

**Çizelge 1.** Analiz edilen elementlerin 30 elemanlı örnek verilerine göre örnek aritmetik ortalaması (Ort.), örnek standart sapması (Std.Sap.), örnek standart hatası (Std.Hata), anakitle aritmetik ortalaması güven aralığının taban (Taban) ve tavan (Tavan) değerleri (ppm).

	Al	Au	Ag	As	Ba	Bi	Ca	Co	Cr	Cu	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb
Ort.	3510	,022	0,46	70	35	4	2833	100	6	1642	295	2263	98	1,14	138	30	55	10
Std.Sap	2001	,026	0,54	94	19	4	1949	120	3	2966	416	1892	111	1,93	91	17	25	13
Std. Hata	365	,005	0,10	17	3	1	356	22	0	542	76	345	20	0,35	17	3	5	2
Alt Sınır	2889	,014	0,29	41	29	3	2228	63	5	721	166	1676	64	0,54	110	25	47	6
Üst Sınır	4131	,030	0,63	99	41	5	3438	137	7	2563	424	2850	132	1,74	166	35	63	14
	Sb	Sc	Se	Sr	Sr	Th	Ti	V	Y	Zn	Zr	La	Ce	Sm	Eu	Yb	Lu	
Ort.	0,77	1,6	21	4	10	2,0	182	7	3,0	12	5,1	6	6	1,3	0,3	0,7	0,11	
Std.Sap	0,40	0,6	20	3	5	1,0	49	4	1,4	19	1,8	2	2	0,4	0,1	0,2	0,04	
Std. Hata	0,10	0,1	4	1	1	0,3	9	1	0,3	4	0,3	0	0	0,1	0,0	0,0	0,01	
Alt Sınır	0,64	1,4	15	3	8	1,7	167	6	2,6	6	4,6	5	5	1,1	0,2	0,6	0,10	
Üst Sınır	0,90	1,8	27	5	12	2,3	197	8	3,4	18	5,6	7	7	1,4	0,3	0,8	0,12	

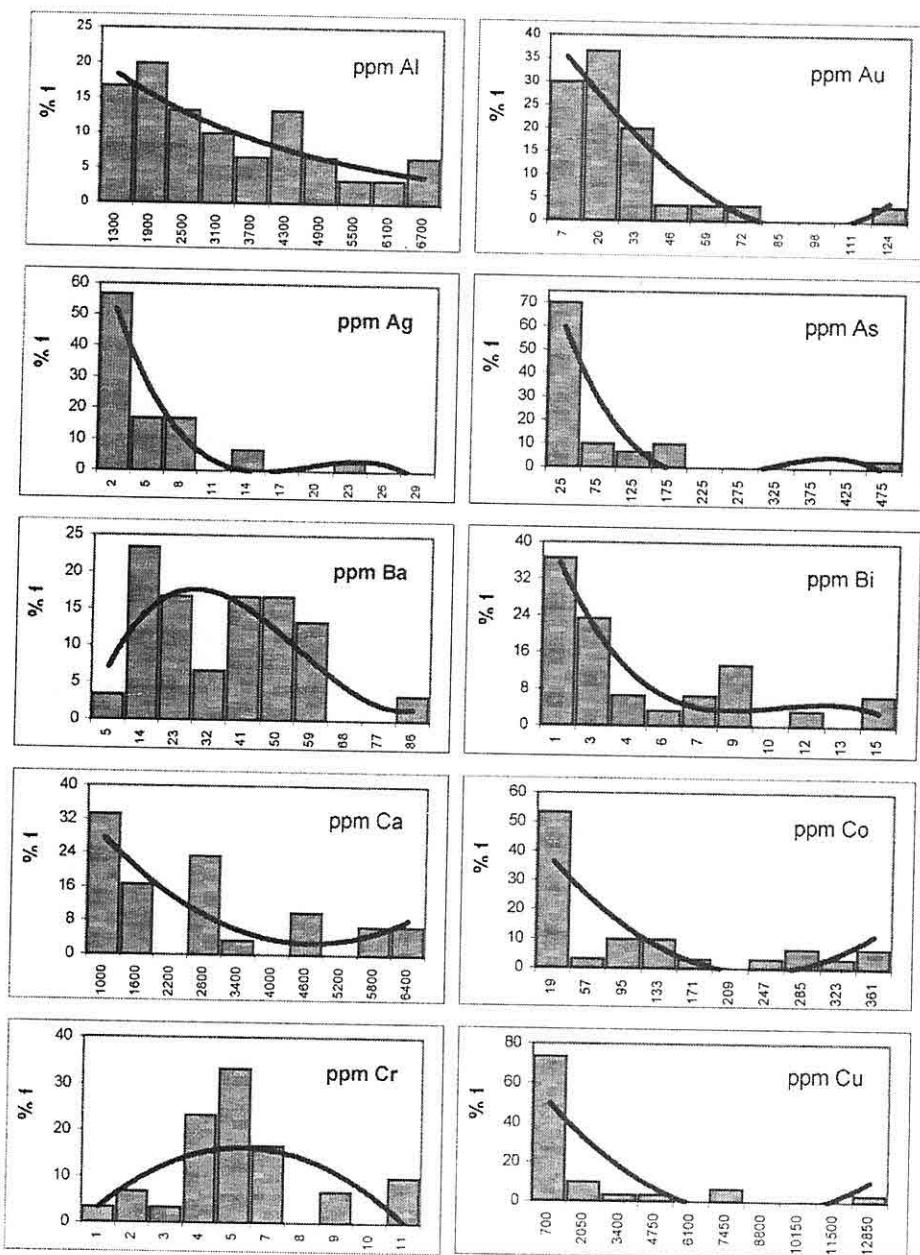
*DERİNCE (ELAZIĞ) MASİF SÜLFİDLİ CEVHERLEŞMESİNDEKİ İZ  
ELEMENT İÇERİKLERİ*

**Çizelge 2.** Analiz edilen elementlerin 30 elemanlı örnek verilerine göre korelasyon katsayıları (1.00 – 0.75 : çok kuvvetli pozitif, 0.74 – 0.50 kuvvetli pozitif, 0.49 – 0.25 zayıf pozitif, 0.24 - -0.24 ilişki yok, -0.25 –0.49 zayıf negatif, -0.50 - -0.74 kuvvetli negatif, -0.75 - -1.00 çok kuvvetli negatif).

	Au	Ag	As	Ba	Bi	Ca	Co	Cr	Cu	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb
Al	-0,41	-0,40	-0,38	-0,20	-0,19	0,09	0,44	0,55	-0,29	0,60	0,56	0,18	-0,28	0,51	-0,04	0,05	-0,34
Au	1,00	0,47	0,41	0,36	0,16	-0,01	-0,41	-0,38	0,31	-0,10	-0,25	-0,16	0,78	-0,14	-0,22	-0,22	0,39
Ag		1,00	0,39	0,17	0,58	0,31	-0,48	-0,16	0,63	-0,31	-0,21	-0,15	0,29	-0,20	-0,15	0,14	0,70
As			1,00	0,62	0,01	-0,10	-0,36	-0,31	0,17	-0,22	-0,15	-0,08	0,50	-0,23	-0,29	0,06	0,57
Ba				1,00	-0,05	-0,11	-0,32	-0,12	0,26	-0,06	-0,13	-0,24	0,37	-0,20	-0,35	-0,11	0,40
Bi					1,00	0,24	-0,28	0,14	0,42	-0,08	-0,20	-0,02	-0,14	0,02	0,15	0,04	0,35
Ca						1,00	0,35	0,03	0,30	-0,14	0,11	-0,13	-0,09	-0,28	-0,21	-0,05	0,38
Co							1,00	-0,03	-0,42	0,29	0,03	-0,24	-0,16	-0,06	-0,14	-0,36	-0,42
Cr								1,00	-0,16	0,10	0,60	0,42	-0,40	0,44	0,12	0,28	-0,23
Cu									1,00	-0,26	-0,16	-0,15	0,08	-0,22	-0,13	0,20	0,76
K										1,00	-0,20	-0,29	-0,04	0,35	0,08	-0,31	-0,26
Mg											1,00	0,71	-0,19	0,43	-0,09	0,49	-0,13
Mn												1,00	-0,20	0,62	0,16	0,62	-0,04
Mo													1,00	-0,15	-0,45	-0,18	0,15
Na														1,00	0,13	0,18	-0,20
Ni															1,00	0,07	-0,19
P																1,00	0,19

	Sb	Sc	Se	Sn	Sr	Th	Ti	V	Y	Zn	Zr	La	Ce	Sm	Eu	Yb	Lu
Al	-0,42	0,74	0,34	-0,01	0,24	0,27	0,53	0,81	0,48	-0,25	0,65	0,21	0,32	0,42	0,59	0,50	0,48
Au	0,17	-0,34	-0,30	-0,01	-0,27	-0,36	-0,10	-0,29	-0,23	0,43	-0,17	-0,23	-0,07	-0,26	-0,37	-0,03	-0,03
Ag	0,20	-0,36	-0,48	0,08	-0,28	-0,32	0,14	-0,22	0,13	0,41	-0,13	0,30	0,21	0,11	-0,18	-0,07	-0,01
As	0,03	-0,40	-0,36	-0,10	-0,18	-0,17	-0,09	-0,16	0,06	0,16	-0,31	-0,01	0,05	-0,09	-0,24	0,07	0,13
Ba	-0,20	-0,27	-0,32	-0,09	0,02	-0,04	-0,03	-0,12	0,29	-0,26	-0,04	0,17	-0,08	-0,14	-0,13	-0,06	
Bi	0,32	-0,10	-0,20	0,00	0,12	0,06	0,06	-0,03	0,22	0,34	0,04	0,52	0,40	0,40	0,12	-0,06	0,03
Ca	-0,16	-0,04	0,24	0,23	0,06	0,26	0,25	0,04	-0,01	0,34	0,04	0,21	0,37	0,19	0,06	-0,07	0,01
Co	-0,31	0,30	0,88	-0,08	0,28	0,24	0,10	0,21	-0,06	-0,36	0,28	-0,26	-0,17	-0,13	0,38	0,13	0,14
Cr	-0,01	0,40	-0,27	-0,02	0,24	0,49	0,48	0,40	0,57	-0,02	0,53	0,59	0,59	0,51	0,19	0,14	0,16
Cu	0,09	-0,21	-0,40	0,23	-0,21	-0,16	0,03	-0,11	-0,07	0,75	-0,16	0,22	0,15	0,10	-0,15	-0,15	-0,09
K	-0,20	0,35	0,33	-0,20	0,05	-0,09	0,28	0,36	0,12	-0,24	0,51	-0,21	0,03	0,16	0,40	0,35	0,31
Mg	-0,16	0,56	-0,10	0,29	0,18	0,26	0,36	0,62	-0,54	0,00	0,26	0,48	0,43	0,44	0,29	0,42	0,42
Mn	0,08	0,28	-0,32	0,27	0,18	0,22	0,29	0,24	0,62	0,12	0,10	0,42	0,27	0,23	0,12	0,14	0,16
Mo	0,07	-0,33	-0,12	-0,18	-0,30	-0,30	-0,09	-0,28	-0,19	0,06	-0,11	-0,34	-0,22	-0,29	-0,24	0,15	0,16
Na	-0,02	0,36	-0,10	0,10	0,27	0,19	0,48	0,44	0,73	-0,02	0,50	0,26	0,21	0,25	0,34	0,38	0,36
Ni	0,12	0,11	-0,14	0,14	0,05	0,06	-0,19	-0,03	-0,08	-0,09	-0,11	0,10	0,08	0,07	-0,07	-0,22	-0,16
P	-0,15	0,28	-0,51	0,41	0,19	-0,05	0,27	0,21	0,43	0,14	0,06	0,61	0,30	0,46	0,16	0,12	0,16
Pb	0,13	-0,38	-0,44	0,12	-0,24	-0,19	0,12	-0,14	0,08	0,78	-0,18	0,17	0,22	0,01	-0,20	-0,09	-0,03
Sb	1,00	-0,49	-0,21	-0,14	-0,14	-0,04	-0,41	-0,43	-0,13	0,22	-0,12	-0,01	-0,18	-0,18	-0,39	-0,04	-0,12
Sc	1,00	0,28	0,33	0,28	0,03	0,46	0,82	0,37	-0,25	0,39	0,28	0,26	0,49	0,69	0,54	0,53	
Se	1,00	-0,13	0,14	0,09	-0,12	0,19	-0,21	-0,40	0,10	-0,35	-0,28	-0,12	0,44	0,22	0,18		
Sr	1,00	0,38	-0,06	0,14	0,30	0,11	0,18	-0,03	0,29	0,12	0,20	0,09	0,17	0,18			
Th					1,00	0,42	0,01	0,38	0,14	-0,06	0,27	0,34	0,23	0,23	0,13	0,04	0,07
Ti						1,00	0,07	0,08	0,19	0,07	0,07	0,38	0,46	0,27	0,05	-0,18	-0,14
V							1,00	0,44	-0,12	0,46	0,33	0,38	0,50	0,60	0,59	0,60	
Y								1,00	0,02	0,51	0,59	0,45	0,49	0,49	0,47	0,50	
Zn									1,00	-0,06	0,20	0,27	0,02	-0,20	-0,14	-0,10	
Zr										1,00	0,14	0,05	0,17	0,41	0,42	0,43	
La											1,00	0,76	0,81	0,28	0,22	0,27	
Ce												1,00	0,78	0,23	0,13	0,22	
Sm													1,00	0,60	0,62		
Eu														1,00	0,96		
Yb																	



**Şekil 2.** Analiz edilen bazı elementlerin normal dağılıma göre histogramları (Sınıf sayıları 10 olarak seçilmiştir. Yatay eksenler sınıf numaralarını, düşey eksenler frekansları göstermektedir).

## DERİNCE (ELAZIĞ) MASİF SÜLFİDLİ CEVHERLEŞMESİNDEKİ PİRİTLERİN İZ ELEMENT İÇERİKLERİ

korelasyon katsayısının mutlak değeri 0.5'in altında kalmaktadır (Çizelge 2).

**Gümüş :** Örnek ortalaması 460 ppb olan Ag Derince piritlerinde 290 – 630 ppb arasında beklenmektedir (Çizelge 1). Histogramın "ters J" tipinde olması (Şekil 2) piritlerin Ag dağılımının esas olarak 250 ppb civarında toplandığını, ender olarak da aşırı değerler verebildiğini göstermektedir. Pb ile çok kuvvetli (Şekil 3) Bi ve Cu ile kuvvetli pozitif korelasyon ilişkisi (Çizelge 2) Ag'ın diğer kalkofil elementlerle piritlerde ortak davranışından ileri gelmektedir.

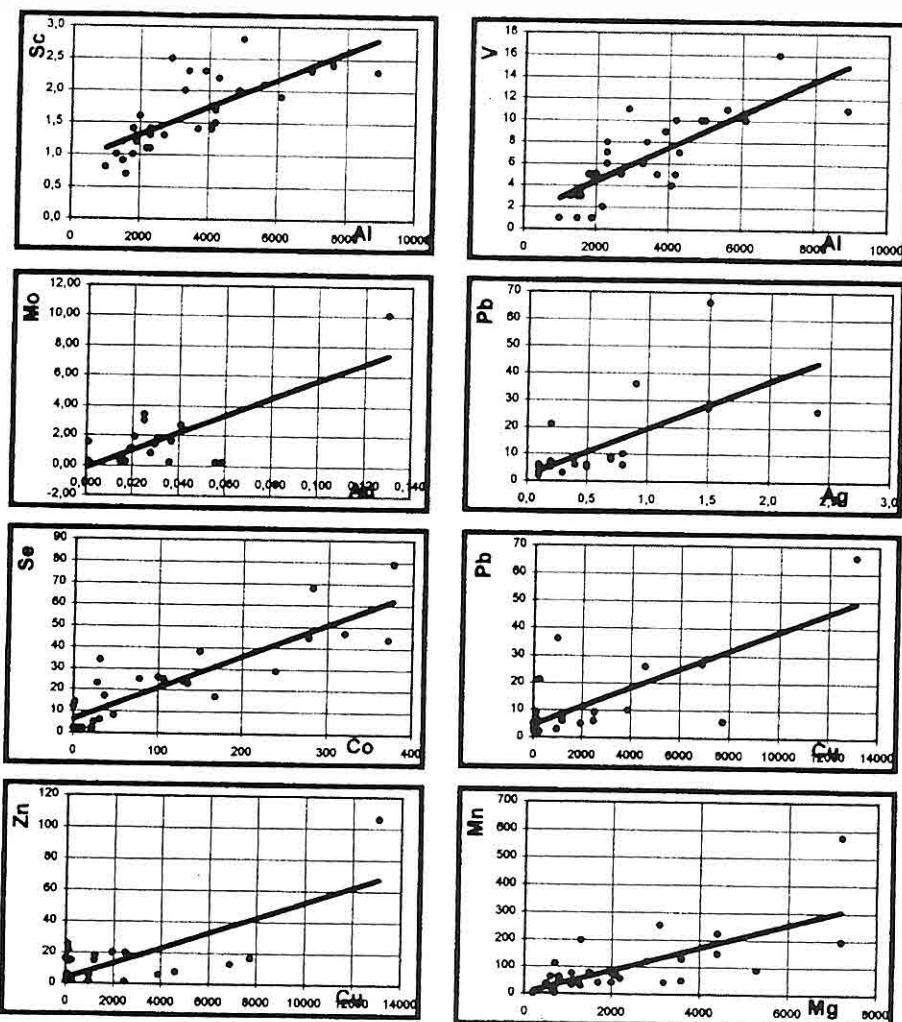
**Arsenik :** 70 ppm ortalama değer, 41 – 99 ppm güven aralığı ve 94 standart sapması ile arsenik düzensiz bir dağılımı temsil etmektedir (Çizelge 1). Histogramın "ters J" tipinde olması da (Şekil 2) piritlerin As dağılımının esas olarak 100 ppb civarında toplandığını, ender olarak da, belki ikinci tip bir piritlerin belirleyicisi sayılacak aşırı değerler verebildiğini göstermektedir. Arsenik değerleri Ba, Mo ve Pb ile kuvvetli pozitif korelasyon ilişkisi sunmaktadır.

Genel olarak piritlerin oluşum sıcaklıklarının artışı ile ters orantılı değiştiği düşünülen (Güleç ve Erler, 1983) As konsantrasyonunun bilinen yataklardaki değerleri karşılaştırıldığı zaman belirgin bir ilişkinin kurulamayacağı ortaya çıkmaktadır. Diyajenetik veya düşük sıcaklıklı hidrotermal kökenli Serguza (Irak) Zn-Pb yataklarının piritlerinde 2 ppm (Al-Bassam et al. 1982), Hindistan sedimanter Zn-Pb yataklarına ait diyajenetik piritlerde 47 ppm (Raiswell and Plant, 1980) iken

Attepe (Feke – Adana) Fe yataklarının yakınındaki sedimanter piritlerde 1570 ppm'e (Ayhan ve dig., 1992) çıkmaktadır. Mississippi Vadisi tipi yataklara ait piritlerde 10 – 15000 ppm (Mercer, 1976) gibi geniş bir aralıktaki değişim As miktarı Attepe hidrotermal piritlerinde 3350 – 25200 ppm'e (Ayhan ve dig., 1992) yükselmektedir. Türkiye'deki masif sülfid yataklarından derlenen piritlerde ise 755 ppm As (Güleç ve Erler, 1983) ortalaması belirlenmektedir. Buna göre Derince piritlerinin As değerleri 200 – 300 °C sıcaklıklı hidrotermal çözeltiler tarafından oluşturduğu bilinen Horzum (ort. 50 ppm), Bolkardağı (ort. 89 ppm) Zn – Pb yataklarına ait (Temur, 1996) veya Hindistan'daki diyajenetik piritlere benzemektedir.

**Baryum :** 30 elemanlı örnek içinde ortalama 35 ppm olan Ba anakitle içinde 29 – 41 ppm arasında beklenmektedir (Çizelge 1) ve hafif sola çarpık, oldukça düzenli bir dağılım sunmaktadır (Şekil 2). Kendisi gibi bir ametal olan As'nın dışında analizi yapılan diğer elementlerle kuvvetli korelasyon ilişkisi göstermemesi (Çizelge 2) piritlerdeki dağılımının tamamen temel değer (background) düzeyinde olduğunu ve piritlerin oluşum şartlarıyla değişmediğini ifade etmektedir.

**Bizmut :** Örnek aritmetik ortalaması ve standart sapması birbirine eşit olan Bi anakitle içinde 3 – 5 ppm arasında beklenmektedir (Çizelge 1). Histogramın "ters J" tipinde olması da (Şekil 2) piritlerin Bi dağılımının esas olarak 100 ppb civarında toplandığını, ender olarak da, belki ikinci tip piritlerin belirleyicisi sayılacak aşırı değerler verebildiğini



**Şekil 3.** Bazı elementlerden çok kuvvetli korelasyon ilişkisi sunan çiftlerin dağılım diyagramları ve regresyon doğruları.

göstermektedir. Sadece Ag ve La ile kuvvetli pozitif korelasyon ilişkisi sunmakta (Çizelge 3), bu durum da muhtemelen her üçünün endojen kökenli olmasına bağlanmaktadır.

**Kalsiyum :** En fazla 3438 ppm (% 0.34) olarak beklenen Ca miktarı 356 standart hatası ile oldukça düzenli bir

dağılımı ifade etmektedir (Çizelge 1). Histogramın "ters J" tipinde olması (Şekil 2) piritlerin Ca içeriğinin iki farklı kaynaktan geldiğini gösterebilir. Piritlerin Ca içeriği aslında gang mineralleri ve sıvı kapanımlarından gelen kirletici bileşenlerin miktarının ölçüsü olmalıdır. Analiz edilen diğer elementlerle kuvvetli -

## *DERİNCE (ELAZIĞ) MASİF SÜLFİDLİ CEVHERLEŞMESİNDE AİT PİRİTLERİN İZ ELEMENT İÇERİKLERİ*

çok kuvvetli korelasyon ilişkisi sunmaması da bu görüşü desteklemektedir.

**Kobalt :** 100 ppm aritmetik ortalamasından daha büyük standart sapması ile Co değerleri (Çizelge 1) düzensiz bir dağılım göstermektedir. Histogramın "ters J" tipinde çıkması (Şekil 2) da piritlerin Co içeriğinin birbirinden farklı iki özellik sunduğu şeklinde yorumlanabilir. Kobaltın Se ile çok kuvvetli pozitif korelasyonu dikkat çekmektedir (Şekil 3). Genel olarak piritlerin Co konsantrasyonları oluşum sıcaklıklarıyla doğru orantılı değişim göstermektedir. Meselâ hidrotermal kökenli olduğu bilinen iki yataktan 150 – 200 °C sıcaklıklı Horzum piritleri 60 ppm, 250 – 300 °C sıcaklıklı Bolkardağı piritleri 115 ppm Co içermektedir (Temur, 1996). Türkiye'deki masif sülfid yataklarından derlenen piritlerde ise ortalama 518 ppm (Güleç ve Erler, 1983) gibi yüksek bir değer diyajenetik piritlerde 20 ppm'e (Raiswell and Plant, 1980) düşmektedir. Derince piritleri ise en az iki modlu dağılım gösterdiğinden medyanı 50 ppm'in altında olan birinci modun düşük sıcaklıklı veya sedimanter oluşumu, medyanı 150 ppm'in üzerinde olan ikinci modun ise daha yüksek sıcaklıklı hidrotermal bir oluşumu yansittığı söylenebilir.

Oluşum ortamı ve sıcaklığının tahmininde kriter olarak kullanılabilcek diğer bir özellik ise piritlerin Co/Ni oranlarıdır. Diyajenetik piritlerde 0.1'in altında (Raiswell and Plant, 1981) olan Co/Ni oranı Türkiye'deki karbonatlı

kayaçların içinde yer alan ve plütonik kayaçlarla görünür bir ilgisi olamayan Zn-Pb yataklarının piritlerinde 0.1 – 1.5 arasında (Aslaner, 1977), hidrotermal piritlerde ise hemen her zaman 1'den büyütür. Meselâ Horzum piritlerinde 1.3, Bolkardağı piritlerinde 1.7 olarak bulunmuştur (Temur, 1996). Masif sülfid yataklarına ait piritlerde 2'den büyütür (Aslaner, 1977). Derince piritlerinde ise Co/Ni ortalamalarının oranı 3.33, oranlarının ortalaması ise 9.85 çıkmaktadır. Bu özelliği ile Derince piritleri diyajenetik ve düşük sıcaklıklı hidrotermal piritlerden çok uzak, masif sülfid yataklarına ait pirlere benzer bir kökeni yansımaktadır.

**Krom :** İncelenen piritlerde ortalama 6 ±1 ppm bulunan Cr (Çizelge 1) düzenli, tek modlu ve simetrik bir dağılım sunmaktadır (Şekil 2). Piritlerin krom değerleri ile Al, Mg, Th, Y, Zr, La, Ce ve Sm ile kuvvetli pozitif korelasyon ilişkisi sunması ilginçtir.

**Bakır :** 30 elemanlı pirit örneğinde ortalama 1642 ppm olan Cu konsantrasyonu bu örneğin temsil ettiği anıkitlede 721 – 2563 ppm gibi çok geniş bir alanda beklenmektedir (Çizelge 1). Verilerin "ters J" tipi bir dağılım göstermesi (Şekil 2) verilerin en az iki farklı kaynağı temsil ettiklerine karşılık gelebilir. İyi bir belirleyici olmamasına rağmen piritlerin Cu içeriği oluşum sıcaklığı ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Diyajenetik piritlerde ortalama 132 ppm (Raiswell and Plant, 1980), düşük sıcaklıklı hidrotermal veya sedimanter kökenli Serguza (Irak)

yataklarına ait piritlerde 100 ppm (Al-Bassam et. al., 1982), Mississippi Vadisi tipi ve  $100 \pm 50$  °C sıcaklıklı Zn-Pb yataklarında 10 – 1500 ppm (Mercer, 1976), 300 °C'tan daha düşük sıcaklıklı hidrotermal kökeni yansitan Horzum (ort. 441 ppm) ve Bolkardağı (ort. 275 ppm) Zn – Pb yataklarına göre çok yüksek olması Derince piritlerinin oluşum sıcaklığının 300 °C'tan daha yüksek olabileceğini düşündürmektedir. Bakırın Pb ve Zn ile çok kuvvetli (Şekil 3), Ag ile kuvvetli pozitif korelasyon ilişkisi (Çizelge 2) bu kalkofil elementlerin özellikle endojen ortamlardaki benzer davranışını yansımaktadır.

Diğer taraftan piritlerin oluşum ortamı ve sıcaklıkları ile Cu/Ni oranlarının da ilişkili olduğu belirlenebilmektedir. Bilinen yatakların karşılaşması ile diyajenetik piritlerin Cu/Ni oranının 2'den küçük, hidrotermal piritlerin 2 – 10, masif sülfid yataklarındaki piritlerin ise 10'dan büyük olduğu söylenebilmektedir. Buna göre Derince piritlerinin Cu/Ni ortalamalarının oranı olan 55 ve oranlarının ortalaması olan 71 değerleri ile masif sülfid yataklarına benzemektedir.

**Potasium :**  $295 \pm 129$  ppm olması beklenen piritlerin K konsantrasyonu (Çizelge 1) çok geniş ve "ters J" tipi bir dağılım sergilemektedir (Şekil 4). Verilerin % 90'ı ilk sınıfta toplanırken diğer verilerin 9 sınıfa yayılması en az iki faktörün kontrolündeki dağılımı ifade etmektedir (Şekil 3). Bu faktörlerden biri sıvı kapanımları, diğeri de gang minerali kalıntıları olabilir. Potasyum Al ve Zr ile kuvvetli pozitif korelasyon ilişkisi sunmaktadır (Çizelge 2).

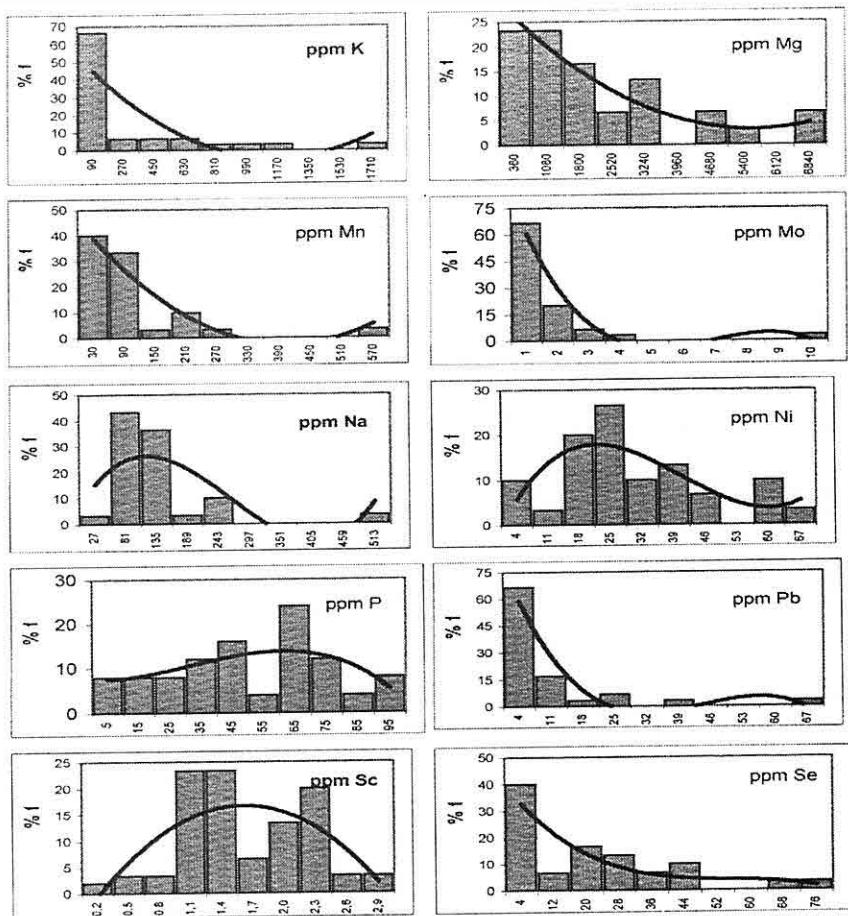
10

**Magnezyum :** Derince piritlerinde 1676 – 2850 ppm arasında beklenen Mg konsantrasyonu dar bir aralıktır dağılım göstermektedir (Çizelge 1). Sınıflandırmada "ters J" tipi dağılım göstermesi (Şekil 4) temel değer dağılımının yanı sıra ikinci bir faktörün Mg konsantrasyonunu yükselttiği anlamına gelmektedir. Magnezyumun Mn ile çok kuvvetli (Şekil 3), Al, Cr, Sc, V ve Y ile kuvvetli pozitif korelasyonu (Çizelge 2) pirit içinde magnezyumun litofil elementlerle benzer davranışına bağlanabilir.

**Manganez :** Örnek aritmetik ortalaması 98 ppm, standart sapması 111 olan piritlerin Mn değerleri anakitle içinde 64 – 132 ppm arasında (Çizelge 2), geniş bir alanda beklenmektedir. Veriler "ters J" tipi dağılım göstermektedir (Şekil 4), bu da aşırı değerlerin varlığına işaret etmektedir. Hidrotermal kökenli oldukları bilinen Horzum ve Bolkardağı Zn – Pb yataklarına ait piritlerin Mn konsantrasyonları sırasıyla 28 ppm ve 25 ppm (Temur, 1996) olup, Derince piritleri bunlara göre çok yüksek Mn içermektedir. Bu durum denizel sedimanlarla yatak oluşumunun ilişkisine bağlanabilir. Manganez Mg, Na, P ve Y ile kuvvetli pozitif korelasyon ilişkisi vermektedir (Çizelge 2). Özellikle Mg, Na ve Y ile ilişkisi de denizel (volkano-sedimanter) bir kökene yakınlığını göstermektedir.

**Molibden :** Derince piritlerinde 0.54 – 1.74 ppm (ort. 1.14 ppm) olarak beklenen Mo değerleri (Çizelge 1) "ters J" tipi dağılım ile (Şekil 4) aşırı değerlerin temsil ettiği ikinci bir faktörün varlığını ortaya

**DERİNCE (ELAZIĞ) MASİF SÜLFİDLİ CEVHERLEŞMESİNÉ AİT PİRİTLERİN İZ ELEMENT İÇERİKLERİ**



**Şekil 4.** Analiz edilen bazı elementlerin normal dağılıma göre histogramları (Sınıf sayıları 10 olarak seçilmiştir. Yatay eksenler sınıf numaralarını, düşey eksenler frekansları göstermektedir).

çıkarmaktadır. Molibden değerleri Au ile çok kuvvetli pozitif (Şekil 3), As ile kuvvetli pozitif korelasyon ilişkisi sunmaktadır (Çizelge 2).

**Sodyum :** 138 ppm ortalama değer ve düşük bir standart sapma ile düzenli dağılımı ifade etmektedir (Çizelge 1). 540 ppm'lik aşırı bir değerin dışında tek modlu, sivri bir histogram oluşturmaktadır. Sodyumun Y, Al, Mn ve

Zr ile de kuvvetli pozitif korelasyonu (Çizelge 2), oluşum ortamının deniz sedimanlarla ve deniz suyuyla ilişkisine bağlanabilir.

**Nikel :** 30 ppm ortalaması, 17 standart sapma ile analiz edilen piritlerin ait olduğu anakitinin Ni değerlerinin 25 – 35 ppm aralığında beklenmektedir (Çizelge 1). Ni, analiz edilen diğer elementlerle kuvvetli veya çok kuvvetli derecede korelasyon

ilişkisi göstermemektedir (Çizelge 2). Genel olarak sedimanter piritlerde ortalama 200 ppm, hidrotermal piritlerde ise 200 ppm'den daha az olan Ni konsantrasyonu (Raiswell and Plant 1980) piritlerin oluşum sıcaklığı ile ters orantılı olarak değişmektedir. Sedimanter veya düşük sıcaklıklı hidrotermal kökene bağlanan Serguza (Irak) Zn-Pb yataklarındaki piritlerde 78 ppm (Al-Bassam et. al., 1982), hidrotermal kökenli olduğu bilinen iki yataktan 150 – 200 °C sıcaklıklı Horzum piritleri 44 ppm (Temur, 1996), 250 – 300 °C sıcaklıklı Bolkardağı piritleri 68 ppm Ni içermektedir (Temur, 1992). Türkiye'deki masif sülfid yataklarına ait piritlerin de ortalama Ni değeri 38 ppm (Güleç ve Erler, 1983) olarak bulunmuştur. Bunlara göre Derince piritlerinin Ni konsantrasyonun çok daha düşük olması oluşum sıcaklığının 300 °C'in üzerinde olduğu anlamına gelmektedir. Verilerin dağılımı da sola çarpık, düzenli bir çan eğrisi görünümü vermektedir (Şekil 4).

**Fosfor :** Ortalama 55 ppm kadar bulunan P (Çizelge 1) piritlerin bünyesine sıvı kapanımları ile girmiş olabilir. Aritmetik ortalamanın etrafında iyi derecede toplanan veriler hafif sağa çarpık ve yayvan bir dağılım sunmaktadır (Şekil 4). Fosfor analizi yapılan elementlerden Mn ve La ile kuvvetli pozitif, Se ile de kuvvetli negatif korelasyon ilişkisi vermektedir.

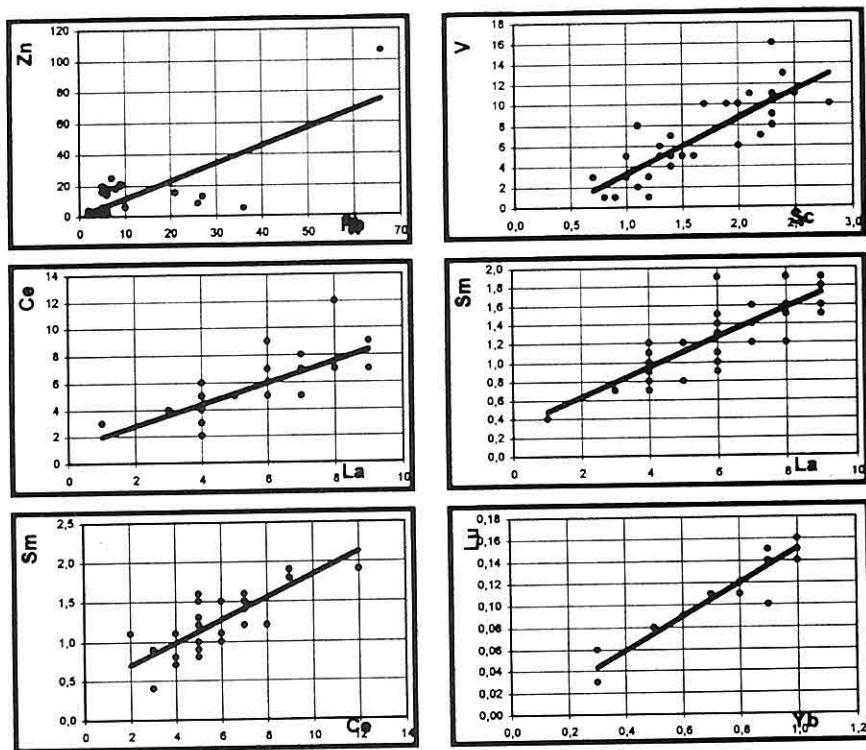
**Kurşun :** Bütün Derince piritlerinde 6 – 14 ppm arasında beklenen Pb (Çizelge 1), piritlerin içinde magmatik kökenli ve izomorf dağılmış olarak bulunduğu

sanılmaktadır. Verilerin "ters J" tipinde (Şekil 4) dağılım sunması da bu temel değer dağılımin yanında başka bir faktöre bağlı olarak zenginleşmenin olduğuna işaret etmektedir. Ag, Cu (Şekil 3) ve Zn (Şekil 5) ile çok kuvvetli pozitif, As ile kuvvetli pozitif korelasyon ilişkisi içinde olması da (Çizelge 2) benzer kaynaklardan beslendiklerini ve jeokimyasal yakınlıklarına bağlı olarak piritlerde benzer artışlar gösterdiklerini ifade etmektedir.

**Antimuan :** Ortalama 0,77 ppm kadar bulunan, 0,64 ile 0,90 arasında değişen (Çizelge 1) Sb ölçümleri bir aşırı değer dışında analiz hatası yoksa, düzenli bir dağılımı ifade etmektedir. Diyajenetik piritlerde 16 ppm (Raiswell and Plant, 1980), Attepe (Feke – Adana) yöresindeki sedimanter piritlerde 10 ppm'in altında, hidrotermal piritlerde 4070 ppm (Ayhan ve diğ., 1992) Sb bulunmaktadır. Hidrotermal oluşumlu olduğu bilinen Horzum ve Bolkardağı yörensi Zn – Pb yataklarına ait piritlerin Sb konsantrasyonlarına (sırasıyla 235 ppm ve 127 ppm Sb) göre de Derince piritlerinde çok düşük olması ilginçtir ve bu özelliği ile sedimanter pirlere yakınlık göstermektedir. Ancak Derince piritlerinin Sb değerleri diğer piritlerle karşılaştıramayacak kadar küçüktür. Bu durum analiz hatası veya yöntem farkından kaynaklanabilir. Ayrıca antimuanın analiz edilen diğer elementlerle kuvvetli ya da çok kuvvetli düzeyde korelasyon ilişkisi belirlenememektedir.

**Skandiyum :** Örnek aritmetik

**DERİNCE (ELAZIĞ) MASİF SÜLFİDLİ CEVHERLEŞMESİNE AİT PİRİTLERİN İZ ELEMENT İÇERİKLERİ**



**Şekil 5.** Bazı elementlerden çok kuvvetli korelasyon ilişkisi sunan çiftlerin dağılım diyagramları ve regresyon doğruları.

ortalaması 1.6 ppm olan Sc 0.6 standart sapma ile düzenli bir dağılımı temsil etmekte ve anakitle içinde 1.4 – 1.8 ppm arasında beklenmektedir (Çizelge 1). Verilerin histogramı da kısmen düzensiz, simetrik normal eğriye benzemektedir (Şekil 4). Al ve V ile çok kuvvetli pozitif (Şekil 5), Mg, Eu, Yb ve Lu ile kuvvetli pozitif korelasyon ilişkisi göstermesi, skandiyumun hemen bütün jeokimyasal ortamlarda bu elementlerle olan davranış benzerliğinden ileri gelmektedir.

**Selenyum :** Analizi yapılan piritlerde  $21 \pm 6$  ppm bulunan Se (Çizelge 1) "ters J" tipi dağılımla (Şekil 4) piritlerdeki temel

değerinin 8 ppm'in altında olduğu, fakat ikinci bir faktörle daha yüksek konsantrasyonların ortaya çıktığı bir zenginleşme fazından bahsedilebileceğini göstermektedir. Selenyum Co ile çok kuvvetli pozitif, P ile de kuvvetli negatif korelasyon ilişkisi sunmaktadır (Çizelge 2).

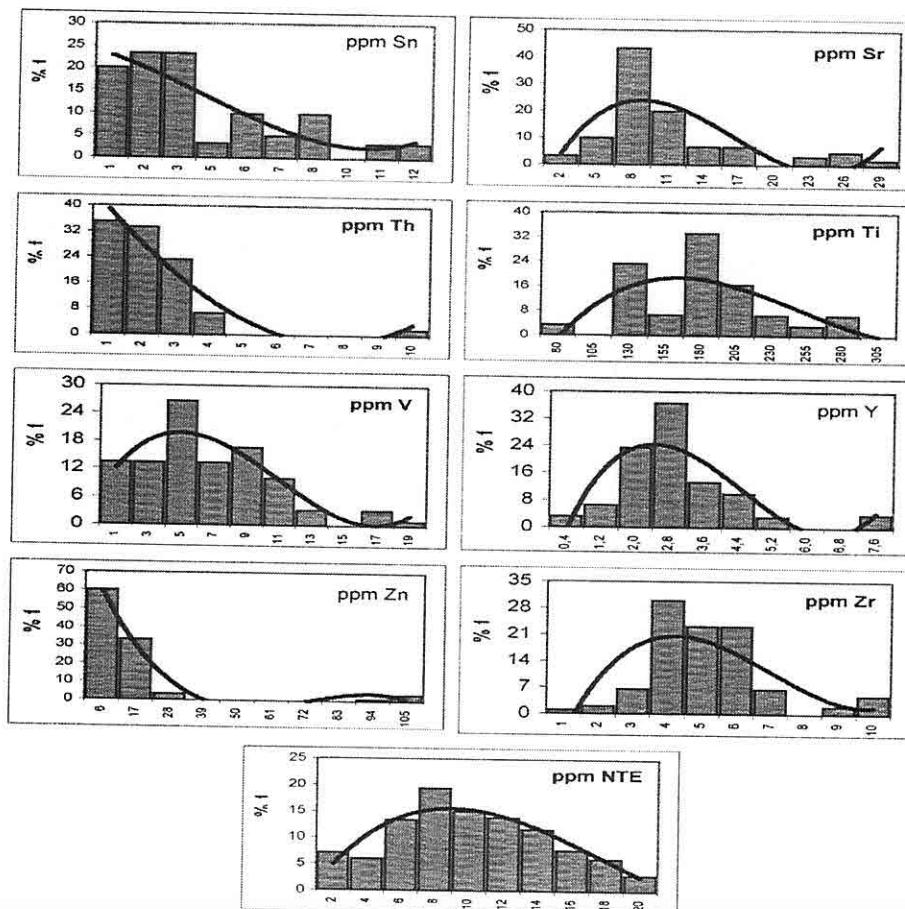
**Kalay :** Derince piritlerinde 4 ppm ortalama (Çizelge 1) ile Sn düzgün bir dağılım sunmaktadır. "ters J" tipine benzer histogramla (Şekil 4), bünyesinde aşırı değerlerin de bulundurabileceğini göstermektedir. Analiz edilen elementlerle çok kuvvetli veya kuvvetli derecede

korelasyon ilişkisi sunmaması da dikkat çekmektedir.

**Stronsiyum :** Analizi yapılan piritlerde  $10 \pm 2$  ppm bulunmaktadır (Çizelge 1). Sıvı kapanımlarına veya gang içindeki barit artıklarına bağlı olabileceği düşünülmektedir. Biri az belirgin olan ve aşırı değerleri temsil eden iki modlu bir dağılımin histogramını vermektedir (Şekil 6).

Analiz edilen elementlerle çok kuvvetli veya kuvvetli derecede korelasyon ilişkisi sunmamaktadır.

**Toryum :** Endojen ortamlardan eksojen ortamlara gittikçe yerkabuğundaki konsantrasyonu yükselen toryumun piritlerdeki değerinin benzer şekilde değişmesi beklenmektedir. Derince piritlerinde ortalama 2 ppm olan Th değerinin (Çizelge 1) dar bir aralıktadır, fakat



**Şekil 6.** Analiz edilen bazı elementlerin normal dağılıma göre histogramları (Sınıf sayıları 10 olarak seçilmiştir. Yatay eksenler sınıf numaralarını, düşey eksenler frekansları göstermektedir).

*DERİNCE (ELAZIĞ) MASİF SÜLFİDLİ CEVHERLEŞMESİNÉ AİT PİRİTLERİN İZ  
ELEMENT İÇERİKLERİ*

"ters J" tipinde (Şekil 6) dağılım göstermesi aşırı değerlerin, dolayısıyla iki farklı kökeni yansıtın verilerin bulunabileceğini akla getirmektedir. Tiryum analiz edilen elementlerden hiç biri ile kuvvetli veya çok kuvvetli derecede korelasyon ilişkisi sunmamaktadır.

**Titanyum :** Derince piritlerinde 182 ppm örnek aritmetik ortalaması ve 49 standart sapması ile düzenli bir dağılımı ifade eden Ti değerleri tüm piritlerde 167 – 197 ppm arasında beklenmektedir (Çizelge 1). Verilerin histogramı da normal eğriye benzemekte, dolayısıyla tek bir anakitleyi yansımaktadır. Güleç ve Erler (1983)'e göre piritlerin Ti konsantrasyonları genel olarak oluşum sıcaklıklarıyla doğru orantılı bir değişim göstermektedir. Buna göre düşük sıcaklıklı hidrotermal kökene bağlanan Horzum ve orta sıcaklıklı hidrotermal kökene bağnan Bolkardağı Zn – Pb yataklarının (sırasıyla 267 ppm ve 473 ppm) piritlerinden (Temur, 1997) çok düşük konsantrasyonlarda çıkması, Derince piritlerinin en azından bir kısmının masif sülfid cevherleşmesinin sedimentasyon fazında ve düşük sıcaklıklarda oluşturuklarını düşündürmektedir. Türkiye'deki masif sülfid yataklarını temsil edecek şekilde derlenen piritlerde 548 ppm gibi yüksek Ti değeri elde edilmiş olması (Güleç ve Erler, 1983) tezat gibi görülmektedir. Titanyumun Al, Y ve Zr ile kuvvetli pozitif korelasyon ilişkisi (Çizelge 2) bu elementlerin de değerliklerinin aynı olmasından ileri gelmektedir.

**Vanadyum :** Ortalama 7 ppm olan V (Çizelge 1) sağa çarpık, standart normal eğriye benzer dağılım (Şekil 6) vermektedir. Al (Şekil 3) ve Sc (Şekil 5) ile çok kuvvetli pozitif, Mg, Sm, Eu ve Yb ve Lu ile kuvvetli pozitif korelasyon ilişkisi sunması (Çizelge 2) ise bu elementlere kimyasal yakınlığından ileri gelmektedir. Nadir toprak elementleri ile en yüksek derecede korelasyon ilişkisini de V vermektedir.

**Yitriyum :** Standart normal eğriye çok yakın bir histogram sunan Y konsantrasyonlarının ortalaması 3,0 ppm ve standart sapması 1,4'dür. Bu veriler piritlerin Y içeriklerinin olması gereken temel değerler çerçevesinde olduğuna ve başka bir kaynaktan beslenme durumunun olamayacağına işaret etmektedir. Yitriyumin Cr, Mg, Mn, Na, Ti, Zr, La ve Lu gibi kalabalık bir element topluluğu ile kuvvetli korelasyon ilişkisi sunması ilginç görülmektedir.

**Çinko :** Oldukça geniş bir alanda dağılım gösteren Zn konsantrasyonlarının standart sapması (19) da aritmetik ortalamasından (12 ppm) çok büyktür (Çizelge 1). En büyük frekansın ilk sınıfta toplanması ve "ters J" tipi dağılım göstermesi de (Şekil 6) bunu doğrulamaktadır. Benzer dağılım gösteren Cu (Şekil 3) ve Pb (Şekil 5) ile çok kuvvetli pozitif korelasyon sunmaktadır. Bu özellikler, her üç elementin pirit içindeki temel değer düzeyindeki dağılımının dışında ikinci bir kaynağın zenginleşmeye yol açtığını göstermektedir.

**Zirkonyum :** Standart normal eğriye benzer bir histogram sunan (Şekil 6) Zr

değerleri 5.1 ppm ortalama vermektedir. Al, Cr, K, Na, Ti ve Y ile kuvvetli korelasyon ilişkisi sunmaktadır.

**Nadir Toprak Elementleri :** Piritlerin analiz edilen nadir toprak elementlerinden 6 ppm La, 6 ppm Ce, 1,3 ppm Sm, 0,3 ppm Eu, 0,7 ppm Yb ve 0,11 ppm Lu bulunmaktadır. Lantanitlere at verilere La'ya göre normalleştirilmiş sınıflandırıldığı zaman ortak histogramları biraz sola çarpık, standart normal eğriye yakın çıkmaktadır (Çizelge 1 ve 2). Kendi aralarında çok kuvvetli ve kuvvetli pozitif korelasyon ilişkisi veren nadir topraklardan La ile Bi, Cr, P ve Y; Ce ile Cr; Sm ile Cr ve V; Eu ile Al, Sc ve V; Yb ile Al, Sc ve V; Lu ile de Sc, V ve Y arasında kuvvetli pozitif korelasyon ilişkisi çıkmaktadır (Şekil 5).

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Derince (Elazığ) yöresi sülfid yataklarından derlenen pirit numuneleri 1000 ppm'in (% 0.1'in) üzerinde Al, Ca, Cu ve Mg içermektedir. Bunlardan Al ve Cu pirit içindeki inklüzyon mineralleri veya Fe ile yer değiştirerek dağılımı beklenmektedir. Ca ve Mg ise numunelerdeki gang minerali artıklarından veya piritlerin sıvı kapanımlarından ileri geldiği düşünülmektedir.

Piriterde 100 – 1000 ppm arasında bulunan elementler olarak Co, K, Na ve Ti ortaya çıkmaktadır. Bunlardan Co ve Ti piritlerin oluşum ortamları ile ilişkisi iki element olup, piritin kristal yapısında Fe ile yer değiştirerek dağılım göstermektedir. K ve Na ise sıvı kapanımları ile ilişkili olmalıdır.

Analiz edilen piritlerde As, Ba, Mn, Ni, P, Pb, Se, Sr ve Zn 10 – 100 ppm arasında, Bi, Cr, Mo, Sc, Sn, Th, V, Y, Zr, La ve Ce 1 – 10 ppm arasında, Au, Ag, Sb, Eu, Yb ve Lu ise 1 ppm'in altında ortalama değerler vermektedir. Bu miktarlar elementlerin Klark konsantrasyonlarına ve özellikle asidik endojen ortamlardaki dağılımlarına yakın değerlerdir.

Au, Ag, As, Bi, Ca, Co, Cu, P, Mg, Mn, Mo, Pb, Se, Sn, Th ve Zn "ters J" tipi dağılım sunmaktadır. "ters J" tipi dağılıma sahip olanların iki kaynaktan beslendikleri, dolayısıyla iki anakitleyici temsil edebilecekleri düşünülmektedir. Bu durum da masif sülfid yataklarındaki diyajenetik piritlerle hidrotermal piritlerin birlikte bulunabilme özelliğine bağlanmaktadır.

Derince piritlerinin As miktarları hidrotermal piritlere, Co miktarlarının bir kısmı diyajenetik, bir kısmı yüksek sıcaklıklı hidrotermal piritlere, Co/Ni oranlarına göre bir kısmı diyajenetik, bir kısmı düşük sıcaklıklı hidrotermal piritlere, Cu ve Ni konsantrasyonları yüksek sıcaklıklı hidrotermal piritlere, Ti konsantrasyonları ise diyajenetik piritlere benzemektedir.

Derince piritlerinin Al-Sc, Al-V, Au-Mo, Ag-Pb, Co-Se, Cu-Pb, Cu-Zn, Mg-Mn, Pb-Zn, Sc-V, La-Ce, La-Sm, Ce-Sm ve Yb-Lu element çiftleri arasında çok kuvvetli korelasyon ilişkisi vardır. Bu ilişkiler aynı zamanda elementlerin jeokimyasal yakınlıklarını da ifade etmektedir. Özellikle Litofil elementler, kalkofil elementler ve lantanitlerin arasında kuvvetli korelasyon ilişkileri

## DERİNCE (ELAZIĞ) MASİF SÜLFİDLİ CEVHERLEŞMESİNDEKİ PİRİTLERİN İZ ELEMENT İÇERİKLERİ

ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla element zenginleşmelerinin piritlerdeki inklüzyon minerallerinden değil, doğrudan pirit içindeki izomorf dağılımlarından kaynaklandıkları söylenebilir.

Sonuç olarak, piritlerin iz element içerikleri yardımıyla Derince (Elazığ) masif sülfid yatağında volkano-sedimanter çökelimle ilişkili sedimanter piritlerle dasitlerden kaynaklanan çözeltilerin oluşturduğu hidrotermal piritlerin ayrılabileceği anlaşılmaktadır. Yorumların güçlendirilebilmesi için cluster, faktör ve ana bileşenler gibi çok değişkenli veri analizi yöntemlerinin uygulanması gerektiği düşünülmektedir.

### 4. KAYNAKLAR

*Al-Bassam, K.S., Hak, J. and Watkinson, D.H., 1982. Contribution to the origin of the Serguza lead-zinc-pyrite deposits, Northern Iraq. Mineralium Deposita, 17, 133-149.*

*Aslaner, M., 1977. Türkiye bakır – çinko – kurşun yataklarının jeolojisi ve bölgesel sınıflamasıyla plaka tektoniği yönünden incelenmesi. Karadeniz Teknik Üniv. Yayl., No 85, 70 s.*

*Ayhan, A., Küpeli, Ş. ve Amstutz, G. G., 1992, Attepe (Feke – Adana) demir yatağının bitişigindeki pirit oluşumları; Maden Tetkik ve Arama Derg., 114, 85-94.*

*Bezmen, N. I., Tikhomirova, V. I. and Kosogova, V. P. 1975, Pyrite-pyrrhotite geothermometer partition on nickel and cobalt; Geokhimiya, 5, 700-714.*

*Bölükçük, C. ve Sağiroğlu, A., 1997. Hacimustafa (Baskil-Elazığ) cevherleşmelerinin özellikleri ve kökeni.*

*S.Ü. 20. Yıl Jeoloji Sempozyumu Bidirileri, S. Temur (ed.), 149-157.*

*Bölükçük, C., Akgül, M. ve Temur, S., 2001, Kimyasal analiz yönteminin sonuçlara etkisine bir örnek : Derince (Elazığ) Piritleri; Geosound, Yerbilimleri, Çukurova Univ. Yay. Org., 39.*

*Bralia, A., Sabatini, G. and Troja, F., 1979, A reevaluation of the Co / Ni ratio in pyrite as a geochemical tool in ore genesis problems; Mineralium Deposita, 14, 353-374.*

*Campbell, F. A. and Ethier, V. G., 1984, Nickel and cobalt in pyrrhotite and pyrite from the Faro and Sullivan orebodies; Can Mineral, 22, 503-506.*

*Craig, J. R., Solberg, T. N., Vokes, F. M., 1994, Pyrite chemical petrography: Electron microscope mapping of minor element signatures; Geol. Soc. Am. Abst w Prog 26, 9.*

*Craig, J. R., Vokes, F. M. and Solberg, T. N., 1998, Pyrite: physical and chemical texture; Mineralium Deposita, 34, 82-101.*

*Güleç, N. ve Erler, A., 1983. Masif sülfid yataklarındaki piritlerin karakteristik iz element içerikleri. Türkiye Jeol. Kur. Bült., 26, 2, 145 – 152.*

*Loftus-Hills, G. and Solomon, M., 1967, Cobalt, nickel and selenium in sulphides as indicators of ore genesis, Mineralium Deposita, 2, 228-242.*

*Mercer, W., 1976, Minor elements in metal deposits in sedimentary rocks, A review of the resent literature: Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits. K. H. Wolf (ed.), Elsevier, Amsterdam, 4, 396-425.*

*Meyer, F. M., Robb, L. I., Oberthür, T.,*

- Saager, R. and Stupp, H. D., 1990, Cobalt, nickel and gold in pyrite from primary gold deposit and Witwatersrand reefs, S. Afr. J. Geol., 93, 70-82.
- Raiswell, R. and Plant, J., 1980. The incorporation of trace elements into pyrite during diagenesis of black shales, Yorkshire, England. Econ. Geol., 75, 684 – 699.
- Raymond, O. L., 1996, Pyrite composition and ore genesis in the Prince Lyell copper deposit, Mt Lyell mineral field, western Tasmania, Australia, Ore. Geol. Rev. 10, 231-250.
- Roberts, F. I., 1982, Trace element chemistry of pyrite a useful guide to the occurrence of sulfide base metal mineralization; J. Geochem. Explor., 17, 49-62.
- Temur, S.. 1992, Bolkardağı yöresi (Ulukışla – Niğde) çinko – kurşun yataklarının jeokimyasal incelemesi. Türkiye Jeol. Bült., 35/2, 101-114.
- Temur, S., 1996. Horzum (Kozan – Adana) ve Bolkardağı (Ulukışla – Niğde) yöreleri Zn – Pb yataklarına ait piritlerin iz element konsantrasyonlarının karşılaştırılması. Karadeniz Teknik Univ. Jeol. Müh. Böl. 30 Yıl Semp., Bildiriler , S. Korkmaz ve M. Akçay (eds.), 67 – 82.
- Temur, S., 1997. Horzum (Kozan – Adana) ve Bolkardağı (Ulukışla – Niğde) yöresi Zn – Pb yataklarına ait piritlerin iz element konsantrasyonlarının karşılaştırması; Karadeniz Teknik Univ. Jeol Müh. Böl., 30. Yıl Semp. Bildiriler (Ed: S. Korkmaz ve M. Akçay), 67-82.
- Temur, S. and Kurt, H., 1998. Distinguishing of deposits and analysis methods according to the concentrations of Co, Ni, Mn and Ti in pyrites. Mineralogical Magazine; 62A, 1502-1503.
- Udubaşa, G., 1984. Iron sulfides in sedimentary rocks, Some occurrences in Romania; Syngensis and Epigenesis in the Formation o Mineral Deposits. A. Wauschkuhn, C. Kluth and R. A. Zimmermann (eds.), Springer Verlag, Berlin, 28 – 35.

## KAYADİBİ (ELMADAĞ-ANKARA) YÖRESİNDEKİ SERPANTİNİT VE LİSVENİTLERİNİN OPAK MINERAL VE KİYMETLİ METAL İÇERİKLERİ

Şükrü KOÇ

A. Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara/Türkiye

Mehtap SÖNMEZ

A. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara/Türkiye

**ÖZET:** İnceleme alanında Kuvaterner yaşı alüvyonlar, Üst Kretase yaşı konglomera-kumtaşı-çamurtaşlı-kireçtaşları, Senomaniyen-Kampaniyen yaşı spilit-diyabaz radyolarit-çamurtaşları ve yerleşim yaşı Jura-Senomaniyen zaman aralığı kabul edilen serpentinit blokları yer almaktadır. Burada yaklaşık 25-30 km<sup>2</sup>lik bir alanda izlenen serpentinit kayaşlarının alterasyonu ile silika-karbonat ve karbonat listvenitleri türemiştir. Maden mikroskopik incelemelerle serpentinit ve listvenitlerde manyetit, kromspinal, ilmenit, martit, lepidokrosit, götit, pirit ve kalkopirit gibi opak mineraller belirlenmiştir. Listvenitlerde Au, Ag, Pd, Pt, Co ve Ni gibi metaller için genelde bir zenginleşme izlenmemiştir, fakat Pt ve Pd'un bazı örneklerde az da olsa bir zenginleşme eğilimi gösterdiği ortaya çıkmıştır.

### OPAQUE MINERAL AND PRESQUES METAL CONTENTE OF SERPANTINITE AND LISTWANITE OF KAYADİBİ (ELMADAĞ/ANKARA)

**ABSTRACT:** Quaternary aged alluvium, Upper Cretaceous aged conglomerate, and Senomanian-Campanian aged spilitic-diabase dykes with Upper Cretaceous emplacement aged serpentinite blocks with in Hisarköy formation which consists of interlayered of sandstone and mudstone are formed the main lithology of the investigated area.

Here silica-carbonate and carbonate listwaenites have occurred due to the alteration of serpentinite which comprised an area of approximately 25-30 km<sup>2</sup>. Magnetite, chromium spinal, ilmenite, martite, lepidocrocite, goethite, pyrite, and chalcopyrite minerals are examined under the ore microscope within the serpentinite and listwaenites of the area. The geochemical studies reveal that Au, Ag, Pt, Pd, Co and Ni have not shown a significant enrichment although, in some samples Pt, and Pd have exhibited enrichment even with minor amount with in the listwaenite.

## 1. GİRİŞ

İnceleme alanı 1:25 000 ölçekli İ 30 b1-b2 ve b4 paftaları içinde, Ankara ili Elmadağ ilçesinin doğu ve kuzey doğusunda yer alan Kayadibi ve Hisar köyleri civarında bulunmaktadır (Şekil 1). Bu alanda Kuvaterner yaşılı alüvyonlar, Üst Kretase yaşılı volkanik taneli konglomera-kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşısı; spilit-diyabaz; radyolarit-çamurtaşısı ve yerleşim yaşları Jura-Senomaniyen zaman aralığı kabul edilen serpentinit blokları yüzeylemektedir. Ayrıca serpentinitlerin hidrotermal alterasyonları sonucunda oluşan listvenitler de yer almaktadır. Son yıllarda ülkemizde listvenit oluşumlarına bağlı olarak gelişen metal zenginleşmeleri bazı araştırmalara (Tüysüz, 1991; Genç, 1992; Boztuğ vd., 1994; Reçber, 1995; Koç ve Kadioğlu, 1996; Uçurum, 2000) konu edilmiştir. Bu makalede ise, inceleme alanındaki serpentinit ve listvenit kayaçlarının opak mineral ve kıymetli metal içerikleri incelenmekte, ayrıca parajenezin ve minerallerin yapı-doku özelliklerine ait bazı verilerin alterasyonla ilişkisi üzerinde durulmaktadır.

## 2. MATERİYAL VE YÖNTEM

Çalışma alanından 68 adet örneğin ince kesitleri, 15 adet örneğin parlatma blokları hazırlanarak mikroskop incelemeleri yapılmıştır. Böylece kayaçların mineralojik ve petrografik özelliklerini, içerdikleri opak mineraller ve bunların yapı-doku özellikleri belirlenmiştir. Serpentinit ve listvenit kayaçlarına ait 94 örnekte kıymetli metallerden Au, Ag, Pt

20

ve Pd gibi elementlerin analizleri Inductively coupled plasma-emission spectroscopy (ICP-ES) yöntemiyle ACME laboratuvarlarında (Kanada) yapılmıştır. Ayrıca 18 kayaç örneğinin XRD analizi Ankara Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde (BİTAUM) Rigaku D-Max-220 marka, Cu hedefli  $\lambda=1.54 \text{ \AA}$  olan X-ışını difraktometre cihazı ile yapılmıştır.

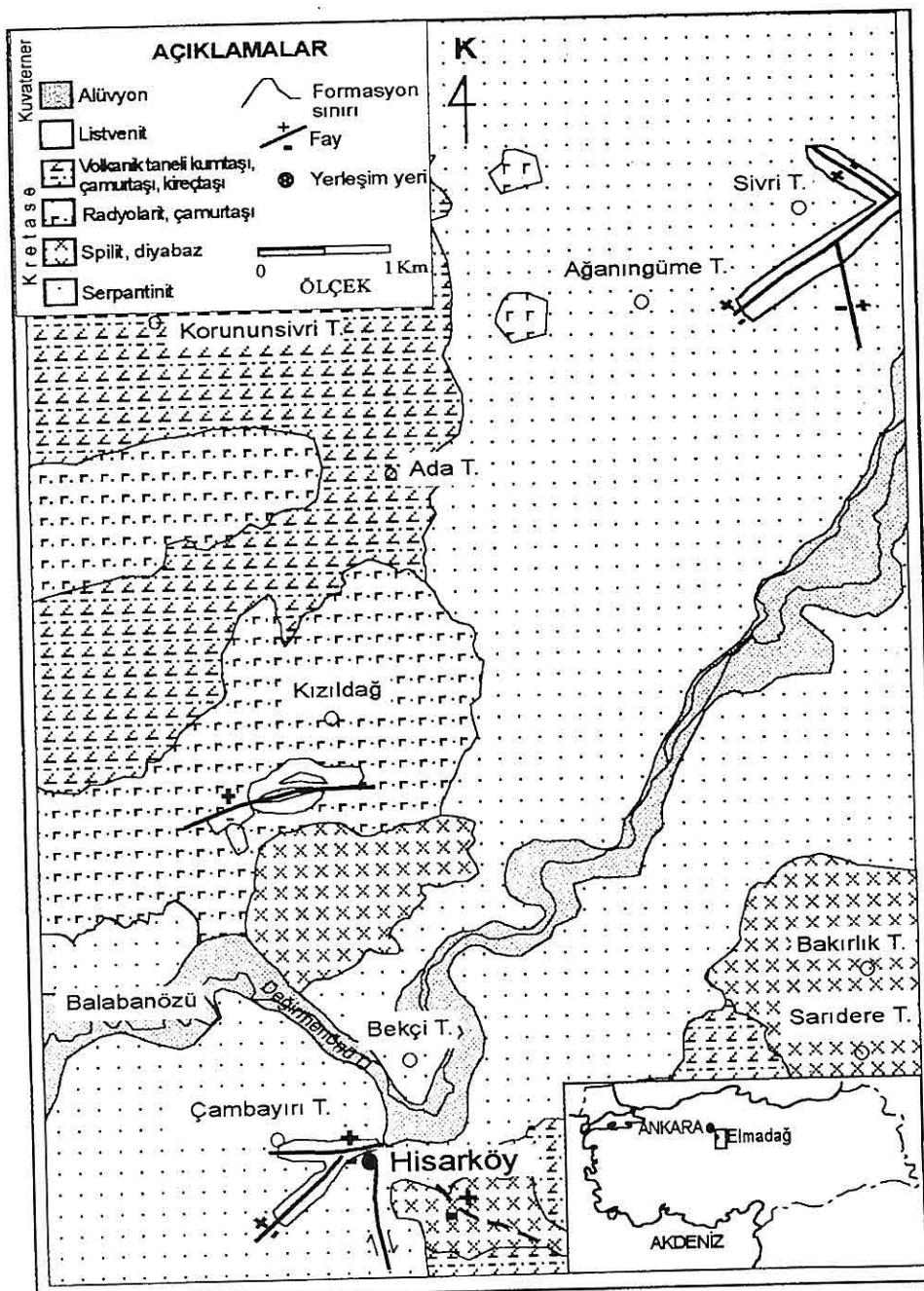
## 3. İNCELEME ALANININ JEOLOJİSİ

İnceleme alanında Üst Kretase yaşılı Hisarköy Formasyonu ile Kuvaterner yaşılı alüvyonlar yüzeylemektedir (Şekil 1 ve 2). Bölgede ayrıca serpentinitlerin alterasyonları ile oluşan listvenitler de yer almaktadır.

Hisarköy Formasyonu olarak alandırılan (Akyürek vd., 1982, 1984) birim içerisinde radyolarit, serpentinit blokları ve spilit-diyabaz dayıkları bulunduran volkanik taneli konglomera, kumtaşı ve çamurtaşısı ardalanmasından oluşmaktadır. Boz, kırmızı renkli gevşek tutturılmış ve tabakalanması belirsiz olan bu birimin bölgedeki yayılımı KD-GB yönünde uzanmaktadır. Hisarköy Formasyonunu oluşturan kayaç türlerinin Alt Kretase yaşılı Eldivan ofiyolit topluluğundan türedikleri ve Üst Kretase'de olistolit ve olistostromlar halinde taşındıkları düşünülmektedir (Akyürek ve diğ., 1982 ve 1984).

İnceleme alanında serpentinitler yaklaşık  $25-30 \text{ km}^2$ lik bir alana yayılmaktadırlar. Hisarköy çevresinde Çambayı Tepe, Bekçi Tepe ve

KAYADİBİ (ELMADAĞ-ANKARA) YÖRESİNDEKİ SERPANTİNİT VE LİSVENİTLERİNİN OPAK  
MİNERAL VE KİYMETLİ METAL İÇERİKLERİ



Şekil 1. İnceleme alanının jeoloji haritası.

M E S O Z O Y I K	K R E T A S E	Ü S T K R E T A S E	Ü S T S İ S T E M	Ü S T S İ S T E M	L İ T O L O J İ	A Ç I K L A M A L A R
				S E R İ	F O R M A S Y O N	
						Alüvyon
						Volkanik taneli konglomera, çamurtaşı, killi kireçtaşı, marn ardalanması içinde serpentinit, listvenit, radyolarit-çamurtaşı blokları ve spilit-diyabaz
						<p>Volkanik taneli konglomera çamurtaşı, killi kireçtaşı, marn</p> <p>Spilit-diyabaz</p> <p>Radyolarit-çamurtaşı</p> <p>Serpantinit</p> <p>Listvenit</p>

Şekil 2. İnceleme alanının genelleştirilmiş ölçeksiz dikme kesiti.

Ağanıngüme Tepe çevresinde görülen serpentinit ve lisvenitler Değirmenözü deresinin her iki tarafında devam etmektedir.

Serpantitler, koyu yeşil-açık yeşil-gri renklerde gözlenmiştir. Bu kayaçların içerisindeki kırık ve çatlaklar boyunca hidrotermal alterasyonlar sonucu silisleşme, killeşme, karbonatlaşma ve demiroksitleşme yaygın olarak görülmektedir. Bazı bölgelerde manyezit ve opal oluşumları belirgindir.

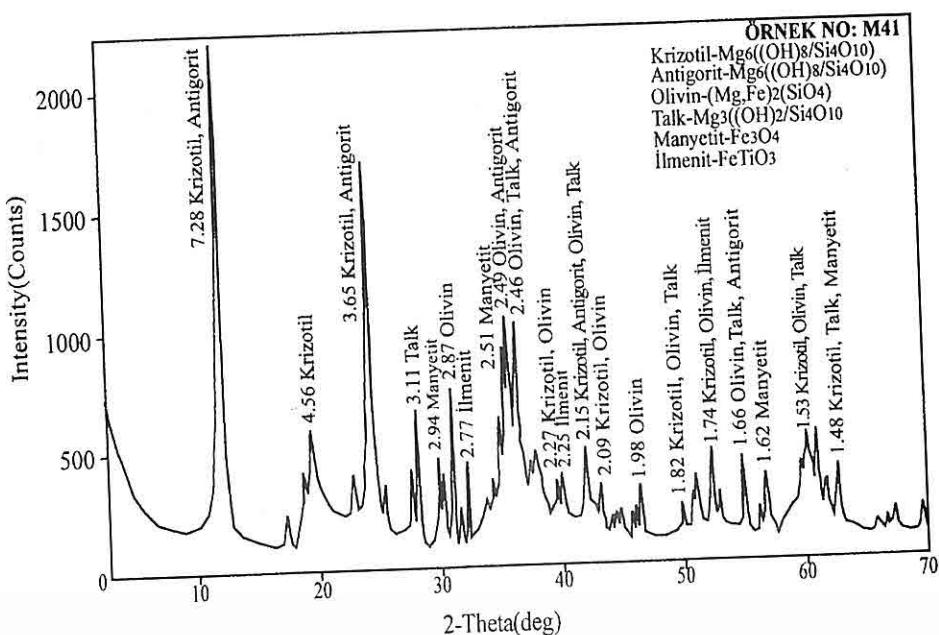
#### 4. LISTVENİTLERİN OPAK MINERAL İÇERİKLERİ

Bu araştırmmanın konusu olan lisvenitlerin opak mineral ve kıymetli metal içerikleri maden mikroskopisi incelemeleri, XRD incelemeleri (Şekil 3)

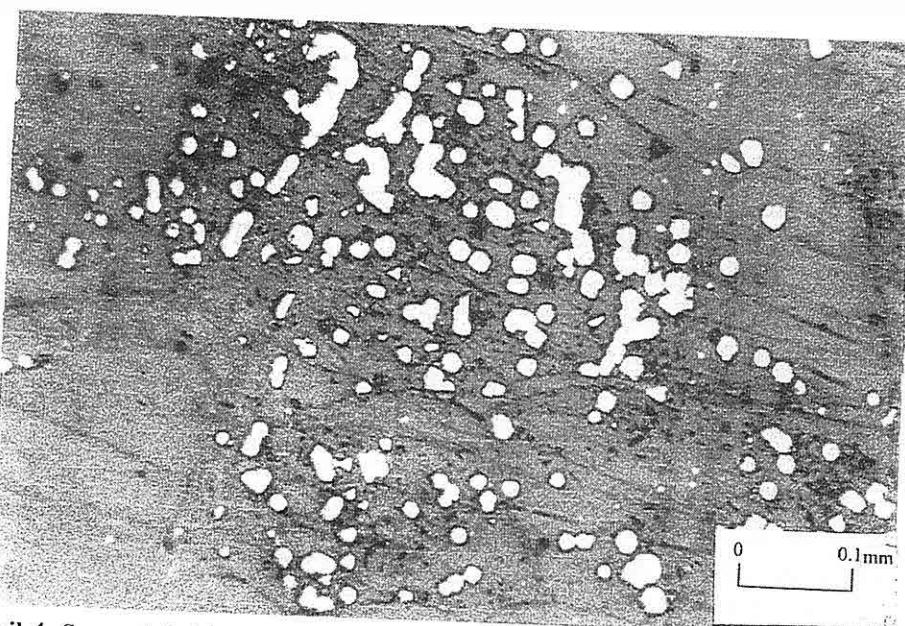
ve kimyasal analiz sonuçları ile açıklanmaya çalışılmıştır.

İnce kesitlerinde opak mineraller belirlenen serpentinit ve lisvenitlerden seçilmiş çok sayıda örneğin maden mikroskopisi incelemeleri yapılmış ve kayaçlarda manyetit, kromspinel, ilmenit, martit, lepidokrosit, götit, pirit ve kalkopirit belirlenmiştir. Bunlardan manyetit, ilmenit, martit, lepidokrosit, götit mineralleri serpentinit ve lisvenitlerde, kromspinel, pirit ve kalkopirit ise sadece lisvenitlerde gözlenmiştir.

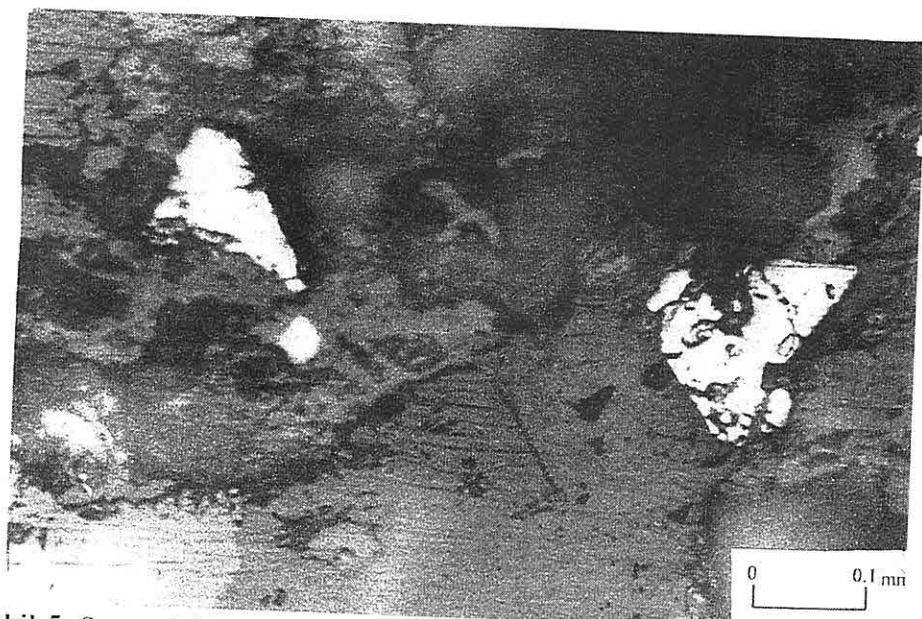
Örneklerde en fazla rastlanan mineral mikroskopta pembemsi gri renkli olarak izlenen manyetittir. Çoğu zaman altı kayaç dokusu içinde serpilmiş halde (Şekil 4) bulunan manyetitlerin büyük



Şekil 3. Serpantilere ait XRD diffraktogramı



Şekil 4. Serpentinit içinde özçekilli ve yarıözçekilli manyetit kristalleri (grimsi beyaz).  
(Manyetitlerin büyük bir bölümünün kenarları korrode olmuştur) (Parlatma  
kesiti, T.N.)

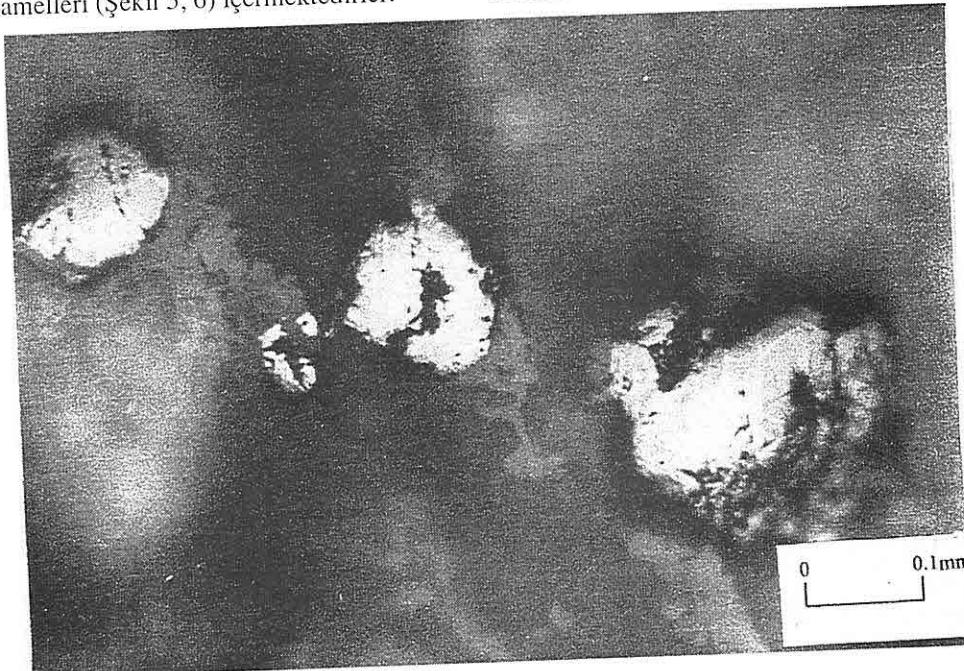


Şekil 5. Serpentinitlerdeki üçgen şekilli ve ilmenit eksolüsyon lamelleri içeren  
manyetitler (gri) (Parlatma kesiti, T.N.)

**KAYADİBİ (ELMADAĞ-ANKARA) YÖRESİNDEKİ SERPANTİNİT VE LİSVENİTLERİNİN OPAK  
MINERAL VE KİYMETLİ METAL İÇERİKLERİ**

bölümü özsekilli ve yarı özsekilli dir. Üçgen, altigen ve kare şeklindeki kesitleri izlenen manyetitler ilmenit eksolüsyon lamelleri (Şekil 5, 6) içermektedirler.

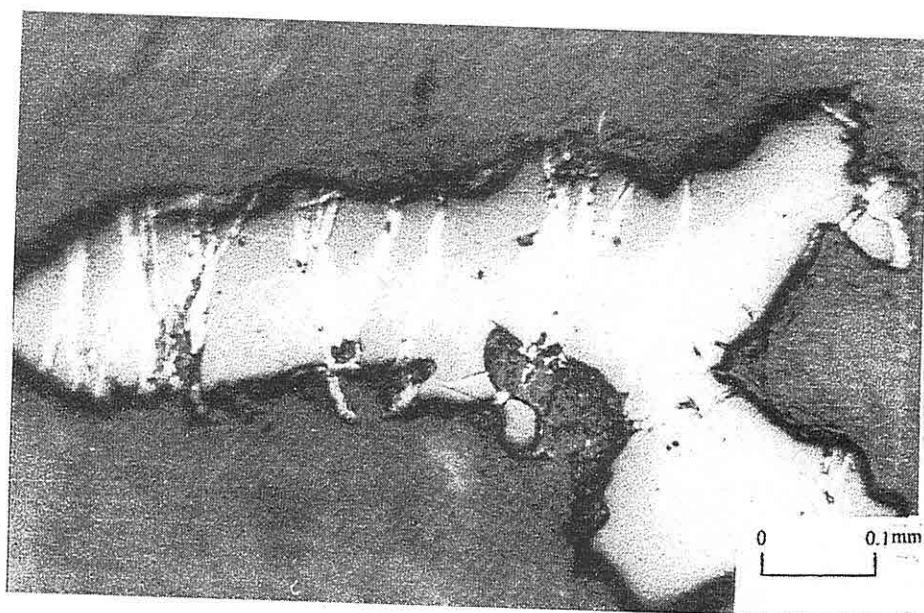
İlmenit ayrılımları manyetitin dilinimlerine uygun olarak bazen üç yönde gelişmiş olarak (Şekil 6) izlenebilmektedirler.



**Şekil 6.** Serpantinitlerin içinde ilmenit eksolüsyon lamelleri (beyaz) içeren manyetitler(gri) (Parlatma kesiti, T.N).

Manyetitin bir kısmında çatlaklardan itibaren gelişen martitleşmelere de rastlanılmaktadır (Şekil 7). Bazı örneklerde çeşitli doğrultularda sıralanmış manyetit taneleri şeritler oluşturmaktadır. Bu şeritler alterasyon sonucu oluşturduğu anlaşılan gang mineralerinin meydana getirdiği damarcıklar tarafından yer yer kesilmektedir (Şekil 8). Manyetit taneleri özellikle listvenit örneklerinde kenar ve çatlaklardan itibaren ornatıldığı ve yerlerinin kalsit ya da kuvars minerallerince alındığı belirlenmiştir (Şekil 9).

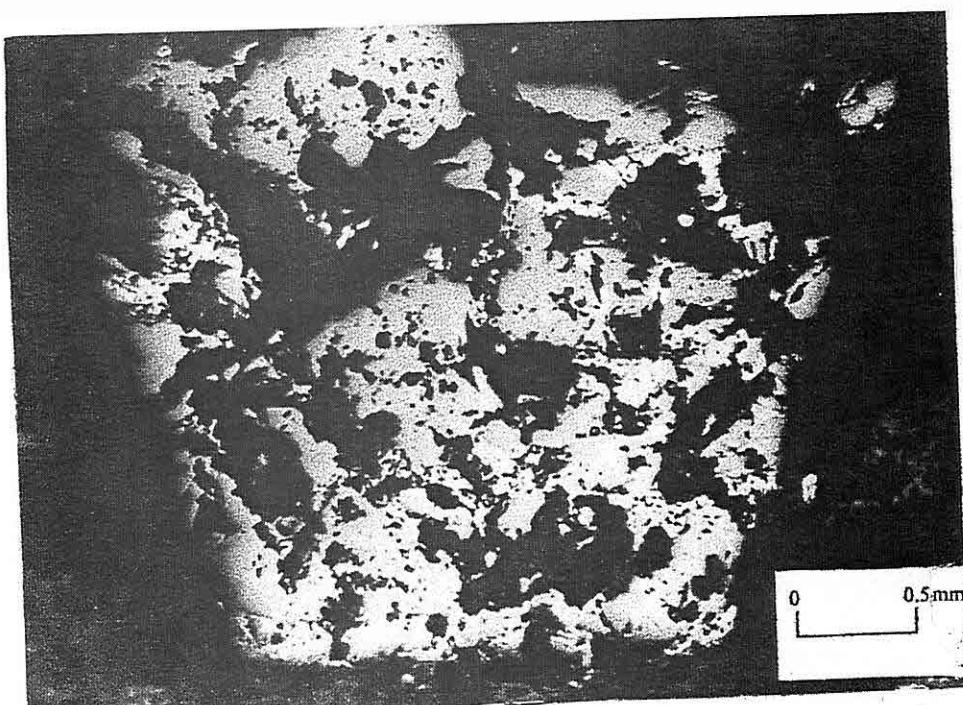
Bazı örneklerde çok az miktarda olmak üzere manyetitlere eşlik eden kromspinellere rastlanılmıştır. Şekil 10 ve 11'de görüldüğü üzere kromspineller pembemsi gri olan manyetitlerden farklı bir gri renk göstermekte olup, manyetit gibi ilmenit eksolüsyon lamellerini içermektedir. Kromit genel olarak homojendir ve başka mineralerle çok az büyümeye gösterir. Ramdohr (1980) de kromitin günlenme veya hidrotermal etkilerle kenarlarından bozunmaya uğrayarak renginin değiştiğini ve dönüştüğünü, bu dönüşümün sonucunda



Şekil 7. Serpantitlerde çatlaklarından itibaren martitleşmiş (beyaz) manyetit (gri) (Parlatma kesiti, T.N.)



Şekil 8. Listvenitlerde küçük bir bant oluşturan manyetiti (siyah) kesen ince gang (sarimsı beyaz) damareği (Parlatma kesiti, Ç.N.).



Şekil 9. Aşırı derecede hidrotermal alterasyona uğramış özçekilli manyetit (gri)  
(beyaz kesimler martitleşme) (Parlatma kesiti, T.N.)

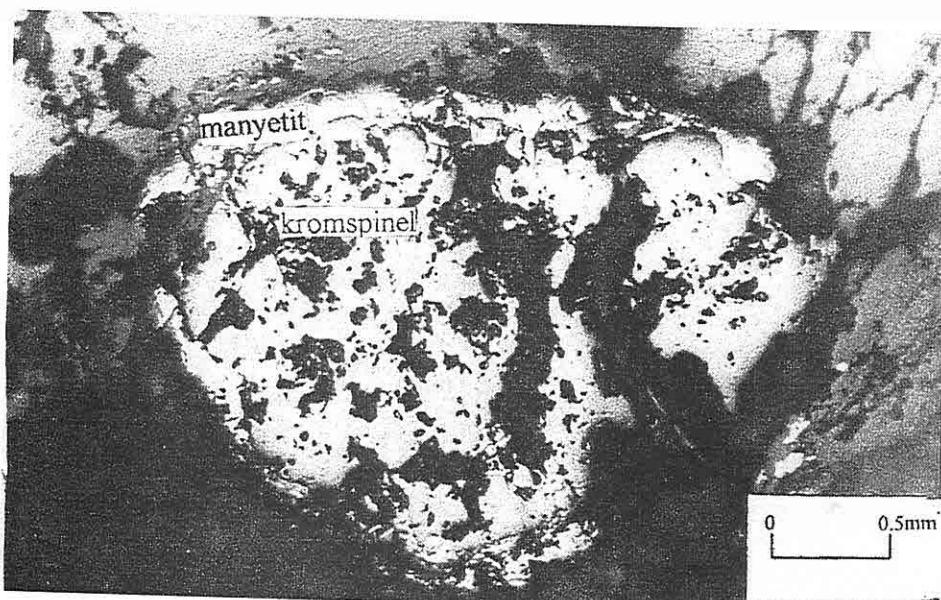
çok açık bir şekilde kromspinel oluştuğunu, ayrıca bazen de kromitin dıştan itibaren martitleştiğini belirtmiştir.

Listvenitlerde çok az da olsa pirit ve kalkopirit görülmesi sülfidik hidrotermal etkiyi açıklaması açısından önemlidir. Piritler yarıözçekilli ve özçekilsiz, kalkopiritler ise özçekilsiz olarak bulunmaktadır (Şekil 12, 13).

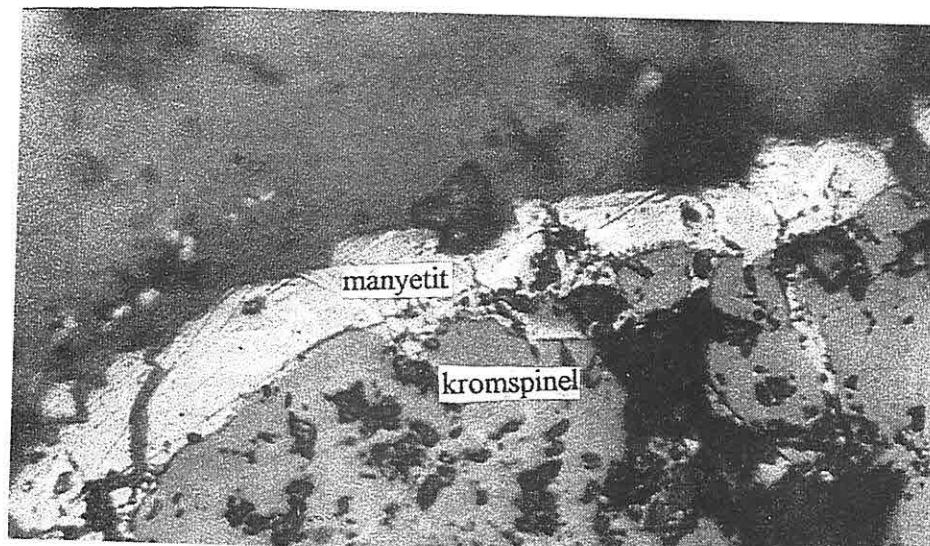
Alterasyon geçiren serpantinitlerde gözlenen çok ince damarcıklar halindeki lepidokrositler (Şekil 14) ve yer yer iç yansımaya göstermeyen kriptokristalın götitler belirlenebilen demirhidroksitlerdir.

## 5. LİSVENİTLERİN KİYMETLİ METAL İÇERİKLERİ

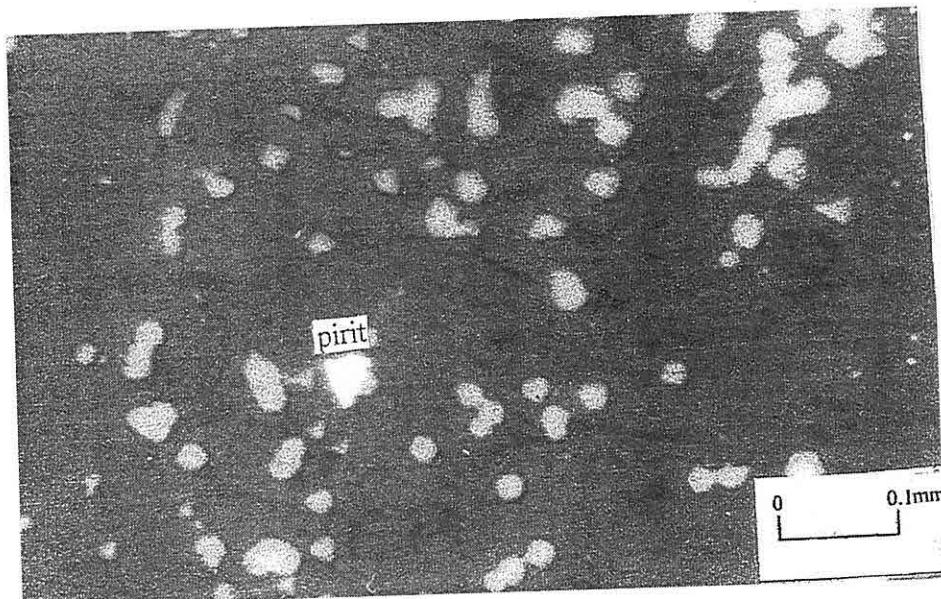
İnceleme alanına ait serpantinit ve listvenitlerin Ag, Au, Pt ve Pd içerikleri Çizelge 1'de gösterilmiştir. Ayrıca daha önce benzer çalışmalar yapan araştırmılardan alınan ultramafik kayaçlara ait ortalama değerler Çizelge 2'de verilmiştir. Dünyanın değişik yerlerini temsil eden bu değerler serpantinitlerin ortalaması olarak kabul edilmiştir. Buna göre Co ve Ni miktarları serpantinitlerde ya ortalamaya (Çizelge 2) yakın ya da daha düşük değerler vermiş ve bu elementler listvenitleşme ile daha da



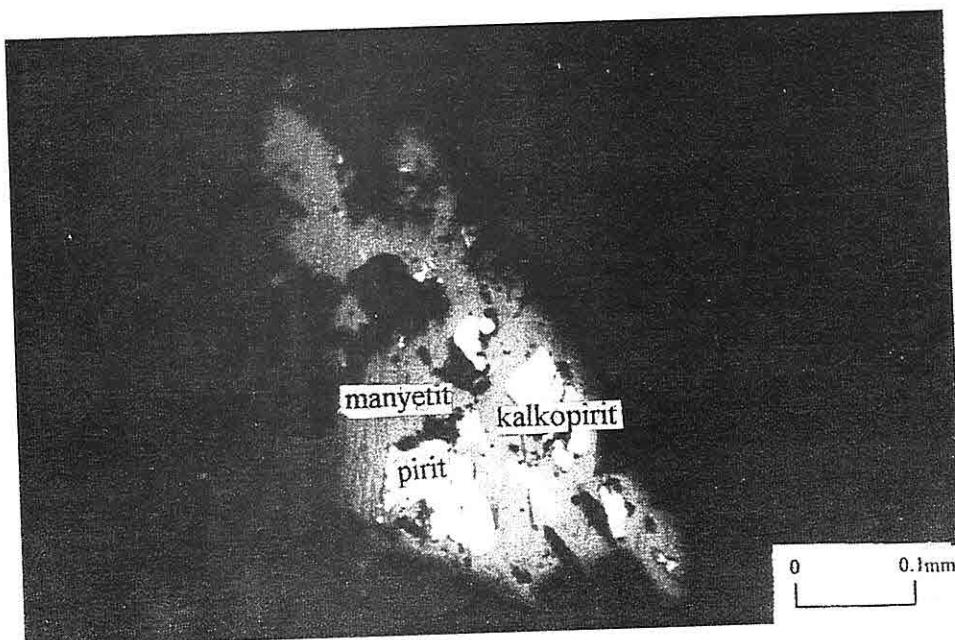
**Şekil 10.** Serpentinitlerde ilmenit eksolüsyon lamelleri içeren kromspinel (gri) ve etrafında beyazımsı gri tonda yine ilmenit lamelleri içeren manyetit (Parlatma kesiti, T.N.)



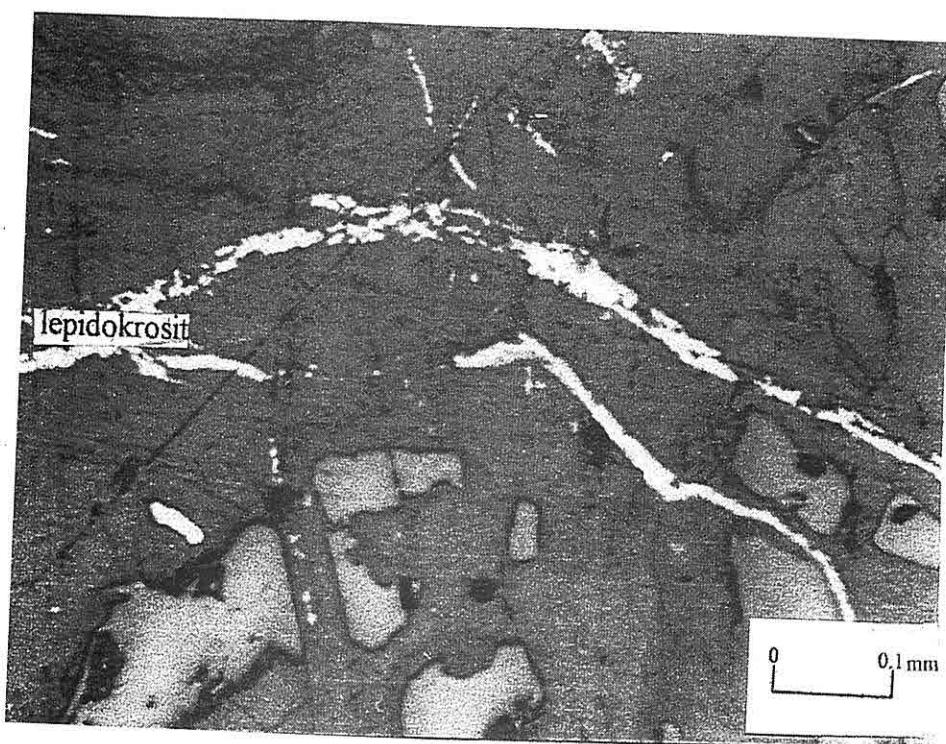
**Şekil 11.** Serpentinitlerde ilmenit eksolüsyon lamelleri içeren kromspinel (gri) ve etrafında beyazımsı gri tonda yine ilmenit lamelleri içeren manyetit (Özellikle manyetitlerdeki ilmenit lamelleri daha belirgin halde) (Parlatma kesiti, T.N.)



Şekil 12. Altere serpentinitlerde saçılmış manyetitler (gri) arasında izlenen pirit tanesi  
(üçgen, beyazımsı sarı) (Parlatma kesiti, T.N)



Şekil 13. Altere serpentinitlerdeki manyetit (gri) içinde yer alan pirit (beyazımsı sarı)  
ve kalkopirit (sarı) taneleri (Parlatma kesiti, T.N.)



**Şekil 14.** Altere serpentinitlerde lepidokrosit damarcıkları (beyazımsı gri) (Parlatma kesiti, T.N.)

azalma göstermişlerdir.

Karbonat listvenitlerinde ortalama değerler Co için 44.01 ppm, Ni için 937.25 ppm; silika-karbonat listvenitlerinde Co için 57.98 ppm, Ni için 1317.71 ppm olarak belirlenmiştir (Çizelge 3).

Ag, Au, Pt ve Pd'un Çizelge 2'de görülen değerleri de serpentinitlerde ve listvenitlerde benzer bir dağılım göstermektedir. Alterasyon sonucunda bu elementler için önemli sayılabilecek bir değişiklik olmadığı izlenmektedir. Örneğin serpentinit ve listvenitlerde Ag için 0.30 ppm'den küçük ve Au için 0.01

ppm'den küçük çıkan değerler bunu açıklamaktadır. Önceki çalışmalarda görülen Ag ve Au ortalamalarına göre herhangi bir zenginleşme olmadığı söylenebilir. Aynı şekilde 0.02-0.04 ppm'lik değerler veren birkaç örnek haricinde Pt ve Pd'un miktarları serpentinit ve listvenitlerde benzerlik göstermektedir. Ultramafik kayaçlardaki Pd ortalaması 0.013 ppm, Pt ortalaması 0.032 ppm'dir. Buna göre, inceleme konusu yapılan kayaçların bazı örneklerinde (örneğin M53) çok az bir zenginleşme olduğu izlenmektedir.

*KAYADİBİ (ELMADAĞ-ANKARA) YÖRESİNDEKİ SERPANTİNİT VE LİSVENİTLERİNİN OPAK  
MINERAL VE KİYMETLİ METAL İÇERİKLERİ*

**Çizelge 1.** İnceleme alanındaki kayaçlara ait Ag, Au, Pt ve Pd içerikleri.

ÖRNEK NO	KAYAÇ ADI	Ag(ppm)	Au(ppm)	Pt(ppm)	Pd(ppm)
M6	Serpantinit	<0.30	<0.01	<0.01	<0.01
M9	Silika-Karbonat Listveniti	<0.30	<0.01	<0.01	0.03
M27	Serpantinit	<0.30	<0.01	<0.01	<0.01
M29	Serpantinit	<0.30	<0.01	0.02	<0.01
M34	Karbonat Listveniti	<0.30	<0.01	<0.01	0.03
M40	Serpantinit	<0.30	<0.01	<0.01	<0.01
M41	Serpantinit	<0.30	<0.01	<0.01	0.03
M42	Silika-Karbonat Listveniti	0.30	<0.01	<0.01	<0.01
M44	Silika-Karbonat Listveniti	<0.30	0.03	0.02	0.02
M49	Silika-Karbonat Listveniti	<0.30	<0.01	<0.01	0.02
M53	Silika-Karbonat Listveniti	<0.30	<0.01	0.02	0.04
M55	Silika-Karbonat Listveniti	<0.30	<0.01	0.02	0.03
M60	Silika-Karbonat Listveniti	<0.30	<0.01	<0.01	0.01
M62	Silika-Karbonat Listveniti	<0.30	0.86	<0.01	<0.01

**Çizelge 2.** Ultramafik kayaçlardaki bazı kıymetli metal içerikleri.

	Co (ppm)	Ni (ppm)	Ag (ppm)	Au (ppm)	Pd (ppm)	Pt(ppm)
Goles (1967)	110	1500	-	-	-	-
Buisson ve Leblanc (1986)	-	-	-	5	-	-
Bürküt (1986)	200	1200	0.3	0.1	-	-
Krauskopf (1989)	200	2000	-	-	-	-
Schroll (1974)	-	2000	-	-	0.012	-
Rose A.W. vd (1979)	110	2000	0.06	0.0032	0.013	0.032

## 6. SONUÇLAR

İnceleme alanında yüzeyleyen serpentinit ve lisvenitlerin maden mikroskopik incelemelerinde kayaçlarda saçılımış olarak manyetit, kromspinel, ilmenit, martit, lepidokrosit, götit, pirit ve kalkopirit gibi opak mineraller belirlenmiştir. Bunlardan kromspinel, pirit

**Çizelge 3.** İnceleme alanındaki lisvenitlere ait Ni ve Co miktarları (S.S.: Standart sapma, o, Ort.: Ortalama, D.A.: Değişim aralığı).

	Karbonat Listvenitleri							
	M24	M25	M28	M34	M36	M37	M65	M66
Ni (ppm)	1105.00	1763.00	2122.00	720.00	425.00	434.00	488.00	441.00
Co (ppm)	64.70	76.90	110.40	40.60	23.30	21.40	8.00	6.80
Karbonat Listvenitleri								
	S.S.	Ort.	D.A.					
Ni (ppm)	668.11	937.25	2122.00-425.00					
Co (ppm)	36.94	44.01	110.40-6.80					
Silika-Karbonat Listvenitleri								
	M9	M31	M33	M38	M42	M44	M45	M49
Ni (ppm)	1770.00	872.00	1044.00	418.00	458.00	1574.00	890.00	2033.00
Co (ppm)	81.10	40.20	45.60	11.00	3.70	83.80	28.10	101.50
Silika-Karbonat Listvenitleri								
	S.S.	Ort.	D.A.					
Ni (ppm)	706.41	1317.71	3116.00-418.00					
Co (ppm)	31.68	57.98	103.10-3.70					

ve kalkopirit sadece lisvenitlerde gözlenirken diğer mineraller her iki tip kayaçta da bulunmaktadır.

Kayaçlarda izlenen pirit ve kalkopirit mineralleri sülfidik hidrotermal etkiyi açıklamaktadır. Ayrıca mikroskopta gözlenen kromspinel dönüşümleri de yine hidrotermal etkileri işaret etmektedir.

Saha gözlemleri, mikroskop incelemeleri, mineral parajenezi ve bunların yapı-doku özellikleri serpantinitlerin kırık sistemlerinden itibaren gelişen hidrotermal alterasyonlar sonucunda ortaya çıkan listvenitleşmeleri desteklemektedir.

Listvenitleşmeler genel anlamda ultramafik kayaçların hidrotermal alterasyonu sonucunda oluştuğuna göre, bugadaki Au, Ag, Pt, Co ve Ni gibi

kıymetli metallerin zenginleşmesi de kayaç içindeki opak ve silikat minerallerinin alterasyonuna bağlı olmalıdır. Bu konuda pek çok araştırma yapılmış olup, örnek olarak Zhelebov (1972), Buisson ve Leblanc (1986), Earhart (1990), Tüysüz (1991), Genç (1992), Boztuğ ve diğ. (1994), Reçber (1995), Koç ve Kadıoğlu (1996) ve Uçurum (2000) tarafından yapılan çalışmalar verilebilir.

İnceleme alnındaki listvenitlerde olabileceği düşünülen Au, Ag, Pd, Pt, Co ve Ni gibi kıymetli metallerde önemli bir zenginleşme izlenmemekle birlikte Pt ve Pd'un bazı örneklerde az da olsa bir zenginleşme eğilimi gösterdiği belirlenmiştir.

## 6. KATKI BELİRTME

Bu makale Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Müdürlüğü tarafından desteklenen 20010705051 kod nolu ve "Elmadağ-Kızılırmak arasında kalan bölgede Ankara Melanjına ait ultrabaziklerin hidrotermal alterasyon ve kıymetli metal içerikleri" adlı projenin bir bölümünü teşkil etmektedir. Yazarlar projeyi destekleyen Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Müdürlüğü'ne teşekkür ederler.

## 7. KAYNAKLAR

- Akyürek, B., Bilginer, E., Akbaş, B., Hepşen, N., Pehlivan, Ş., Sunu, O., Soysal, Y., Dağer, Z., Çatal, E., Sözeri, B., Yıldırım, H. ve Hakyemez, Y., 1982. Ankara Elmadağ-Kalecik dolayının jeolojisi: MTA Enst., Derleme No. 7298 (yayınlanmamış).
- Akyürek, B., Bilginer, E., Akbaş, B., Hepşen, N., Pehlivan, Ş., Sunu, O., Soysal, Y., Dağer, Z., Çatal, E., Sözeri, B., Yıldırım, H. ve Hakyemez, Y., 1984, Ankara Elmadağ-Kalecik dolayının temel jeolojik özellikleri: Jeoloji Mühendisliği, 20, 31-46.
- Boztuğ, D., Larson, L. T., Yılmaz, S., Uçurum, A., and Öztürk, A., 1994. Geological setting, mineralogy and precious metal content of the liswaenitic rocks in the Alacahan region. SE Sivas, CE Anatolia. Turkey 15th year symposium of Faculty of Engineering and Architecture. April, 4-7 1994 Adana. Turkey J. of Faculty of Engineering and Architecture, Çukurova University Special Issue: 163-177.
- Buisson, G., Leblanc, M., 1986. Gold bearing listwaenites (carbonatized ultramafic rocks) in ophiolite complexes, in galepher. Metallogeni of basic and ultrabazic rocks, London Inst. Mining Metal Energy, 121-131.
- Bürküt, Y., 1975. Uygulamalı Jeokimya İTÜ Matbaası Gümüşsoyu-1975. T.C. İTÜ Kütüphanesi Sayı:1021, 236 p.
- Earhart, R. L., 1990. A guide to conceptual models of epitermal precious metal deposits applicable to gold exploration in Türkiye M.N.A.B.M projesi.
- Genç, Y., 1992. Mineralogisch-petrographische, geologische und geochemische untersuchug des quechksilervorkommens von Narman-Erzurum (Turkei). Heidelberg Geowissenschaftliche Abhandlungen. Bansd 54, 239 p.
- Goles, G. C., 1967. Trace elements in ultramafic rocks in ultramafic and related rocks. Wyllie, P. J. (ed). Newyork: Wiley, pp.222-238.
- Koç, Ş. and Kadıoğlu, Y. K., 1996. Mineralogy, geochemistry and precious metal content of Karacakaya (Yunusemre-Eskişehir) liswaenites. Ofioliti, 21(12): 125-130.
- Koç Ş., Sönmez, M., Doğan, U., 2003. Elmadağ-Kızılırmak arasında kalan bölgede Ankara Melanjına ait hidrotermal alterasyon ve kıymetli metal içerikleri. A.Ü. Bilimsel Araştırmalar Proje Müdürlüğü Projesi, No. 20010705051, Ankara.
- Krauskopf, K.B., 1989. Introduction to Geochemistry. Second Edition. McGraw-Hill Book Company.

- Ramdohr, P., 1980. *The ore minerals and their intergrowths*; Sec. Ed., V-1, 2., Pergamon Press, Oxford, 1207 pp.
- Reçber, A., 1995. *Yunusemre Eskişehir listvenitlerinin jeolojisi ve jeokimyastı*, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- Rose, A.W., Hawkes, H.E., and Webb, J.S., 1979. *Geochemistry in Mineral Exploration* Academic Press Inc., New York, 657 p.
- Schroll, E., 1974. *Analytische Geochemie*. Ferdinand Enke Verlag, 7000. Stuttgart 1, Hasenbergsteige 3, POB 1304, 292 p.
- Sönmez, M., 2002. *Elmadağ-Kayadibi civarındaki listvenitlerin oluşumu*, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- Tüysüz, N., 1991. *Geology and geochemistry of listwaenite and gold occurrences in Kağızman-Kars region* Doktora tezi, (Eastern-Turkey) ODTÜ.
- Uçurum, A., 2000. *Listwaenites in Turkey: Perspectives on formation and precious metals concentration with reference to occurrences in East-Central Anatolia*. Ofioliti, 2000, 25 (1), 15-29.
- Zhelobov, P., 1972. *Alpine-type hyperbasite rocks as a probable source of gold*. International Geology Review. V.23. No:3.

**MAŞATDAĞI (ALANYA – ANTALYA) DİYASPORİTİK BOKSİTLERİNİN  
DÖRT ANABİLEŞEN JEOKİMYASI**

**M. Muzaffer KARADAĞ, Sedat TEMUR, Fetullah ARIK, Alican ÖZTÜRK**  
*S.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya/Türkiye*

**ÖZET:** Maşatdağı (Alanya – Antalya) yöresinde alita metamorfize pelitik ve semi-pelitik kayaçlarla başlayan istif üsté doğru karbonatlı kayaçlara geçiş göstermektedir. Alita bulunan Cebireis formasyonunun (Üst Permian) üzerine uyumlu olarak Asmaca formasyonuna (Alt Triyas) ait birimler gelmektedir. Yöredeki diyasporitik boksit yatakları bu birimlerin içinde ve daha çok geçiş zonunda yer almaktadır.

Boksitler % 58,82  $Al_2O_3$ , % 18,99,  $Fe_2O_3$  % 7,93  $SiO_2$  ve % 3,45  $TiO_2$  içermektedir. Ateş zayıflığı (AZ) oranı ortalama % 8,07, ortalama modül ise 7,42'dir. Uygulanan student t testlerinde de örnek aritmetik ortalamaları % 5 hata payı ile gerçek değerler çıkmaktadır. Yapılan sınıflandırma işlemleri sonucunda medyanların (geometrik ortalama)  $Al_2O_3$  için % 56,  $Fe_2O_3$  için % 15,  $SiO_2$  için % 6,  $TiO_2$  için de % 4 değerleri bulunmakta, aritmetik ortalamaya çok yakın olan bu değerler, örneklerin normal dağılıma uyduğunu göstermektedir.

Boksitlerin ana oksit bileşimini temsil eden  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$  ve  $TiO_2$  değerlerine göre hazırlanan 4 üçgen diyagramda noktalar çok geniş alanlarda yayılmış göstermektedir. Genel olarak boksit, çok az oranda da demirli boksit ve killi boksit özelliği göstermektedir. Hemen bütün ölçümler yüksek titanlı boksit değerleri vermektedir. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-AZ, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-AZ ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-AZ diyagramında karbonat-boksitlerle silikat-boksitler kışmen farklı alanları temsil edecek şekilde ayrılabilme能力和 Maşatdağı boksitleri her zaman karbonat-boksit alanına düşmektedir.

**FOUR MAIN COMPONENT GEOCHEMISTRY OF THE MAŞATDAĞI  
(ALANYA – ANTALYA) DIASPORITIC BAUXITES**

**ABSTRACT:** In the Maşatdağı (Alanya – Antalya) district, there is a metamorphosed sequence which comprises of semi-pelitic rocks at the bottom and carbonates toward the top. The Asmaca formation (Lower Triassic) rests conformably on the Cebireis formation (Upper Permian). Diasporitic ore deposits this area occur in these formations, mainly within the transition zone.

Bauxites are composed of  $Al_2O_3$  (58.82 %),  $Fe_2O_3$ , (18.99 %),  $SiO_2$  (7.93 %) and  $TiO_2$  (3.45 %). The average of the ignition is 8.02 % and average module is 7.42 %. On the applied student – t test, the means of samples values close to the real with 95 % of confidence level. Median for  $Al_2O_3$  is found to be 56 %, for  $Fe_2O_3$  to be 15 %, for

$SiO_2$  to be % 6 and for  $TiO_2$  to be % 4. These values which are so close to means show that the distribution is normal.

On the ternary diagrams drawn by using the main oxide component of the bauxites, samples spread in a wide area, and in general they shows mainly the characteristics of iron bearing bausite and clayey bauxite. Almost all measurement give values of high titanium bearing bauxite.

On the  $Al_2O_3 - Fe_2O_3 - LOI$ ,  $Al_2O_3 - SiO_2 - LOI$  and  $Fe_2O_3 - SiO_2 - LOI$  diagrams, carbonate bauxite can be partially differentiated from silica-bauxite. The Maşatdağı bauxite were always failed into the carbonate-bauxite on the above-mentioned diagrams.

## 1. GİRİŞ

İnceleme alanı Alanya'nın 15 km kadar kuzeydoğusunda, Mahmutseydi Köyü ile Asmaca Köyü'nün arasında yer almaktadır. Mahmutseydi'ye bağlı Maşat, Bocca ve Büklü mahallelerini içinde bulunduran inceleme alanı yaklaşık 10  $km^2$ 'lik' dar bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1).

Bu çalışmanın amacı, yöredeki diyasporitik boksit yataklarının ana oksit bileşenlerinin dağılımları yardımıyla veri analizi parametrelerini belirlemek ve dünya boksit yatakları ile karşılaştırmaktır. Bunu için Maşatdağı diyasporitik boksit yataklarını temsil edecek şekilde bütün bloklardan 225 adet rasgele parça numune derlenerek ana oksit bileşimi ( $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$  ve  $TiO_2$ ) ile ateş zayıti (AZ) ve modül verileri değerlendirilmiştir. Böylece hem boksitlerin ana bileşimi yorumlanarak benzer yataklarla karşılaştırılmış, hem de iz elementlerin ana bileşimlerle değişimleri araştırılmıştır.

Yöredeki boksitlerden rastgele örnekleme yoluyla derlenen numunelerin ana oksit konsantrasyonları Etibank Seydişehir Alüminyum İşletmeleri

Genel Müdürlüğü, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü ve Kanada – Acme laboratuvarlarında X-Ray Flouresans (XRF) yöntemiyle analiz edilmiştir. Uygulanan veri analizi yöntemlerinin tamamında % 5 hata payı sınır kabul edilerek anlamlılık testleri yorumlanmıştır.

Yöredeki boksit yatakları ilk kez Barutoğlu (1938) tarafından ele alınmıştır. Bunu Arni (1940), Arni (1941), Blumenthal (1941), Blumenthal (1951), Egger (1959), Wippern (1962) tarafından yapılan çalışmalar izlemiştir. Boksitlerin oluşumunu Karbonifer yaşılı sistlerin yüzey alterasyonu ile türeyen malzemenin karbonatların üzerindeki çukurluklara taşınarak depolandığı şeklinde yorumlayan Peyronnet (1967 ve 1971) buna delil olarak boksitlerdeki klorit, kloritoïd, serisit, ilmenit, disten, profillit, rutil, turmalin, zirkon parajenezini ve Sn, Ti, Ga elementlerinin dağılımını göstermiştir. Etibank (1976) ve Orhon (1978) çalışmalarında da boksitler için benzer oluşum modeli savunulurken arama çalışmalarının sonucu olarak %  $Al_2O_3$ , %  $Fe_2O_3$ , %  $SiO_2$  ve %  $TiO_2$  ortalamaları vermişlerdir.

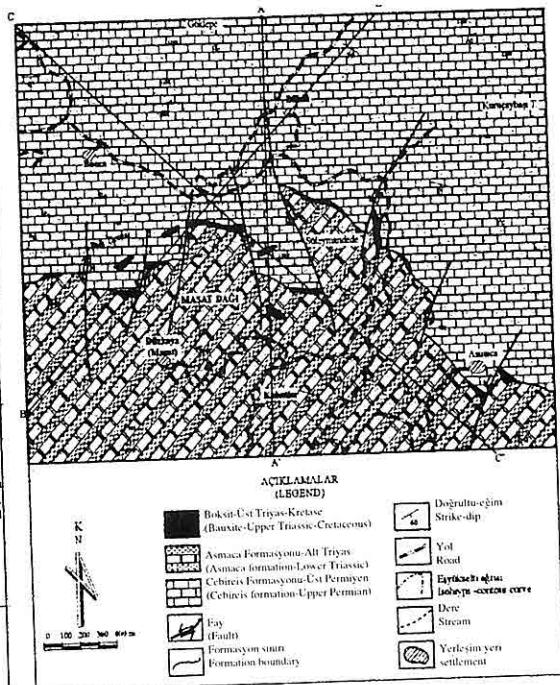
## MAŞATDAĞI (ALANYA – ANTALYA) DİYASPORİTİK BOKSİTLERİNİN DÖRT ANABİLEŞEN JEOKİMYASI

### 2. JEOLOJİK KONUM

İnceleme alanında Alanya Birliği'nin üst kesimini meydana getiren Yumrudağ Grubu'na ait birimler yüzeylemektedir. Bu birimler, alta Üst Permiyen yaşlı Cebireis formasyonu ve bununla uyumlu Alt Triyas yaşlı Asmaca formasyonu olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2). Cebireis formasyonu kalın bir karbonat istifi şeklinde ortaya çıkmakta, yer yer şist ve kuvarsitlerle ardalanmaktadır. Asmaca formasyonu ise kristalize kireçtaşları ve kuvarsit araseviyeli kloritşist, muskovitşist, kalkşist ve kloritoyidistlerden meydana gelmektedir. Yöredeki boksitler Geç Triyas ile Geç Kretase arasında oluşmuş ve karbonatlı kayaçların yüzey (dolin, polje, çukur vs)



**Şekil 1.** İnceleme alanının yerbuluduru haritası.



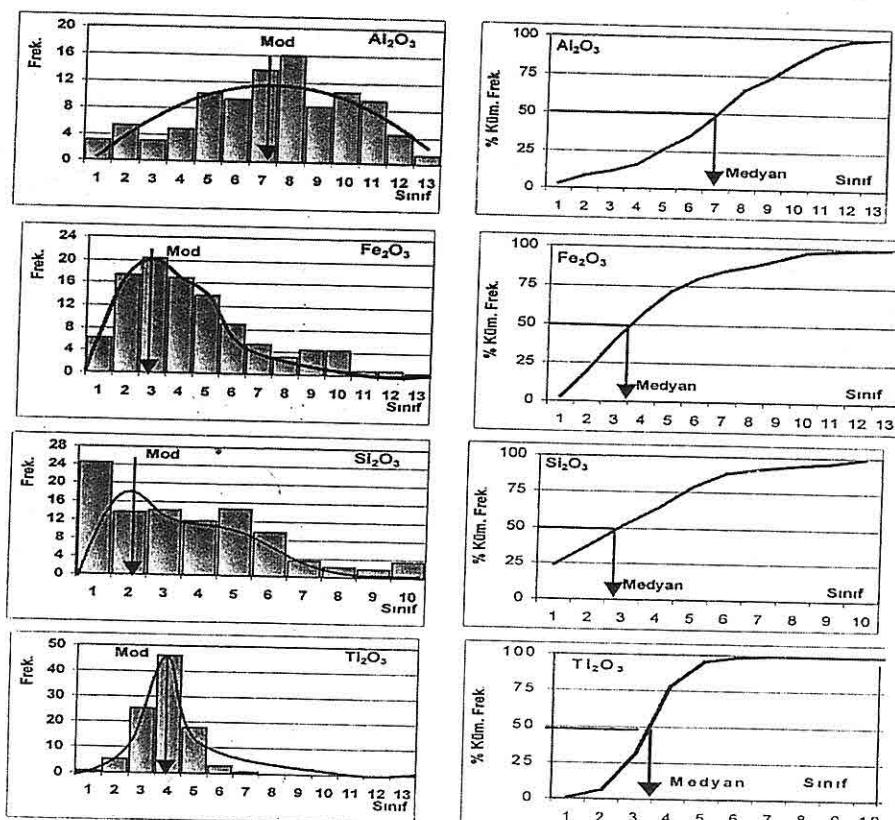
**Şekil 2.** İnceleme alanının stratigrafik dikme kesiti ve jeolojik haritası.

ve intra-karstik boşluklarını dolduran oluşumlar olarak yorumlanmaktadır.

Alanya'nın kuzey kesiminde çok sayıda boksit (diyasporit) zuhuru bulunmakta ve bunların yayılımı kuzeye doğru Göndoğmuş'a kadar devam etmektedir. Maşatdağı yatakları bu boksit dağılımının bir parçasıdır. Hepsinin ortak özelliği ise diaspotit olmaları ve Permo-Triyas yaşlı birimlerin içinde bulunmaktadır.

İnceleme alanında onbeşen fazla boksit mostrası bulunmaktadır. Bu mostralardan iki ya da üç bağımsız boksit kütlesinin fay ve

aşınma yüzeyi tarafından parçalanmış böülümleri şeklindedir. Mostra görünümüne göre siyah, demirli-manganlı, toprağımsı, killi olmak üzere dört cevher tipi ayrılarak tanımlanabilmektedir. Toprağımsı cevherin dışındaki boksitlerde oolitik yapılar yaygındır. Boksitler diaspotit ve killerin değişik oranlardaki karışımı ve dereceli geçişleri ile temsil edilmektedir. Boksitlerin parajenezinde diaspotit, böhmít, gibsit, korund, hematit, götit, amorf demir hidroksit, magnetit, şamozit,



Şekil 3. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> konsantrasyon verilerinin histogram ve % kümülatif frekans eğrileri ile mod ve medyan değerlerinin konumu.

*MAŞATDAĞI (ALANYA – ANTALYA) DİYASPORİTİK BOKSİTLERİNİN DÖRT  
ANABİLƏŞEN JEOKİMYASI*

**Tablo 1.** Boksitlerin ana element konsantrasyonları ile ateş zayıflığı (AZ) ve modül değerleri (%)

Sıra	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	AZ	Modül	Sıra	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	AZ	Modül
1	67,68	19,95	9,35	5,04	8,99	7,24	53	61,85	18,75	3,66	2,91	11,19	16,90
2	48,88	18,14	5,85	3,58	4,25	8,36	54	60,57	22,58	3,86	4,32	8,58	15,69
3	63,75	16,20	4,95	4,10	12,88	12,88	55	76,67	5,12	4,56	6,10	7,01	16,81
4	64,03	15,75	5,79	3,59	11,06	11,06	56	71,57	11,94	3,63	4,70	4,78	19,72
5	65,27	13,43	5,36	3,87	12,18	12,18	57	57,75	21,24	7,62	3,99	7,04	7,58
6	37,93	12,65	24,06	1,73	1,58	1,58	58	71,88	7,13	3,18	3,92	12,26	22,60
7	63,17	13,37	6,80	3,70	9,28	9,29	59	39,88	46,47	4,85	2,44	6,18	8,22
8	63,07	13,11	9,83	3,23	6,42	6,42	60	70,45	9,73	2,45	4,64	7,92	28,76
9	59,65	12,56	10,54	3,79	5,66	5,66	61	43,19	43,32	2,50	3,88	6,64	17,28
10	59,87	13,87	9,62	3,43	9,54	6,22	62	46,04	28,56	12,11	3,42	8,15	3,80
11	63,75	16,20	4,65	3,21	10,43	13,71	63	63,26	15,89	4,89	3,42	11,25	12,94
12	64,33	12,03	5,79	4,21	8,53	11,11	64	58,02	15,59	12,52	2,36	9,54	4,63
13	63,17	13,35	6,80	4,50	9,60	9,29	65	56,43	29,58	5,04	2,98	4,98	11,20
14	56,61	11,94	8,80	3,59	5,81	6,43	66	52,92	21,72	16,12	1,82	6,08	3,28
15	53,12	15,07	11,55	3,36	9,11	4,60	67	33,47	50,23	7,22	1,62	5,51	4,64
16	58,01	17,86	11,70	4,27	10,76	4,96	68	46,70	31,51	9,21	3,12	8,03	5,07
17	63,07	21,24	9,83	3,24	7,04	6,42	69	37,62	42,71	11,87	2,51	4,79	3,17
18	59,65	24,62	10,54	3,69	7,07	5,66	70	34,59	38,76	17,14	2,63	5,13	2,02
19	58,68	8,19	9,92	2,44	5,97	5,92	71	34,11	44,67	12,67	2,36	3,97	2,69
20	63,75	16,20	4,95	4,10	6,58	12,88	72	49,25	25,56	12,91	2,15	8,53	3,81
21	64,03	15,75	5,79	3,59	8,99	11,06	73	74,30	6,60	8,41	3,36	5,12	8,83
22	65,27	13,43	5,36	3,87	10,43	12,18	74	42,88	27,54	16,85	22,82	6,47	2,54
23	37,93	12,65	24,06	1,73	11,08	1,58	75	51,14	23,05	12,29	3,14	7,85	4,16
24	63,17	13,37	6,80	3,70	10,48	9,29	76	74,44	5,53	2,25	3,20	14,05	33,08
25	63,07	13,11	9,83	3,23	7,93	6,42	77	71,73	5,64	3,92	3,20	12,44	18,30
26	59,65	12,56	10,54	3,79	7,91	5,66	78	55,75	24,62	7,86	3,35	7,07	7,09
27	55,75	24,62	7,86	3,35	7,87	7,09	79	49,66	23,24	18,02	1,83	4,95	2,76
28	60,38	8,33	13,03	4,50	10,13	4,63	80	60,25	14,21	13,35	3,86	5,01	4,51
29	56,61	21,59	8,82	3,56	8,29	6,42	81	41,60	28,78	19,38	2,29	6,36	2,15
30	56,90	20,14	10,31	3,06	7,53	5,52	82	73,32	5,62	3,97	2,98	12,04	18,47
31	48,75	28,77	12,99	3,21	4,25	3,75	83	58,50	13,97	13,54	2,78	5,23	4,32
32	53,12	24,15	11,55	3,13	6,01	4,60	84	54,20	24,47	9,95	2,88	7,94	5,45
33	58,48	14,94	12,03	3,26	8,4	4,86	85	37,62	43,22	8,89	2,78	5,82	4,23
34	55,63	15,69	10,02	2,41	12,65	5,55	86	65,25	5,67	13,41	3,70	8,59	4,87
35	58,01	15,07	11,70	3,12	9,11	4,96	87	47,82	25,16	15,43	3,15	6,67	3,10
36	38,89	30,26	20,72	2,41	5,13	1,88	88	62,48	14,11	5,72	4,56	12,03	10,92
37	57,38	20,96	10,27	3,24	6,38	5,59	89	43,83	42,08	6,16	2,57	4,77	7,12
38	48,30	31,54	9,91	2,65	4,99	4,87	90	71,09	10,51	3,21	3,12	11,40	22,15
39	52,92	26,55	12,71	3,54	4,09	4,16	91	74,24	10,76	3,07	3,27	7,11	24,18
40	52,45	26,88	11,16	3,57	3,62	4,70	92	56,90	20,14	10,31	3,06	7,53	5,52
41	40,80	39,93	11,93	3,21	3,58	3,42	93	70,45	9,34	1,45	3,61	9,60	48,59
42	48,75	28,77	12,99	3,21	4,25	3,75	94	62,65	12,80	10,34	4,28	9,44	6,06
43	55,63	15,69	10,02	2,41	12,65	5,55	95	51,96	29,25	6,81	3,36	8,47	7,63
44	48,36	14,62	22,15	3,57	7,45	2,18	96	68,70	4,57	10,72	3,42	6,45	6,41
45	69,97	3,44	5,94	5,22	12,22	11,78	97	44,32	20,62	23,76	2,50	5,88	1,87
46	60,38	8,33	13,03	4,49	10,13	4,63	98	69,18	8,19	5,46	4,60	10,56	12,67
47	37,93	12,65	24,06	1,73	11,38	1,58	99	38,73	27,21	19,89	2,64	5,97	1,95
48	57,54	20,07	9,14	3,42	8,49	6,30	100	75,55	4,81	3,02	5,30	10,08	25,02
49	62,62	23,05	4,48	3,78	4,13	13,98	101	54,83	13,26	16,97	2,22	9,77	3,23
50	71,09	5,48	1,24	5,09	7,13	57,33	102	52,60	20,56	14,52	3,34	9,03	3,62
51	63,75	16,20	4,95	4,11	6,58	12,88	103	56,43	16,61	12,81	2,50	0,45	4,41
52	64,07	18,11	1,01	4,21	11,88	63,44	104	36,18	32,58	22,72	1,22	6,52	1,59

Tablo 1'in devamı.

Sıra	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	AZ	Modül	Sıra	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	AZ	Modül
105	66,56	17,27	3,77	3,99	5,89	17,66	165	53,20	18,55	15,49	3,52	8,59	3,43
106	59,14	12,16	12,70	3,42	10,17	4,66	166	65,99	4,63	11,63	3,27	10,96	5,67
107	69,18	13,35	5,07	3,64	6,24	13,64	167	72,36	3,29	8,78	3,34	8,77	8,24
108	61,21	17,86	6,38	2,71	10,76	9,59	168	50,47	25,39	11,32	2,74	8,23	4,46
109	64,03	15,75	5,79	3,59	8,99	11,06	169	68,06	2,78	12,63	3,64	11,96	5,39
110	71,66	9,57	7,16	3,69	7,31	10,01	170	62,96	14,52	8,23	3,16	10,47	7,65
111	75,20	5,56	2,09	4,80	11,32	35,98	171	58,48	14,34	12,03	3,26	8,40	4,86
112	72,04	9,83	4,28	4,30	5,68	16,83	172	69,02	7,75	7,38	3,60	9,96	9,35
113	76,67	4,27	2,01	4,84	11,23	38,14	173	64,20	15,60	10,15	3,20	5,52	6,33
114	67,75	10,13	5,64	2,57	11,17	12,01	174	72,36	5,36	11,22	2,98	5,81	6,45
115	69,82	9,06	1,65	5,52	11,19	42,32	175	64,56	12,74	6,22	1,94	9,92	10,38
116	60,57	20,36	3,78	3,20	10,73	16,02	176	56,43	17,85	12,01	3,34	8,44	4,70
117	69,82	11,64	1,76	4,50	11,73	39,67	177	78,66	4,59	3,67	4,36	6,48	21,43
118	37,82	43,66	7,93	2,50	6,60	4,77	178	73,48	3,46	9,68	5,00	4,86	7,59
119	73,32	7,85	1,29	4,12	10,34	56,84	179	80,02	2,69	5,56	3,42	6,90	14,39
120	62,48	23,69	2,42	2,91	7,19	25,82	180	56,79	20,98	10,56	2,78	8,49	5,38
121	50,21	4,53	23,91	4,21	8,29	2,10	181	36,66	46,96	6,11	1,75	5,20	6,00
122	61,37	14,50	5,83	3,12	12,19	10,53	182	60,25	6,63	8,87	3,27	11,03	6,79
123	65,27	13,43	5,36	3,87	10,43	12,18	183	43,99	19,61	23,04	2,55	8,42	1,91
124	68,86	9,73	3,32	4,50	11,38	20,74	184	63,44	6,75	11,11	3,85	12,02	5,71
125	63,07	13,11	9,83	3,23	7,03	6,42	185	76,00	12,00	1,50	4,90	4,65	50,67
126	56,75	17,92	13,39	3,70	5,30	4,24	186	18,20	58,05	14,00	0,45	2,55	1,30
127	54,59	15,53	13,14	3,12	10,50	4,15	187	19,40	49,60	24,80	1,35	10,80	0,78
128	48,78	14,80	12,66	3,06	6,91	3,85	188	77,00	7,80	0,40	4,35	6,45	192,50
129	76,19	7,11	3,63	4,42	4,38	20,99	189	58,10	28,60	2,10	3,50	4,35	27,67
130	60,33	5,01	11,35	3,91	7,55	5,32	190	65,80	22,80	1,90	4,90	7,25	34,63
131	51,33	20,77	12,89	4,08	10,39	3,98	191	48,70	17,60	21,20	2,40	3,65	2,30
132	69,58	6,78	6,73	4,27	10,31	10,34	192	68,85	22,20	0,50	4,30	8,30	137,70
133	59,65	12,02	10,54	3,79	7,91	5,66	193	82,10	3,80	0,20	4,60	9,65	410,50
134	50,50	35,20	1,40	2,75	9,80	36,07	194	54,60	31,00	0,70	4,00	9,40	78,00
135	51,25	34,60	0,10	2,60	10,00	512,50	195	57,90	17,40	10,40	3,30	9,25	5,57
136	31,60	57,20	2,10	2,00	7,15	15,05	196	53,00	32,60	2,20	2,70	9,85	24,09
137	71,40	10,80	0,40	4,05	13,90	178,50	197	60,40	16,40	10,30	2,90	10,50	5,86
138	76,00	5,00	0,10	4,20	14,10	760,00	198	59,20	27,00	0,50	2,90	7,20	118,40
139	54,80	20,30	13,20	3,20	7,75	4,15	199	44,90	32,40	12,40	2,25	10,60	3,62
140	64,80	19,60	2,90	3,40	9,55	22,34	200	61,30	22,80	0,90	4,40	6,15	68,11
141	72,70	7,60	2,00	3,90	12,55	36,35	201	39,30	32,60	18,60	1,90	10,15	2,11
142	79,05	6,60	0,80	5,20	7,35	98,81	202	56,90	27,00	2,20	3,20	8,35	25,86
143	54,80	30,20	5,70	2,60	4,14	9,61	203	44,00	44,00	0,90	2,80	9,00	48,89
144	64,80	11,20	8,30	4,00	10,30	7,81	204	49,30	39,20	0,10	2,90	11,95	493,00
145	68,80	12,20	1,50	4,05	11,90	45,87	205	63,00	18,80	1,90	4,00	9,05	33,16
146	63,20	19,60	1,40	3,20	11,15	45,14	206	48,70	39,80	0,20	2,80	8,35	243,50
147	68,80	14,20	0,50	4,40	11,95	137,60	207	46,20	40,50	2,70	2,80	7,75	17,11
148	77,50	4,00	0,30	4,75	13,06	258,33	208	49,00	35,60	4,50	2,80	8,35	10,89
149	60,70	22,00	2,70	3,40	10,00	22,48	209	62,20	24,80	0,50	3,50	13,70	124,40
150	55,10	15,00	15,10	2,50	7,90	3,65	210	75,00	5,00	0,80	5,00	3,45	93,75
151	47,90	21,80	18,20	2,45	6,70	2,63	211	15,30	67,20	12,80	1,30	8,96	1,20
152	45,40	18,80	20,30	2,15	8,90	2,24	212	60,50	25,30	0,80	3,20	0,43	75,63
153	73,90	7,20	1,10	3,60	12,20	67,18	213	45,70	35,20	7,15	2,30	7,90	6,39
154	74,70	7,60	0,80	3,60	11,90	93,38	214	49,78	29,80	2,47	2,55	4,00	20,15
155	74,50	7,60	1,00	3,70	12,15	74,50	215	48,68	31,38	1,82	2,82	1,00	26,75
156	59,70	24,80	1,10	3,20	9,55	54,27	216	79,59	9,72	1,42	1,92	3,50	56,05
157	55,30	31,18	1,60	3,00	8,80	34,56	217	83,56	17,28	2,88	3,11	1,00	29,01
158	71,40	10,20	2,20	3,70	11,15	32,45	218	52,81	18,76	15,75	2,16	5,20	3,35
159	46,70	40,80	2,40	2,70	7,40	19,46	219	60,53	8,76	4,82	3,87	1,00	12,56
160	73,40	9,40	0,90	3,60	11,50	81,56	220	47,13	16,09	9,39	3,48	1,30	5,02
161	53,05	23,20	9,40	3,90	8,50	5,64	221	51,39	26,05	8,39	2,95	1,50	6,13
162	72,90	13,20	1,00	4,20	7,45	72,90	222	68,89	6,18	5,52	5,57	0,90	12,48
163	69,55	12,00	0,65	2,30	10,30	107,00	223	77,59	2,39	1,32	5,41	1,90	58,78
164	73,45	7,50	5,65	0,50	9,15	13,00	224	49,18	40,76	5,56	2,60	12,70	8,85
						225	56,84	18,95	6,24	2,77	0,70	9,11	
							Ortalama	58,84	18,99	7,93	3,45	8,07	31,30
							Std sapma	12,13	11,84	5,94	1,58	2,98	80,13
							Std hata	0,81	0,79	0,40	0,11	0,20	5,34
							Th	72,77	24,05	20,02	32,66	40,62	5,86
							Ti	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	
							Taban	57,46	17,65	7,26	3,27	7,74	22,22
							Tavan	60,21	20,34	8,61	3,63	8,41	40,39

*MAŞATDAĞI (ALANYA – ANTALYA) DİYASPORİTİK BOKSİTLERİNİN DÖRT  
ANABİLƏŞEN JEOKİMYASI*

**Tablo 2.** Boksitlerin  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  ve  $\text{TiO}_2$  konsantrasyonlarının sınıflandırması ile elde edilen dağılım tabloları.

$\text{Al}_2\text{O}_3$						$\text{Fe}_2\text{O}_3$					
Sınr	Tb - Tv	Ort	Fr.	%Fr	%KFr	Sınr	Tb - Tv	Ort	Fr.	%Fr	%KFr
1	33,45 - 36,45	34,45	7	3	3	1	0,00 - 5,00	2,50	14	6	3
2	36,46 - 40,45	38,45	12	5	8	2	5,01 - 10,00	7,50	39	17	20
3	40,46 - 44,45	42,45	7	3	11	3	10,01 - 15,00	12,50	46	20	41
4	44,46 - 48,45	46,45	11	5	16	4	15,01 - 20,00	17,50	38	17	58
5	48,46 - 52,45	50,45	23	10	27	5	20,01 - 25,00	22,50	31	14	71
6	52,46 - 56,45	54,45	21	9	36	6	25,01 - 30,00	27,50	20	9	80
7	56,46 - 60,45	58,45	31	14	50	7	30,01 - 35,00	32,50	12	5	86
8	60,46 - 64,45	62,45	36	16	66	8	35,01 - 40,00	37,50	7	3	89
9	64,46 - 68,45	66,45	19	8	74	9	40,01 - 45,00	42,50	10	4	93
10	68,46 - 72,45	70,45	24	11	85	10	45,01 - 50,00	47,50	10	4	98
11	72,46 - 76,45	74,45	21	9	94	11	50,01 - 55,00	52,50	2	1	99
12	76,46 - 80,45	78,45	10	4	99	12	55,01 - 60,00	57,50	2	1	99
13	80,46 - 84,45	82,45	3	1	100	13	60,01 - 65,00	62,50	1	0	100

$\text{SiO}_2$						$\text{TiO}_2$					
Sınr	Tb - Tv	Ort	Fr.	%Fr	%KFr	Sınr	Tb - Tv	Ort	Fr.	%Fr	%KFr
1	0,00 - 2,50	1,25	55	24	24	1	1,00-2,00	1,50	2	1	1
2	2,51 - 5,00	3,75	31	14	38	2	2,01-3,00	2,50	12	5	6
3	5,01 - 7,50	6,25	32	14	52	3	3,01-4,00	3,50	57	25	32
4	7,51 - 10,00	8,75	27	12	64	4	4,01-5,00	4,50	104	46	78
5	10,01-12,50	11,25	3	15	79	5	5,01-6,00	5,50	40	18	96
6	12,51-15,00	13,75	22	10	88	6	6,01-7,00	6,50	7	3	99
7	15,01-17,50	16,25	8	4	92	7	7,01-8,00	7,50	2	1	100
8	17,51-20,00	18,75	5	2	94	8	8,01-9,00	8,50	0	0	100
9	20,01-22,50	21,25	4	2	96	9	9,01-10,00	9,50	0	0	100
10	22,51-25,00	23,75	8	4	100	10	10,01-11,00	10,50	1	0	100

pirit, markazit, psilomelan, rutil, kaolinit, illit, muskovit, hidromuskovit, klorit (klinoklor), kloritoyid, rekhtorit, ephesit, albit, mikroklin, kuvars, K-Mg-Al silikat, hidrate K-Al silikat ve dolomit mineralleri belirlenebilmektedir.

### 3. BOKSİTLERİN ANA-OKSİT

#### BİLEŞİMİ

Yöredeki boksitlere ait 225 elemanlı örneğin  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  ve  $\text{TiO}_2$  bileşimleri Tablo 1'de verilmiştir. Ayrıca bir bakıma alkali ve toprak alkali bileşimi

toplamlı anlamına gelen ateş zayıflığı ve  $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2$  oranını yansıtan modül değerleri belirlenmiştir.

### $\text{Al}_2\text{O}_3$ dağılımı

Boksitlerin  $\text{Al}_2\text{O}_3$  değerlerinin ortalaması % 58,82 (% 31,15 Al) olup

bütün yatağa ait boksitlerde % 95 ihtimalle % 57,46 - % 60,21 arasında beklenmektedir. Boksitlerin  $\text{Al}_2\text{O}_3$  içeriklerinin 13 sınıf sayısına göre hazırlanan dağılım tablosu (Tablo 2) ve histogramından (Şekil 3) verilerin düzenli bir dağılım gösterdiği, modun % 57

**Tablo 3.** Dünyadaki bazı boksit yataklarının bazı element konsantrasyonları.

Yatak	Ülke	Kaynak	Al	Fe	Si	Ti	
1	Kosova	Ultrabazik	33,75	15,62	6,80	2,57	Ozlü 1979
2	Parmasse	Arnavutluk	33,90	6,57	9,83	1,99	Ozlü 1979
3	Obrovec	Arnavutluk	34,55	23,96	10,54	2,15	Ozlü 1979
4		Bosna-Hersek	30,30	19,88	9,62	2,03	Maksimovic 1976
5	Grebnic	Yunanistan	33,44	1,65	4,65	1,80	Maksimovic & Papastamatiou 1973
6	Moran	Fransa	37,93	11,90	5,79	2,18	Caillere et al. 1976
Ultramatik kayac ortalamaları		33,98	13,26	7,87	2,12		
7	Udagiri	Hindistan	Bazalt	28,69	2,94	0,56	2,58
8	Gaferat	Hindistan	Bazalt	33,99	0,84	0,23	1,74
9		Hindistan	Bazalt	31,50	4,97	0,78	Shaffer 1975
10	Mewasa	Hindistan	Bazalt				Shaffer 1975
11	Minas	Brezilya	Bazalt	29,66	6,43	0,68	0,73
12	Kauai	Hawai	Bazalt	21,81	23,96	1,04	Valeton et al. 1997
13	Areve	Fransa	Bazik mag.				Patterson 1971
14		Bosna-Hersek	Bazik mag.				Maksimovic & Papastamatiou 1973
15	Podureca	Yugoslavya	Bazik mag.				Maksimovic, 1968
16	Salina	Amerika B.D.	Nef.Siyenit	28,14	1,65	7,76	1,41
17	Salina	A. B. D.	Nef. Siyenit	31,24	1,58	1,87	Gorden et al. 1958
Matik kayac ortalamaları		29,29	6,05	1,85	1,76		Shaffer, 1975
18		Macaristan	Nötr Mag	30,23			
19	Permasse	Arnavutluk	Nötr Mag	28,10			Dudich 1973
20	Gant	Bosna-Hersek	Nötr Mag	25,16			Ozlü 1979
21	Basmie	Bosna-Hersek	Nötr Mag	31,30			Maksimovic, 1968
22	Weipa	Australya	Dolerit	21,19	19,88	2,69	Maksimovic, 1968
23	Sarkikara.	Türkiye	Dolerit	24,85	15,62	5,22	Jepeen and Shellmann 1974
24	Bissau	Guinea	Dolerit	25,62	17,43	0,05	Ayhan ve Karadağ, 1985
25		Guyana	Dolarit	31,30	0,77	4,61	Boski and Hodosch 1990
26	Katagiri	Hindistan	Kamakit	28,10	6,96	1,25	Shaffer, 1975
27	Yercaud	Hindistan	Kamakit	30,23	6,32	0,09	Özlü 1979
Nötr magmatik kayac ortalamaları		27,61	11,16	2,32	1,84		Özlü 1979
28	Beliali	Serawak	Andezit	28,97	6,93	0,79	1,48
29	Samatan	Malezye	Andezit	28,87	7,11	0,16	Allen and Sherman 1968
30		Gine	Diyabaz	31,90	2,74	1,27	Wolfenden, 1965
31	Manas	Australya	Dasit	30,02	7,59	0,17	Shaffer 1975
32		Guyana	Diyorit	29,90	8,11	1,47	Shaffer 1975
33	Las Pijigu.	Venezuela	Granit	28,32	6,01	2,94	Shaffer 1975
Felsik Kayaç ortalamaları		29,66	6,42	1,13	0,95		LaMonaco and Ynareas, 1990
34	Paragomine	Brezilya	Killi kabuk	26,54	9,57	3,03	1,66
35	Bissau	Guineea	Şeyl	28,70	16,22	3,45	Kronberg et al. 1982
36	Bissau	Guineea	Şeyl	27,11	12,25	0,79	Boski and Hodosch 1990
37		Ghana	Şeyl	32,10	6,83	0,67	Boski and Hodosch 1990
38		Ispanya	Kif	26,34	0,77	6,16	Shaffer, 1975
39		Australya	Kil-kumtaşı	26,50	6,44	4,51	Shaffer, 1975
40	Tuscany	İtalya	Kloritoiodisit	26,61	9,58	4,69	Franceschelli et al. 1998
41	Tuscany	İtalya	Kloritoiodisit	29,85	16,11	4,73	Franceschelli et al. 1998
Killi sedimantasyon kayac ortalamaları		27,97	9,72	3,50	1,68		
42	Orta Gora	Yugoslavya	Kireçtaşı	27,59	6,57	9,50	1,63
43	Urallar	Rusya	Kireçtaşı	31,76	11,90	7,00	1,80
44	Keşmir	Hindistan	Kireçtaşı	39,10	1,49	2,36	II'in 1977
45	Mortaş	Türkiye	Kireçtaşı	25,09	17,59	3,94	Tosianid et al. 1990
46	Payas	Türkiye	Kireçtaşı	15,02	23,04	5,85	Karadağ, 1987, Erkan, 1995
47		Jameika	Kireçtaşı	28,33	9,07	0,71	Etibank, 1996, Erkan, 1995
48	Distomon	Yunanistan	Kireçtaşı	29,08	14,25	4,06	Hose 1963
49	Seydişehir	Türkiye	Kireçtaşı	26,65	12,53	4,53	Bardossy et al. 1973
50	Catmakaşa	Türkiye	Kireçtaşı	30,86	11,55	4,37	Temur ve Karadağ 1998
51	Apulian	İtalya	Kireçtaşı	27,87	15,15	3,72	Karadağ, 1987, Erkan, 1995
52	Olmedo	Sardin-İtalya	Kireçtaşı	31,49	11,52	3,18	Mongelli 1997
53	Olmedo	Sardin-İtalya	Kireçtaşı	38,10	3,68	2,29	MacLean et al. 1997
Karbonatlı kayaç ortalamaları		29,25	11,53	4,29	1,87		MacLean et al. 1997
Genel ortalamalar		28,69	9,43	2,90	1,58		

medyanın % 56 değerlerine karşılık geldiği görülmektedir (Şekil 3). Böyle bir dağlım, yöredeki boksitlerin alüminyum içeriği bakımından aynı anakitleye dahil edilebilecek düzenli verilerle temsil edildiği anlamına gelmektedir.

Maşatdağı boksitleri alüminyum içeriği bakımından dünya boksit yatakları ortalamasının (% 49.70 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> veya eşdeğeri % 26,31 Al, Temur ve diğ. 2002) üzerinde olup, dünyada bilinen 53 yataktan Hindistan'da bazaltlara bağlı olan Gaferat boksitleri (% 33,99 Al) ve yöredeki diğer yataklar (% 31,50 Al), Amerika Birleşik Devletleri'nde nefelin siyenitlerin üzerinde gelişmiş olan Salina boksitleri (% 31.24 Al), Guyana'da doleritlere bağlı boksitler (% 31,30 Al), Gine'de diyabazlara bağlı boksitler (% 31,90 Al) Ghana'da şeyllerin üzerinde gelişmiş boksitler (% 32,10 Al) ve Rusya'da kireçtaşlarına bağlı karstik boksitler (% 31.76 Al) Maşatdağı boksitlerinden daha yüksek Al içermektedir (Tablo 3).

Dünyanın değişik kesimlerinde bulunan 135 boksit yatağının kaynak kayacına göre yapılan düzenlemede Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranı en yüksek karbonatlı kayaçlarla ilişkili boksitlerde (% 53.10) çıkmakta (Temur ve diğ. 2002) Maşatdağı boksitlerinin Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranı da bunlara benzemektedir.

#### Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dağılımı

Boksitlerin Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> değerlerinin ortalaması % 18,99 (% 13.29 Fe) olup biraz yüksek sayılıacak standart sapmaya (11,84) rağmen eleman sayısının fazla olması dolayısı standart hata düşmekte

ve örnek aritmetik ortalaması % 95 ihtimalle güvenilir çekmaktadır (Tablo 1). Buna göre de yöredeki bütün boksitlerde % 17,65 - % 20,34 arasında Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> beklenmektedir.

Boksitlerin Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> konsantrasyonunun 13 sınıf sayısına göre hazırlanan dağılım tablosu (Tablo 2) ve histogramından verilerin % 0,00 ile % 65,00 arasında dağılım sunduğu, modun % 12.50, medyanın ise % 14,50 değerlerine karşılık geldiği görülmektedir (Şekil 3). Mod < medyan < aritmetik ortalama sıralamasından dağılım sola çarpık olduğu anlaşılmaktadır. Histogramda ise aşırı değerlerin başka bir anakitleyi yansıtabilecegi ve boksitli demir olarak adlandırılabilcegi görülmektedir.

Maşatdağı boksitleri Fe içeriği bakımından dünya boksit yatakları ortalamasının (% 10,42 Fe) üzerinde olup Hawaï'de bazaltlara bağlı olan Kauai boksitleri (% 23,96 Fe) ve Avustralya'da dolaritlere bağlı Welpz boksitleri (% 19,88 Fe), Türkiye'de doleritlere bağlı Şarkikaraağaç demirli boksit yatakları (% 15,62 Fe), Guinea'da dolaritlere bağlı Bissau boksitler (% 17,43 Fe), yine Guinea'da şeyllere bağlı Bissau boksitler (% 16,22 Fe) demir bakımından yöredeki boksitlerden daha zengindir (Tablo 3). Ayrıca Türkiye'de kireçtaşlarına bağlı Mortaş boksitleri (% 17,59 Fe), yine Türkiye'de kireçtaşlarına bağlı Payas boksitleri (% 23,04 Fe) ve Yunanistan'da kireçtaşlarına bağlı Distomon boksitleri (% 16,43 Fe) Maşatdağı boksitlerinden daha yüksek Fe içermektedir (Tablo 3).

Dünyanın değişik kesimlerini temsil

eden 135 boksit yatağının verilerine göre (Temur ve dig. 2002) boksitlerin ortalama  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  değeri % 16.68 olup Maşatdağı boksitlerinin demir oranı ortalamadan daha yüksektir. Mafik magmatik kayaçların (% 20) ve karbonatların (% 18) üzerinde gelişen boksitlerin  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ortalaması diğer boksitlerden daha yüksektir. Demir miktarı bakımından Maşatdağı boksitleri asit magmatik veya metamorfik kayaçlardan türeyenlere benzemektedir.

#### **$\text{SiO}_2$ dağılımı**

Boksitlerin  $\text{SiO}_2$  değerlerinin ortalaması % 7,93 olup bu değer % 95 ihtimalle güvenilir çıkmaktadır (Tablo 1). Buna göre de yöredeki bütün boksitlerde % 7,26 - % 8,61 arasında  $\text{SiO}_2$  beklenmektedir.

Boksitlerin  $\text{SiO}_2$  konsantrasyonlarının, sınıf sayısı 10 olacak şekilde sınıflanması ile hazırlanan dağılım tablosu (Tablo 2) ve histogramından (Şekil 3) verilerin % 0,00 ile % 25,00 arasında düzenli bir dağılım gösterdiği, modun % 4.25, medyanın ise % 6,00 değerlerine karşılık geldiği görülmektedir. Mod < medyan < aritmetik ortalama sıralamasından dağılımin sola çarpık olduğu anlaşılmaktadır. Histogramda ise beşinci sınıfın büyük değerlerin ikinci bir anakitleyi yansıtabilecegi ve bunun da killi, kloritoyidli boksitlere karşılık gelebileceği tahmin edilmektedir.

Maşatdağı boksitleri Si içeriği bakımından dünya boksit yatakları ortalamasının (% 2,86 Si) üzerinde (Tablo 3) olup Amerika Birleşik Devletleri'nde nefelinli siyenitlere bağlı Salina boksitlerinden (% 7,76), Türkiye'de

doleritlere bağlı Şarkikaraağaç demirli boksitlerinden (% 5,22), Guyana'da doleritlere bağlı boksitlerden (% 4,61), İspanya'da killere bağlı boksitlerden (% 6,16), Avustralya'da kil ve kumtaşlarının üzerinde gelişmiş boksitlerden (% 4,51), Yugoslavya'da kireçtaşlarında gelişmiş Grna Gora boksitlerinden (% 9,50), Rusya - Urallardaki karbonatlı kayaçlara bağlı boksitlerden (% 7,00), Türkiye'de kireçtaşlarına bağlı Payas boksitlerinden (% 5,85), Yunanistan'da kireçtaşlarına bağlı Distomon boksitlerinden (% 4,06) ve Türkiye'deki Seydişehir (% 4,53) ile Çatmakaya (% 4,37) karbonat boksitlerinden daha düşük silis içermektedir (Tablo 3).

Dünyanın değişik kesimlerini temsil eden 135 boksit yatağının verilerine (Temur ve dig. 2002) göre ise boksitlerin ortalama  $\text{SiO}_2$  değeri % 6.37 olup Maşatdağı boksitlerinin silis oranı bu ortalamadan da daha yüksektir. Mafik magmatik kayaçların (% 15) ve karbonatların dışındaki sedimanter kayaçların (% 17) üzerinde gelişen boksitlerin  $\text{SiO}_2$  ortalaması diğer boksitlerden üç kat daha yüksektir. Silis miktarı bakımından Maşatdağı boksitleri asit magmatik, taneli sedimanter ve karbonatlı kayaçlarla ilişkili boksitlere benzemektedir.

#### **$\text{TiO}_2$ dağılımı**

Boksitlerin  $\text{TiO}_2$  değerlerinin ortalaması % 3,45 olup bu değere göre verilerin standart sapması (1,58) oldukça düşüktür. Standart hata ise 0.11 çıkmakta ve % 95 ihtimalle yöredeki bütün boksitlerde % 3,27 - % 3,63 arasında  $\text{TiO}_2$

beklenmektedir.

Boksitlerin  $TiO_2$  konsantrasyonlarının, sınıf sayısı 10 olacak şekilde sınıflanması ile hazırlanan dağılım tablosu (Tablo 3) ve histogramından verilerin % 1,00 ile % 13,00 arasında düzenli bir dağılım gösterdiği, modun % 4.20, medyanın ise % 3,90 değerlerine karşılık geldiği görülmektedir (Şekil 3).  $Mod < \text{medyan} < \text{aritmetik ortalama sıralamasından ve birbirlerine yakınlığından dağılımin çok düzenli ve normal eğriye benzer olduğunu, sadece 1 tane aşırı değerin dağılımı sola çarpık hale dönüştürüldüğü anlaşılmaktadır.}$

Maşatdağı boksitleri Ti içeriği bakımından dünya boksit yatakları ortalamasının (% 1,69 Ti) çok üzerinde (2 katı) olup sadece Türkiye'de doleritlere bağlı Şarkikaraağaç demirli boksitlerinin Ti konsantrasyonu (% 4.1) incelenen Maşatdağı boksitlerinden daha yüksektir. Ti miktarının kaynak kayaçlarla da doğrudan ilişkisi kurulamamakta, % 2'nin üzerinde Ti içeren hem bazik, nötr ve karbonatlı kayaçlar, hem de şeyllere bağlı yataklar bulunmaktadır (Tablo 3).

Dünyanın değişik kesimlerini temsil eden 135 boksit yatağının verilerine göre de (Temur ve diğ. 2002) boksitlerin ortalama  $TiO_2$  değeri % 2.73 olup Maşatdağı boksitlerinin titanyum oranı bu ortalamadan da çok yüksektir. Sadece bazik (% 3.30  $TiO_2$ ) ve asidik (% 3.88  $TiO_2$ ) bileşimli magmatik kayaçlarla ilişkili boksitlerde  $TiO_2$  oranı % 3'ün üzerine çıkararak Maşatdağı boksitlerine benzemektedir.

## Modül

Boksitlerin  $Al_2O_3 / SiO_2$  oranına "modül" denilmekte ve boksitlerin işletilebilirlik parametrelerinin belirlenmesinde önemli bir yer tutmaktadır. Maşatdağı diyasporitik boksitlerinin modül değerleri çok geniş bir aralıktır değişmekte ve bu yüzden örnek aritmetik ortalaması (31.30) % 95 ihtimalle güvenilir çıkmamaktadır (Tablo 1). Boksitlerin  $Al_2O_3$  ve  $SiO_2$  ortalamalarına göre hesaplanan modül değeri 7.42'dir. Bu özelliği ile de kaliteli boksit grubuna girmektedir.

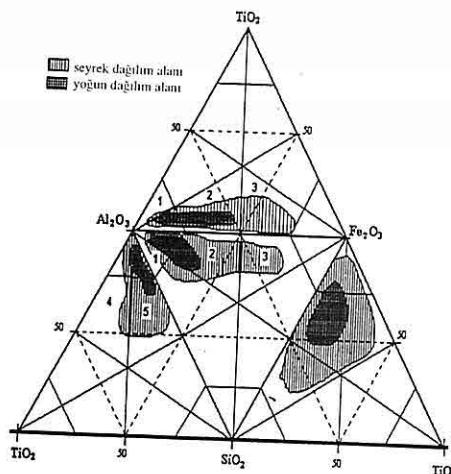
## Ateş Zayıflığı (AZ)

Boksitlerin ateş zayıflığı oranı kalsinasyon sırasında uçucu özellik kazanabilen bileşiklerden ileri gelmektedir. Bu bileşiklerin başında da alkali ve toprak alkaliler gelmektedir. Bir bakıma boksitlerin toplam  $CaO+MgO+Na_2O+K_2O$  oranına karşılık gelen ateş zayıflığı % 8.07 ortalama değeri vermektedir.

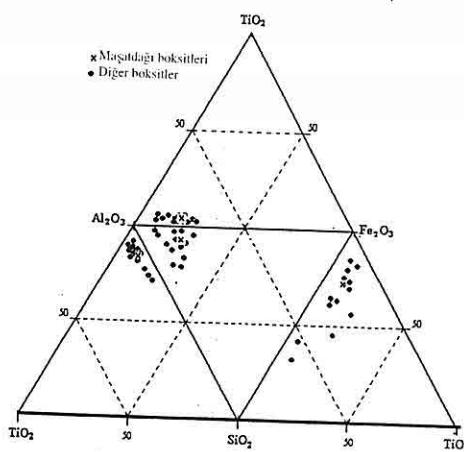
## 4. ANA OKSİTLERİN İLİŞKİSİ

Maşatdağı boksitlerinin ana oksit bileşimini temsil eden  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$  ve  $TiO_2$  değerlerine göre üçgen diyagramları çizildiği zaman (Şekil 4) numuneleri temsil eden noktaların  $Al_2O_3$  -  $Fe_2O_3$  -  $SiO_2$  üçgeninde  $Al_2O_3$  köşesine yakın alanda yoğunlaşlığı görülmektedir. Boksit veya demirli boksit bileşimi sergileyen numunelerin çok az bir kısmı  $Fe_2O_3$  köşesine doğru kayarak boksitli demir özelliği sergilemektedir.

Gerek dünyanın değişik yerlerindeki 53 boksit yatağının kaynak kayaçlarına göre



**Şekil 4.** Numunelerin  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  -  $\text{SiO}_2$  -  $\text{TiO}_2$  bileşenine göre üçgen diyagramlardaki konumları. (1 – Boksit, 2 – Demirli boksit, 3 – Boksitli demir, 4 – Yüksek titanlı boksit, 5 – Killi boksit) ( $n=225$ ).



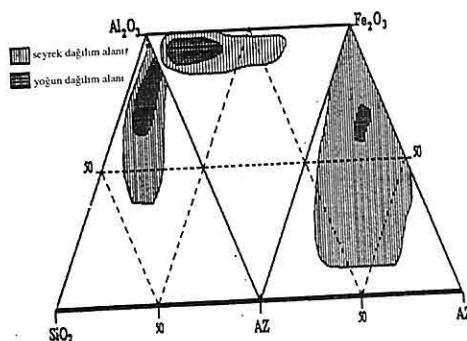
**Şekil 5.** Dünyanın değişik yerlerindeki yatakların ana oksit bileşimlerine göre üçgen diyagramındaki konumları.

sınıflaması ile elde edilen (Tablo 3) verilerin ortalamalarına, gerekse 135 yatağın kaynak kayaçlarına göre sınıflamasıyla ortaya çıkan verilerin (Temur ve diğ. 2002) ortalamasına göre noktalar  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  -  $\text{SiO}_2$  üçgenine yerleştirilmiştir. Diyagramda (Şekil 5) noktalar birbirine yakın konumda, dar bir alanda toplanmıştır. 53 yatağa ait mafik ve felsik magmatik kayaçlara bağlı boksitler yüksek  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bileşimi, 135 yatağa ait nötr magmatik ve karışık sedimanter kayaçlara bağlı boksitler de yüksek  $\text{SiO}_2$  bileşimi ile diğerlerinden biraz uzak alana kaymaktadır. Diğer taraftan 53 yatağa göre belirlenen bazik kayaçlara veya nötr kayaçlara ait noktalarla 135 yatağa göre belirlenene aynı kayaçlara ait noktaların birbirinden farklı alanlara düşebildiği

görülmüştür. Bu özelliklerinden dolayı kaynak kayaçlarının ana bileşenlerinin ( $\text{Al}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Si}$ ,  $\text{Ti}$ ) oksitlerine göre boksitlerin ayrılamayacağı anlaşılmaktadır. Maşatdağı boksitlerinin ortalaması ise hemen hemen bütün boksitlerin ortalama bileşimine yakın alana düşmektedir.

Maşatdağı boksitlerine ait verilere göre  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  -  $\text{TiO}_2$  diyagramında noktalar  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  kenarı boyunca ve  $\text{Al}_2\text{O}_3$  köşesine yakın alanda toplanmaktadır (Şekil 4). Noktaların dağıldığı ve yoğunlaştiği alanlar dünyadaki boksit ve demirli boksitlerin hemen tamamını içine alacak kadar geniş alan kaplamaktadır. Kaynak kayacı bilinen 192 yatağın ortalamalarını temsil eden noktalar da aynı alanda, hatta daha dar bir kesimde temsil edilmektedir (Şekil 5). Benzer yorum  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{SiO}_2$  -  $\text{TiO}_2$

diyagramı için de geçerlidir. Ancak  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  -  $\text{SiO}_2$  -  $\text{TiO}_2$  diyagramlarında gerek Maşatdağı boksitlerini (Şekil 4) gerekse kaynak kayaçlarına göre sınıflandırılan diğer boksit yataklarını (Şekil 6) temsil eden noktalar çok geniş alana yayılmaktadır. Her iki diyagramda da alanlar hemen tamamen çakışmaktadır.



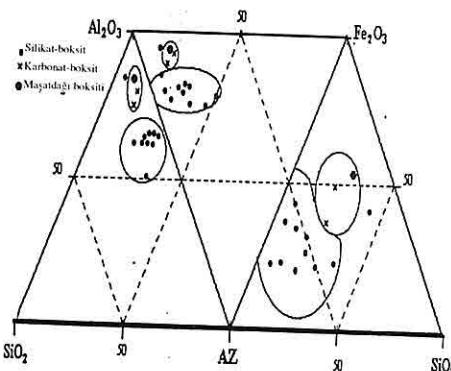
**Şekil 6.** Numunelerin  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  -  $\text{SiO}_2$  - AZ (Ateş Zayıflığı) bileşenine göre üçgen diyagamlardaki konumları ( $n=225$ ).

Maşatdağı boksitlerine ait 225 elemanlı örneğin  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  ve ateş zayıflığı (AZ) değerlerine göre üçgen diyagramları çizildiği zaman (Şekil 6) noktalar  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - AZ üçgeninde  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  köşesine yakın alanda,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  kenarı boyunca yoğunlaşmaktadır.

Noktaları temsil eden alan oldukça dardır.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{SiO}_2$  - AZ diyagramında da noktalar  $\text{Al}_2\text{O}_3$  köşesine yakın ve dar bir alanda toplanmaktadır (Şekil 6).  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  -  $\text{SiO}_2$  - AZ diyagramında ise noktalar çok geniş alanda, fakat daha çok  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,

daha az oranda da  $\text{SiO}_2$  köşesine yakın alanda dağılmaktadır (Şekil 6). Dünyanın değişik yörelerini temsil eden boksit yataklarının kaynak kayaçlarına göre sınıflaması ile elde edilen ortalama değerlere göre, yataklara karşılık gelen noktalar  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  ve ateş zayıflığı (AZ) bileşenlerine göre üçgen diyagamlara (Şekil 7) yerleştirildiği zaman; (1)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - AZ diyagramında karbonat-boksitlerle silikat-boksitler belirgin olarak farklı alanlara düşmekte ve Maşatdağı boksitlerinin gerek ortalaması, gerekse numunelere ait noktaların hemen tamamı karbonat-boksit alanına düşmektedir, (2)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{SiO}_2$  AZ diyagramında karbonat-boksitlerle silikat-boksitler çok belirgin olarak ayrılmaktadır. Maşatdağı boksitlerinin ortalaması karbonat-boksit alanına düşmektedir, (3)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  -  $\text{SiO}_2$  - AZ diyagramında karbonat-boksitlerle silikat-boksitler kısmen farklı alanları temsil edecek şekilde ayrılabilmektedir. Maşatdağı boksitlerinin gerek ortalaması, gerekse numunelere ait noktaların hemen tamamı karbonat-boksit alanına düşmektedir. Ancak noktaların yayımı çok geniş olduğundan (Şekil 6) silikat-boksit alanına da kaymaktadır, (4) Sadece ultrabazik kayaçlarla ilgili boksitleri temsil eden nokta her üç üçgende karbonat-boksit alanına yakın, silikat boksit alanına uzak bölgeye düşmektedir. Bunun sebebi, bu tip boksitlerin yaygın olmamasına bağlı veri hataları olmalıdır, (5) Karbonat-boksitlerin ateş zayıflığının silikat-boksitlere göre daha düşük olan bölgelerde temsil edilmesi

ilginçtir.  $\text{CaCO}_3$  orana bağlı olan ateş zayıtinin karbonatlı kayaçlarla ilişkili boksitlerde daha az olması ise önce terra-rossa oluşumu ile karbonatlı bileşiklerden arınması ve sonraki bir evrede yılanmayla boksite dönüşümüne bağlanabilir.



**Şekil 7.** Dünyanın değişik yerlerindeki yatakların ana oksit bileşimleri ve ateş zayıti (AZ) oranlarının bilinen kaynak kayaçlarına göre ortalamalarının üçgen diyagramındaki konumları.

## 5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Alanya'nın kuzey kesiminde çok sayıda boksit (diyasporit) zuhuru bulunmakta ve bunların yayılımı kuzeye doğru Göndoğmuş'a kadar devam etmektedir. Maşatdağı yatakları bu boksit dağılıminin bir parçasıdır. Hepsinin ortak özelliği ise diaspotit olmaları, Permo-Triyas yaşlı birimlerin içinde bulunmaları ve birbirini takip eden en fazla birkaç yüz metre boyunda merceklerden meydana gelmeleridir..

Yöredeki boksitlere ait 225 numune ile temsil edilen boksit örneğinin ana oksit ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$  ve ateş

zayıti) bileşimi yardımıyla yatakların aşağıdaki özelliklerini belirlenebilmektedir.

1 - Boksitler % 58,82  $\text{Al}_2\text{O}_3$  % 18,99  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , % 7,93  $\text{SiO}_2$  ve % 3,45  $\text{TiO}_2$  içermektedir. Ana oksit bileşiminin toplamı % 89,19 çıkmaktadır, % 8,07 olan ateş zayıti (AZ) ile birlikte toplam % 97,26 gibi yüksek bir değere ulaşmaktadır. Bu durum örnekleme metodu, numune alım ve analiz hassasiyetinin yeterli olduğunu ve numunelerin analiz sonuçlarını etkileyebilecek kadar su bulundurmadıklarını (altere olmadıklarını) göstermektedir. Anlamlılık için uygulanan student t testlerinde de örnek aritmetik ortalamaları % 5 hata payı ile gerçek değerler çıkmaktadır.

2 - Yapılan sınıflandırma işlemlerinin sonucunda medyanların (geometrik ortalama)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  için % 56,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  için % 15,  $\text{SiO}_2$  için % 6,  $\text{TiO}_2$  için de % 4 değerleri bulunmakta, aritmetik ortalamaya çok yakın olan bu değerler dağılımların normal dağılıma uyduğunu göstermektedir.

3 - Boksitlerin ana oksit bileşimini temsil eden  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  ve  $\text{TiO}_2$  değerlerine göre hazırlanan dört üçgen diyagramda noktalar çok geniş alanlarda yayılım göstermeye, genel olarak boksit, çok az oranda da demirli boksit özelliği göstermektedir. Demir oranı bazı numunelerde yüksek değerler vermesine rağmen silis oranı her zaman düşük kalmakta, titanyum ise hemen her zaman orta düzeydeki değerini korumaktadır.

4 -  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  -  $\text{SiO}_2$  dağılımı esas alınarak boksitler kaynak kayaçlarına göre iyi bir şekilde sınıflandırılamamaktadır.

## MAŞATDAĞI (ALANYA – ANTALYA) DİYASPORİTİK BOKSİTLERİNİN DÖRT ANABİLƏŞEN JEOKİMYASI

Çünkü ana oksitlerin oranı kaynak kayaçtan çok boksitleşmenin derecesi ile kontrol edilmektedir.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - AZ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{SiO}_2$  - AZ ve  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -  $\text{SiO}_2$  - AZ diyagramında karbonat-boksitlerle silikat-boksitler kısmen farklı alanları temsil edecek şekilde ayrılmaktı ve Maşatdağı boksitleri karbonat-boksit alanına düşmektedir.

### 5. KATKI BELİRTME

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenen 2000 / 075 numaralı proje kapsamında gerçekleşmiştir.

### 6. KAYNAKLAR

Allen, V. T. and Sherman, G. O., 1968, *Composition of bauxite deposits in Oregon and Hawaii, USA, Travaux*, No 5, 83-96.

Arni, P., 1940, Antalya Şeytandağları boksit yatakları; *Maden Tetkik ve Arama Enst. Rap.*, No 1165, 5 s.

Arni, P., 1941, Türkiye'de halen malum boksit yatakları; *Maden Tetkik ve Arama Enst. Mecmuası*, XIV, 115-129.

Ayhan, A. ve Karadağ, M. M., 1985, Şarkikaraağaç (İsparta) güneyinde bulunan boksitli demir ve demirli boksit yataklarının jeolojisi ve oluşumu; *Türkiye Jeol. Kur. Bült.*, 28, 137-146.

Bardossy, G. Panto, G. and Papastamatou, J., 1973, *Etude mineralogique, petrographique et geochemique des bauxites du Malm inférieur dans la region de Distomon, Grece*; *Travaux*, No 9, 143-149.

Barutoğlu, H. Ö., 1938, Alanya – Kuruçay (Bükköy) zımpara zuhuratu

hakkında ilk etüd raporu; *Maden Tetkik ve Arama Enst. Raporu*, No 941, 17 s.

Blumenthal, M., 1941, *Alanya sahil silsilesinde diyaspor sehrası zuhuru ile bu havalinin jeolojik durumu hakkında rapor*; *Maden Tetkik ve Arama Enst. Raporu*, No 1338, 51 s.

Blumenthal, M. 1951, *Bati Toroslar' da Alanya art ülkesinde jeolojik araştırmalar*; *Maden Tetkik ve Arama Enst. Yayl.*, Seri D, No 5, 149 s.

Boski, T. and Hedosch, A., 1990, *Trace elements and their relation to the mineral phases in the lateritic bauxites from Souteastern Guinea, Bissou*; *Chemical Geology*, 82, 279-297.

Cailiere, S., Mahrimovic, Z. and Pobipuin, T., 1976, *Les elemente en traces dans quelques bauxsites karstiques de l'Ariege et du Var*; *Comite International pour L'Etude des Bauxsites, D'Alumina et D'Aluminium* Travaux, No 13, 233-252.

Dragovic, D., 1965, *Some characteristics of the deposits of white bauxites in Crno Gora, Yugoslavia*, *Travaux*, No 6, 183-196.

Dudich, E. Jr, 1973, *Geochemical distribution of trace elements in the karst bauxite of Hungary, Romania, Bulgaria and Yugoslavia*, In *Carpotho-Balkan Geological Association Congress*, 9th, Budapest, *Proceedings*, V 4, Kiado, 47-55.

Egger, E., 1959, *Antalya vilayetinde Alanya kuzeyi Paleozoyik içindeki alüminyum cevherleri*; *Maden Tetkik ve Arama Enst. Raporu*, No 157, 29 s.

Erkan, A. N., 1995, *Seydişehir – Akseki yöresi boksitlerinin mineralojik – kimyasal özelliklerinin incelenmesi*; *Selçuk Univ.*

- Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi, 88 s.
- Etibank, 1976, Alanya – Maşatdağı ve çevresinin jeolojisi; Etibank Seydişehir Alüminyum İsl., Arama Rap., 7 s.
- Franceschelli, M., Puxeddu, M. and Memmi, I., 1998, Li, Bi-rich Rhaean metabauxite, Tuscany, Italy: reworking of older bauxites and igneous rocks; *Chemical Geology*, Elsevier, 144, 221-242.
- Gorden, M. Jr., Tracey, J. I. Jr. and Ellis, M. W., 1958, *Geology of the Arkansas bauxite region*; U. S. Geology Survey, Professional Paper, 299, 268 pp.
- Il'in, B. F., 1975, Elements – admixture of bauxites of Tikhvinsk; Akademie Nauk, SSSR, Izvestia, Seria Geologicheskaya, No 2, 133-141.
- Jeppeen, K. and Shellmann, A., 1974, Über den Stoffbestand und die bildungsbedingungen der bauxitlagerstätte Weipa / Australian; *Geologishes Johnbuch, Reihe*, No 7, 19-106.
- Karadağ, M. M., 1987, Seydişehir bölgesi boksitlerinin jeolojik, petrografik ve jenetik incelemesi; Selçuk Univ. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, 265 s.
- Khahghi, M., 1968, Zur untersuchung der spurenelemente in den Indischen bauxiten, lateriten und deren ausgangsgesteinen basalt und chornockit; Dipl. Arbeit, Hamburg, 76 pp.
- Kronberg, B. I., Ryfe, W. I., McKinnon, B. J., Cokston, J. F., Stillanida, B. F. and Nashi, R. A., 1982, Model for bauxite formation, Paragominas (Brazil); *Chemical Geology*, 35, 311-320.
- MacLean, W. H., Bonavia, F. F. and Sanna, G., 1997, Argillite debris converted to bauxite during karst weathering: evidence from immobile element geochemistry at the Olmedo deposit, Sardinia; *Mineralium Deposita*, 32, 607-616.
- Maksimovic, Z., 1976, Distribution of trace elements in bauxite deposits of Herzegovina, Yugoslavia; *Travaux*, No 5, 63-70.
- Maksimovic, Z. and Papastamatou, J., 1973, Distribution D'oligoelements dans les gisements de bauxite de la Grèce Centrale; In International Comitee for Studies of Bauxites, Oxides and Hydroxides of Aluminium, ICSOBE Inten. Symp. 3d, Nice, France, Proceedings, 33-46.
- Mongelli, G., 1997, Ce-anomalies in the textural components of upper Cretaceous karst bauxites from the Apulian carbonate platform (Southern Italy); *Chemical Geology*, Elsevier, 140, 69-79.
- Orhon, Ş., 1978, Alanya – Maşatdağı boksit yatağı arama raporu; Etibank A.T.G.B. Boksit Arama ve Etüd Müd., 19 s.
- Özlü, N., 1979, Akseki – Seydişehir boksitlerinin kökeni hakkında yeni bulgular; *Türkiye Jeol. Kur. Bült.*, 22, 215 – 226.
- Papiu, V. C. and Udrescu, C., 1973, Elements mineurs der bauxites de Roumanie, *Travaux*, No 9, 159-175.
- Patterson, S. H., 1971, Investigation of ferruginous bauxite and other mineral resources on Kauai and a reconnaissance of ferruginous bauxite deposits on Maui, Hawaii; United States Gover. Printing Office, Washington, 35 s.

**MAŞATDAĞI (ALANYA – ANTALYA) DİYASPORİTİK BOKSİTLERİNİN DÖRT  
ANABİLƏŞEN JEOKİMYASI**

- Peyronnet, P., 1967, Alanya bölgesinin petrografi ve mineralojisi ile Alanya masifindeki boksitlere bitişik kloritoidli sistlerin kökeni; *Maden Tetkik ve Arama Enst. Derg.*, 68, 154-160.
- Peyronnet, P., 1971, Alanya bölgesinin (Güney Toroslar) jeolojisi, metamorfik boksitin kökeni; *Maden Tetkik ve Arama Enst. Derg.*, 76, 98 – 123.
- Shaffer, J. W., 1975, Bauxitic raw material; *Industrial Minerals and rocks*, 443-459.
- Temur, S. ve Karadağ, M. M., 1998, Seydişehir-Akseki boksitlerinin iz element veri analizleri; *Fırat Üniv. Jeol. Semp.*, Bildiriler (Ed: E. Aksoy), 521-530.
- Temur, S., Karadağ, M. M., Arik, F. ve ÖzTÜRK, A., 2002, Maşatdağı boksitlerinin jeolojik ve jeokimyasal incelemesi; *Selçuk Üniv. Araş. Fonu Projesi*, No 200/075, 172 s
- Tosianid, T., Lomonaco, J. and
- Ramirel, A., 1990, *Geochemistry of major and trace elements in Los Pijiguaos bauxite ore, Venezuela; Geochem. of the Surface and mineral Form.*, 2nd Intern. Symp., France, 255-272.
- Wippern, J., 1962, *Toros boksitleri ve bunların tektonik durumu; Maden Tetkik ve Arama Enst. Derg.*, 58, 47-70
- Wolfenden, E. B., 1965, *Geochemical behaviour of trace elements during bauxite formation in Seravak, Malaysia; Geochimica et Cosmochimica Acta*, 29, 9, 1051-1062.
- Valeton, I., 1972, *Bauxites, Development of Soil Science 1*; Elsevier Publ., Amsterdam, 236 pp.
- Valeton, I., Schumann, A., Vinx, R. and Wieneke, M., 1997, *Supergene alteration since the Upper Cretaceous on alkaline igneous and metasomatic rocks of the Poços de Caldas ring complex, Minas Gerais, Brazil; Applied Geochemistry*, Pergamon, 12, 133-154.



**KARAİSALI KIREÇTAŞI GÖZNE RESİFİNİN (GÖZNE-MERSİN)  
SEDİMANTOLOJİK ÖZELLİKLERİ**

Murat GÜL, Hayati KOÇ

Ç.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana/Türkiye

**ÖZET :** Bu çalışma Mersin ili Gözne kasabası civarında yüzeyselinde, Gözne resifiinin sedimentolojik özelliklerinin araştırılmasını kapsamaktadır. Gözne resifi Karaisali kireçtaşının (Erken Miyosen) içeriği tipik resiflerden biridir. Karaisali kireçtaşları, çakılı kumtaşı, marn ve kumlu kireçtaşlarından oluşan Kaplankaya formasyonu (Burdigaliyen-Erken Langiyen) ile yanal ve düşey geçişli dokanağa sahipken, inceleme alanında olduğu gibi Gildirli Formasyonu (Burdigaliyen) taban konglomerası ile birlikte, Üst Kretase yaşı radyolarit, serpantinit, amfibolit ve kireçtaşlı bloklarını uyumsuz olarak überlemektedir.

Gözne resifi, taban fasiyesi (Gildirli formasyonu, ofiyolit çakılı taban konglomerası; vaketaşı), resif çekirdeği fasiyesi (bağtaşçı-çatıtaş; vaketaşı-istiftaş-tanetaş) ve örtü fasiyesi (vaketaşı-istiftaş) birimlerinden oluşmaktadır. Resif gelişimi için gerekli sıç, sıcak ve temiz ortam koşulları, Erken Miyosen'de gelişen transgresyon sonrası ortamda var olan paleoyükselimler üzerinde sağlanmıştır. Gildirli Formasyonu ofiyolit çakılı taban fasiyesi üzerinde bol mercanlı, alaklı, bryozoalı resif çekirdeği gelişmeye başlamıştır. Deniz seviyesinin değişimlerine bağlı olarak zaman zaman vaketaş-istiftaşları, çatıtaşçı-bağtaşlarının yerini almıştır. Örtü fasiyesi, resif gelişiminin sona ermesiyle resif gövdesinden kopan parçalar ve yersel organizmalarca, resif üstlerinde veya resif arasındaki nispeten derin havza bölümünde oluşturulmuştur.

**SEDIMENTOLOGICAL PROPERTIES GÖZNE REEF (GÖZNE-MERSİN)  
OF THE KARAİSALI LIMESTONE**

**ABSTRACT :** This study comprises an investigation of Gözne reef sedimentologic properties, that outcrops near the Gözne town in Mersin administrative province. The Gözne reef is one of the typical reefs in Karaisali limestone (Early Miocene). The Gözne reef has a lateral and vertical gradational contact with Kaplankaya limestone (Burdigalian-Early Langhian) that consists of gravelly sandstone, marl and formation (Burdigalian-Early Langhian) base conglomerate, Upper Cretaceous radiolarite, serpentine, amphibolite and limestone blocks in the study area.

The Gözne reef contains base facies (Gildirli formation, base conglomerate with ophiolite pebbles; wackestone), reef core facies (bindstone-framestone; wackestone-packstone-grainstone) and sealing facies (wackestone-packstone). Shallow, warm,

*clean marine environmental conditions that are required for the reef development, were supplied over the paleotopographical rises after the Early Miocene transgression. The reef core facies with abundant coral, algae and bryozoa started to deposited over the Gildirli Formation base facies with ophiolite pebble. Depends on a sea level fluctuation from time to time wackestone-packstone deposited instead of framestone-bindstone. The sealing facies are formed by broken off and transported reef core fragments and local organism relatively deeper part of the basin among the reef hill or at the top of the reef after the finishing of reef development.*

## 1. GİRİŞ

Bu çalışma kapsamında Karaisalı kireçtaşının tipik resiflerinden Gözne resifinin özellikleri incelenmiştir. Gözne resifi, Mersin ilinin kuzeyinde O33-a1 paftasında Gözne kasabasının kuzeydoğusu, doğusu ve güneydoğusunda yer almaktadır (Şekil 1).

Adana havzası ile ilgili çalışmalar 1970'lerden beri yapılmaktadır. Görür (1979)'da Karaisalı resifal kireçtaşlarının paleotopoografik yükseltilerle ilişkili olduğunu ortaya koyarak, 6 alt fasyeye ayırmıştır. Bunlar; 1) Mercanlı-alaklı istiftaşı-bağlamtaşı; 2) Küçük bentonik foraminiferli-alaklı istiftaşı; 3) Mercanlı-alaklı vaketaşı ve istiftaşı; 4) Büyük bentonik foraminiferli alaklı istiftaşı; 5) Globijerinli-alaklı istiftaşı; 6) Globijerinli-killi vaketaşı. Yetiş ve dig. (1995) kuzeydoğu Akdeniz Geç Senozoyik dizilerini inceleyerek ve Karaisalı resif kireçtaşlarının Erken Miyosen transgresyonu sonucu gelişen sıcak, temiz ve sığ denizel ortamda çökeldiğini ifade etmişlerdir. Yaman (1991)'de Mersin ofiyolitin güney kısımlarının jeolojik ve metalojenik incelemelerini yaparak, Fındık kompleksi, Kaplankaya ve Karaisalı formasyonunu incelemiştir.

54

## 2. METOD

İki farklı resif tepesinden oluşan Gözne resifinin sedimentolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla resif merkezi, kanatlar ve havza kısımlarından olmak üzere 6 adet stratigrafik kesit ölçülerek, 100'ün üzerinde seri el örneği toplanmıştır. Toplanan el örneklerinin ince kesitleri hazırlanarak, mikroskopta incelemeleri yapılmış, Dunham (1962) ve Embry & Klovan (1971) karbonat kayaç sınıflama sistemine göre sınıflamaları yapılmıştır.

## 3. GENEL JEOLOJİ

Çalışma alanındaki en yaşlı birim, Üst Kretase yaşı: radyolarit, serpantinit, amfibolit, kireçtaşları blokları ve filişlerden oluşan (Yaman, 1991) tarafından Fındık kompleksi olarak tanımlanan ofiyolitik melanjdır. Bu birim Karaisalı kireçtaşıyla, Gildirli ve Kaplankaya Formasyonlarıyla uyumsuz olarak üzerlenmektedir. Burdigaliyen yaşı olduğu belirtilen Gildirli Formasyonu çalışma alanında ofiyolitik kayaçlarının çakıllarından oluşmuş taban konglomerası şeklinde gözlenmektedir. Burdigaliyen-Erken Langiyen yaşı Kaplankaya formasyonu çakıllı kumtaşı, marn ve kumlu

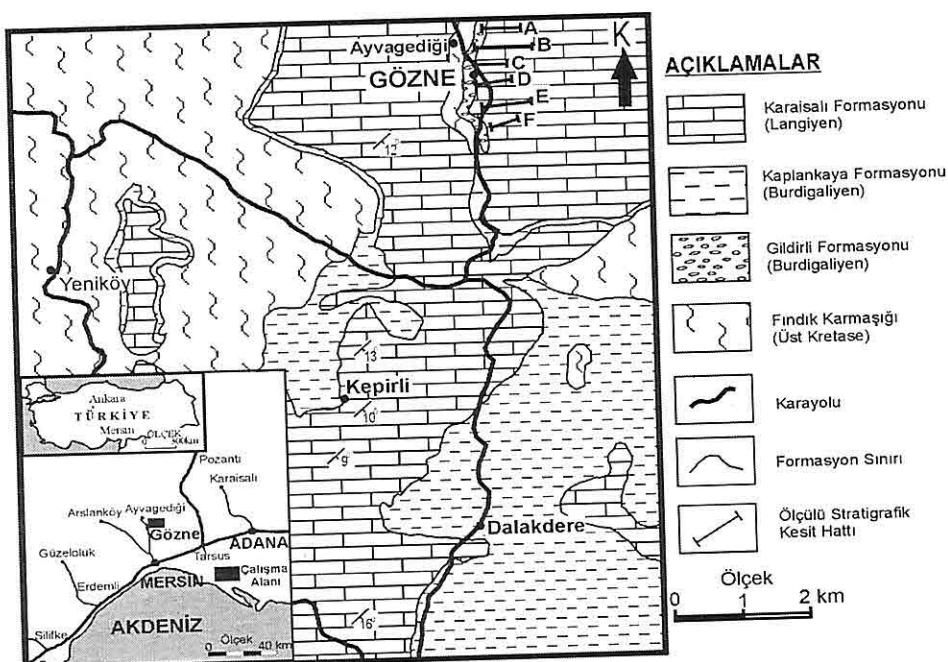
## KARAİSALI KIREÇTAŞI GÖZNE RESİFİNİN (GÖZNE-MERSİN) SEDİMANTOLOJİK ÖZELLİKLERİ

kireçtaşlarından oluşmaktadır. Kaplankaya formasyonu ile yanal ve düşey, Gildirli Formasyonu ile düşey geçişlere sahip Karaısalı kireçtaşı kireçtaşı-marn ardalanması ile başlamakta ve resifal kireçtaşları ile devam etmektedir (Demirkol, 1989; Yetiş ve Demirkol, 1986; Yetiş ve diğ., 1995) (Şekil 1).

### 4. GÖZNE RESİFİ FASİYES

#### AYRIMLARI

İki farklı resif ve aralarındaki havza kesiminde yapılan makroskopik ve mikroskopik incelemeler sonucu, 3 ana fasiyes ayrılmıştır. Bunlar; taban fasiyesi, resif çekirdeği fasiyesi ve örtü fasiyesidir (Şekil 2).

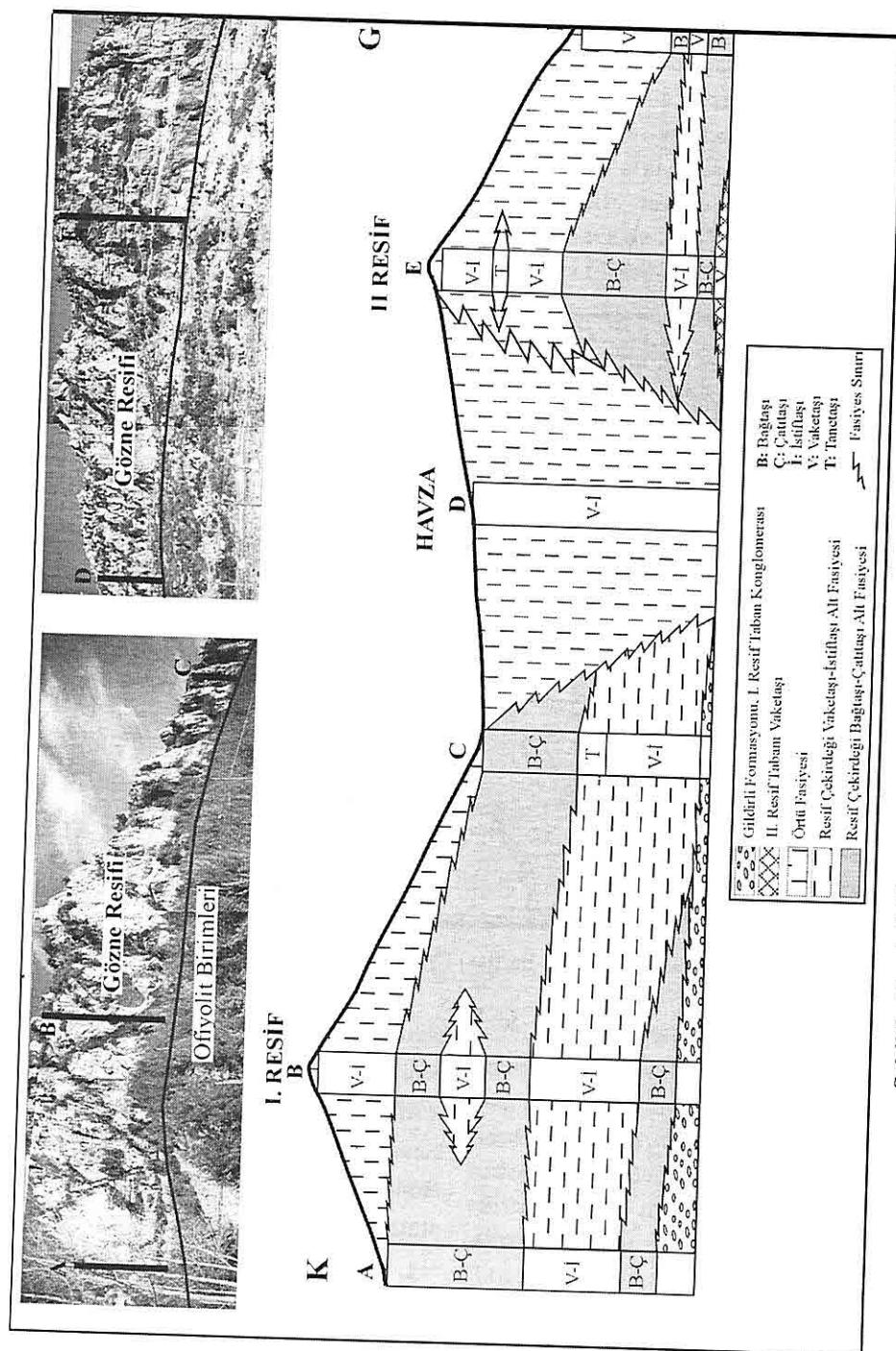


Şekil 1. Çalışma alanı jeoloji haritası (Yaman 1991'den değiştirilerek).

#### 4.1. Taban Fasiyesi

İnceleme alanında; I. resif Üst Kretase yaşı ofiyolit birimlerini uyumsuz olarak üzerlemektedir. İki birim arasındaki, Gildirli Formasyonu (Yetiş, 1988) taban konglomerası, gri-krem renkli matriks içerisinde dağılmış, çakıl-blok boyutunda, köşeli-yarı köşeli, yeşil-siyah renkli ofiyolit parçacıklarından oluşmaktadır. Mikritik bölüm içerisinde kırmızı alg,

bryozoa, pelesipod parçacıklarının yanı sıra bentik foraminiferler de gözlenmiştir. II. resif tabanı ise eş yaşı başka bir resifin kanatları üzerinde çökelmiştir. Gri renkli, ince-orta kalın tabaklı vaketaşlarından oluşan mikritik birim içerisinde kırmızı alg, bryozoa parçalarının yanı sıra eser oranda bentik foraminifer, pelesipod, ekinit parçaları da gözlenmektedir.



**Şekil 2.** Karaisalı kireçtaşları Gözne resifi (Mersin) fasiyelerinin ayırtımı.

#### 4.2. Resif Çekirdeği Fasiyesi

Açık gri-krem renkli, orta-kalın tabakalı, yer yer masif görünümlü, resifal kireçtaşlarından oluşmaktadır. Birim içerisinde makroskopik olarak mercan ve ekinit gözlenmiştir. Mikroskopik incelemeler sonucu ise bu fasiyes içinde iki alt fasiyes ayrılmıştır (Şekil 2).

a) Bağtaşı-Çatıtaşı Alt Fasiyesi: Genelde mikritik yapılı olan birim içerisinde çati oluşturucu organizmalardan kırmızı alg, mercan ve bryozoa bulunmuştur (Şekil 3 A, B). Bunların dışında eser oranlarda bentik foraminifer, pelesipod, ekinit, gastropod, ostrakod kavkı parçaları bileşime katılmıştır. Tane içi ve arası gözeneklerde yer yer eş boyutlu kalsit cimentosu yer almaktadır.

b) İstiftaşı-Vaketaşı Alt Fasiyesi: Bu alt fasiyes ana resif gövdesi içinde bağtaşı-çatıtaşı alt fasiyelerinin arasını doldurmaktadır. Birimin bileşimine, kırmızı alg, mercan, bryozoa parçacıklarının yanısıra bentik foraminiferlerde katılmıştır. Bu alt fasiyes içinde dalga etkisiyle yersel olarak tanetaşı oluşumları da gözlenmektedir (Şekil 3 C ).

#### 4.3. Örtü Fasiyesi

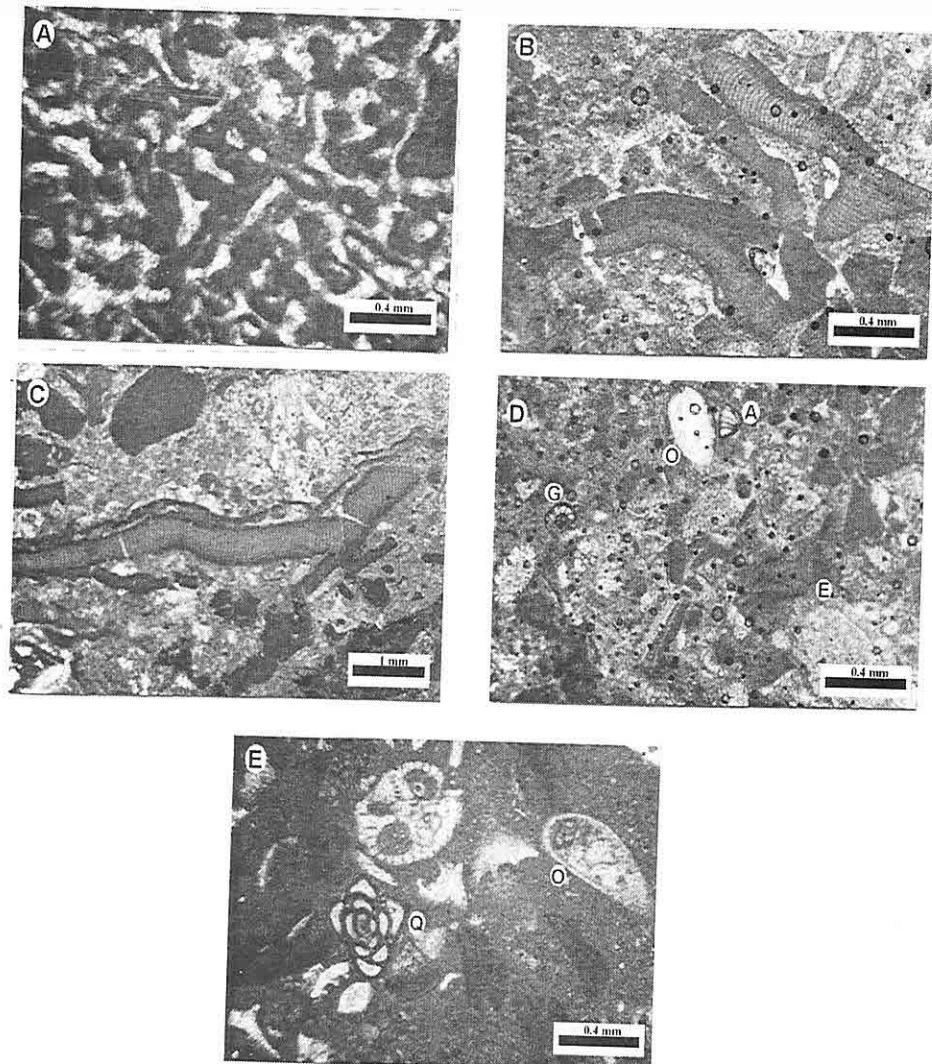
Her iki resifi örten ve aralarındaki havza bölümünü dolduran bu fasiyes, açık gri-sarı renkli, ince-orta kalın tabakalı, vaketaşı-istiftaşından oluşmaktadır. Topografyaya bağlı olarak resif üstleri ve havza kısmında yatay tabakalar gözlenirken, resif kanatlarında havzaya doğru 25-300 eğimli tabakalar gözlenmektedir. Birim içerisinde resif

çekirdeğinden koparılıp taşınmış kırmızı alg, bryozoa, mercan parçalarının yanı sıra, ekinit, pelesipod, ostrakod kavkı parçaları ve yersel bentik foraminiferler gözlenmektedir (Şekil 3 D, E ).

### 5. JEOLOJİK EVRİM

Görür (1979), Karaisalı kireçtaşının Miyosen öncesi topografik yükseltimler üzerinde temiz, sıcak ve sığ denizel ortamda çökeldiğini ifade etmiştir. Organizmaların gelişimi için uygun olan bu ortamda kırmızı algler ve mercanlar, setler oluşturmuşlardır. Bu setlerden kopan, taşınan parçalar ve yersel organizmalar vaketaşı-istiftaşını oluşturmaktadır.

Gözne resifi iki farklı resif tepesinden meydana gelmektedir (Şekil 2). Kuzeyde yer alan birinci resif ofiyolitlerin üzerinde taban konglomerası üzerinde, güneydeki ikinci resif ise başka bir resifin kanatları üzerinde çökelmiştir. I. resifin tabanında kırmızı alg, mercan, ekinit parçalarının da yer aldığı matriks içerisinde dağılmış ofiyolite ait çakıllar gözlenmiştir. II. resifin tabanında ise vaketaşları yer almaktadır. Ortamın daha da sığlaşması kırmızı alg ve mercanların gelişimine uygun alanlar sağlamış ve ilk bağtaşı-çatıtaşı oluşumları gözlenmiştir. Deniz seviyesinin sıralı yükseltimi, bağtaşı-çatıtaşı gelişimlerini durdurmuştur. Bunun yerine çati oluşturucu organizma parçalarının, ekinit, pelesipod, ostrakod kavkı parçalarının ve bentik foraminiferlerin gözlendiği vake-istiftaş alt fasiyesi oluşumları çökelmiştir. Deniz seviyesinin tekrar düşmesi bağtaşı-çatıtaşı



**Şekil 3.** Gözne resifine ait ince kesit fotoğrafları ; A) Resif çekirdeği fasiyesi içinde yer alan bağıtaşı-çakıltaşı fasiyesi örneği, tane arası gözenekler eş boyutlu kalsit çimento ile doldurulmuştur. Mercan: *Litharaeopsis subepithe cata* OPPENHEIM, (kesit no: a3); B) Resif çekirdeği fasiyesi bağıtaşı örneği, Kırmızı alg: *Lithophyllum* sp., (kesit no:b7); C) Resif çekirdeği fasiyesi vaketaşı-istiftaşı alt fasiyesi örneği, Kırmızı alg: *Lithophyllum* sp., Byrozoa sp., (Kesit no:b4);D) Örtü fasiyesi vaketaşı-istiftaşı örneği, G: *Gyroidina* sp., A: *Anomalina* sp. E:Ekinit plakası, dikenli O: Ostrakod ve pelesipod kavkı parçaları (kesit no: d5); E) Örtü fasiyesi vaketaşı örneği, Q: *Quinqueloculina* sp., O: Ostrakod, kırmızı alg parçaları (kesit no: d3).

oluşumlarının ikinci kez tekrarlanması sağlanmıştır. Deniz seviyesinin nihai derinleşmesiyle her iki resif gelişimi durmuş, resifleri örten ve aradaki havzayı dolduran örtü fasyesleri gelişmiştir.

Deniz seviyesi değişimleri ile güçlouce kontrol edilen resif gelişimi sırasında, dalga tabanına yaklaşan kısımlarda, tane içi ve arası boşluklarda eş boyutlu kalsit çimento çökelimi gözlenmiştir. Ortamın nisbeten derin olduğu kısımlarda ise eser oranda planktik foraminifer varlığı saptanmıştır.

## 6. SONUÇLAR

Gözne resifi yapılan makro ve mikro gözlemler sonucu 3 ana fasyeye ayrılmıştır. Erken Miyosen transgresyonu Gildirli Formasyonu ofiyolit çakılı taban konglomerası ile başlayan resif gelişimi, resif çekirdeği fasyesi ile gelişimine devam etmiştir. Resif gövdesi içerisindeki alt fasyeslerin ardalanması ve dağılımı deniz seviyesinin resif gelişimindeki etkisini göstermektedir. Deniz seviyesinin düşüğü sıcak, temiz ve sıçanlarla dolu dönemler, mercan, alg için bol besinli uygun yaşam ortamları sağlamaktadır. Deniz seviyesinin göreceli yükselimi ise çatıtaşı-bağtaşı oluşumlarının yerini vaketaşı-istiftaşlarınınmasına neden olmaktadır.

## 7. KAYNAKLAR

Demirkol, C., 1989, "Pozanti-Karsantı-Karaısalı (Doğu Toros)

Arasında Yer Alan Karbonat Platformunun Stratigrafisi ve Jeolojik Gelişimi", MTA Der. Ankara, 109: 33-44.

Dunham, R. J., 1962, "Classification of Carbonate Rock According to Depositional Texture", W. G. Ham (ed.), Classification of Carbonate Rocks, Mem AAPG, 1, 108-121.

Embry, A. F. and Klovan, J. E., 1971, "A Late Devonian Reef Tract on Northeastern Banks Island" N. W. T. Bull. Can. Petrol Geol., 19, 730-781.

Görür, N., 1979, "Karaısalı Kireçtaşının (Miyosen) Sedimentolojisi", TJK, 22: 227-232.

Görür, N., 1981, "Trakya Havzası Doğusunda Eosen Resifleri" İst. Yerbilimleri, 2:3-4.

Yaman, S., 1991, "Mersin Ofiyolitin Jeolojisi ve Metallojenisi" Ahmet Acar Jeoloji Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, s. 255-267, Adana.

Yetiş, C. ve Demirkol, C., 1986, "Adana Baseni Batı Kesiminin Detay Jeolojik Etüdü": MTA Raporu derleme no. 8037-8037a (yayınlanmamış), 187 s.

Yetiş, C., 1988. "Reorganization of the Tertiary Stratigraphy in the Adana Basin, Southern Turkey", Newls Str., 20: 43-58.

Yetiş, C., Kelling, G., Gökcen S. L. ve Baroz, F., 1995. "A Revised Stratigraphic Framework for Later Cenozoic Sequences in the NE Mediterranean Region", Geol. Rundsch 84: 794-812.



**YEŞİLOVA OFİYOLİTİNE AİT BAZALTALARIN (BURDUR-GB TÜRKİYE)  
PETROGRAFİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

Tamer KORALAY

A.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara/Türkiye

Yahya ÖZPINAR

P.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Denizli/Türkiye

**ÖZET:** *Ideal bir ofiyolit dizisine göre eksik dizi karakterli Yeşilova ofiyoliti Güneybatı Toroslarda yeralır. Yeşilova ofiyoliti tabandan tavana doğru tektonitler, ultramafik ve mafik kümülatlar, izotrop gabrolar, plagiogranitler ve bazaltlar' dan oluşmuştur. Ofiyolitin tabanında bulunan tektonitler harzburjıt, dünit, serpantinlenmiş harzburjıt, serpantinlenmiş dünit, serpentinit ve dünitik kılıflı kromit küteleriyle temsil edilirler. Tektonitler çeşitli bileşimli mafik dayklar tarafından kesilmişlerdir. Tektonitler üzerinde ultramafik-mafik kümülatlar bulunur. Kümülat birimini tabandan tavana doğru kümülat dünit, verlit-klinopiroksenit, olivin gabro, izotrop gabro ve plagiogranitler oluşturur. Ofiyolit dizisinin en üstünde yeralan bazaltlar Tefenni yaylası çevresinde yuzeyler. Bazaltların kümülat birimi ve üzerine gelen Kızılçadağ melanj ile tüketiciliği yüzeyler. Bazaltların kümülat birimi ve üzerine gelen Kızılçadağ melanj ile tüketiciliği yüzeyler. Bazaltların kümülat birimi ve üzerine gelen Kızılçadağ melanj ile tüketiciliği yüzeyler.*

**PETROGRAPHIC AND GEOCHEMICAL PROPERTIES OF BASALTS IN  
YESİLOVA OPHIOLITE (BURDUR-SW TÜRKİYE)**

**ABSTRACT:** *According to the ideal ophiolite sequence, Yeşilova ophiolite, located Southwest Taurids, has incomplete sequence character. Yesilova ophiolite composes of tectonites, ultramafic and mafic cumulates, isotrope gabbros, plagiogranite and basalts from bottom to top. Tectonites are harzburgites, dunites, serpentinized harzburgite and dunites, serpentinite and chromite bodies with dunitic rim. Tectonites are cut by isole dikes with several compositions. Cumulate units consist of cumulate dunite, wherlite-clinopyroxenite sequence, olivinic gabbros, isotrope gabbros and plagiogranite. Basalts in ophiolite outcrop around Tefenni plateau. Basalts overlie cumulate units at the bottom, are covered by Kızılçadag Melange at the top. Boundary between basaltic rocks and these unit are tectonic. Basalts are seen highly altered. In microscopic*

*investigations, intersertal and porfritic texture and plagioclase+pyroxen(augite)+olivine+magnetite mineral paragenesis have been determinated. Basalts are "low potassium basalt", "mid ocean ridge basalt" and "N-type MORB" based on the major and immobile trace element concentration. Also the REE patterns display geochemical characteristics of Mid Ocean Ridge Basalt.*

## 1. GİRİŞ

Batı Toroslarda bulunan bölgede kayaç birimleri otokton (Menderes masifi, Beydağları otoktonu) ve allokton (Likya napları, Antalya napları) karakterlidirler (Poisson, 1977; Önalan, 1979; Şenel vd., 1989, Bilgin vd., 1990; Ersoy, 1990). Bölgedeki ofiyolit topluluklarının oluşum yaşları Üst Kretase - Üst Kretase öncesidir (Tatar, 1968; Sarp, 1976; Yılmaz, 1981) ve bugünkü konumlarına Geç Kretase - Lütesiyen (Sarp, 1976; Özpinar, 1987; Okay, 1989; Özpinar vd., 1996), Orta - Üst Eosen (Ercan vd., 1983; Ersoy, 1990; Özpinar, 1995), Üst Senoniyen-Erken Paleosen'de (Bilgin vd. 1990) yerleşmişlerdir.

Bölgedeki ofiyolitik kayaçlar hafif serpantinleşmiş harzburjit, dünit ve bunları kesen piroksenit, gabro ve diyorit dayakları ile daha az miktarda kümülatlar ve bazik volkaniklerden meydana gelir. (Colin, 1962, Karaman, 1987; Sarp, 1976, Özpinar, 1987; Kurnaz ve Anıl., 1992, Özpinar vd. 1996). Bölgedeki ofiyolitik kayaçlarda yaygın ekonomik oluşumlar (kromit, manyezit) bulunur (Balçı vd., 1974; Kurnaz ve Anıl., 1992; Özpinar vd., 1996).

Bu çalışmada bazaltların petrografisine ek olarak, nadir ve iz element içerikleri belirlenmiş, bazaltları oluşturan magmanın karakteristiği ortaya

konulmaya çalışılmıştır.

## 2. STRATİGRAFİ

İnceleme alanı Burdur ili, Tefenni yaylası ve çevresinde yer alır. Çalışma alanında görülen birimler, allokton özellik gösteren Geç Jura-Erken Kretase yaşlı Yeşilova ofiyoliti (Sarp, 1976), Üst Senoniyen yaşlı Kızılıcadağ Ofiyolitli Melanjı (Poisson, 1977), neootokton özellik gösteren Pliyo-Kuvatner yaşı Niyazlar formasyonu (Poisson, 1977) dur (Şekil 1).

İnceleme alanının büyük bir kısmını oluşturan ofiyolitik kayaçlar Sarp (1976) tarafından Yeşilova ofiyoliti olarak adlandırılmıştır. Yeşilova ofiyoliti tabanında yaygın olarak harzburjit, daha az yaygın dünit ve kromitler bulunur. Harzburjit ve dünitler, dolerit (diyabaz), piroksenit, gabro ve mikrogabro bileşimli izole dayaklar tarafından kesilmektedir.

Harzburjit ve dünitlerin üzerinde ultramafik ve mafik bileşimli kümülatlar bulunur. Kümülat birimi içerisinde alttan üste doğru verlit, klinopiroksenit, olivin gabro, izotrop gabro ve plajigranit görülmektedir. Tüm bu birimlerin üstünde bazaltlar görülür.

Yeşilova ofiyoliti üzerine yataya yakın bir tektonik dokanakla, ofiyolitik kayaç parçaları, kireçtaşlı olistolitleri içeren, radyolarit, çamurtaşlı, serpantinit matriksli

## YEŞİLOVA OFİYOLİTİNE AİT BAZALTALARIN (BURDUR-GB TÜRKİYE) PETROGRAFİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Üst Senonyen yaşlı Kızılçadağ ofiyolitli melanji gelir.

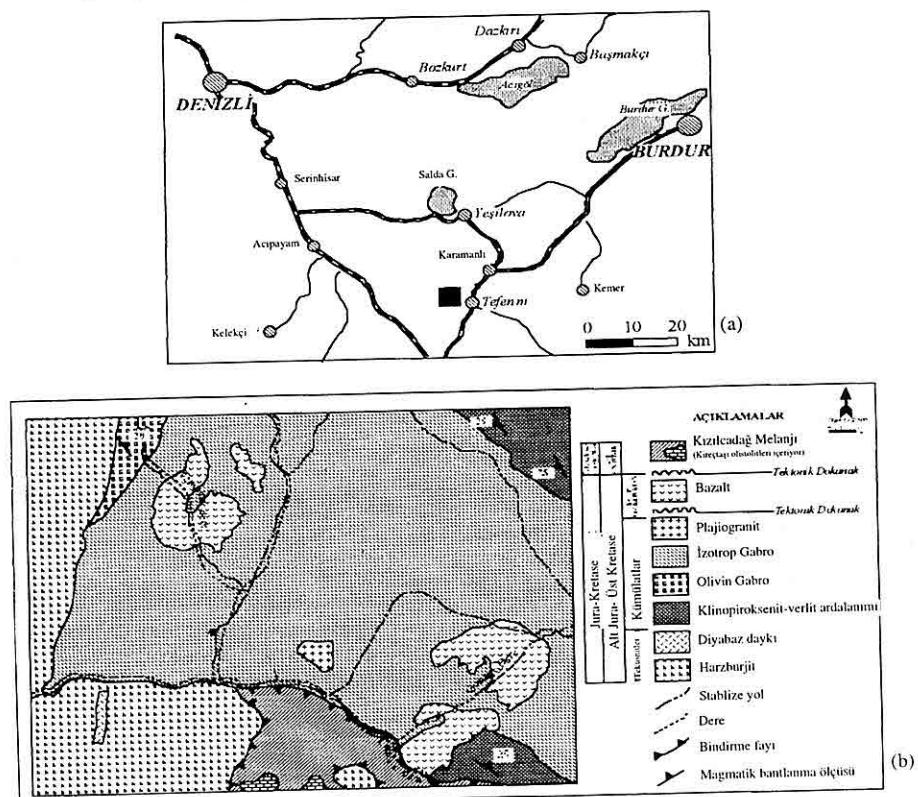
Kızılçadağ ofiyolitli melanji üzerinde inceleme alanında görülmeyen, Pliyo-Kuvaterner yaşlı, ofiyolit çakılları ve kumları içeren, karasal karakterli Niyazlar formasyonu (Poisson, 1977., Özpinar vd., 1996) açısal uyumsuzlukla yer alır.

### 3. PETROGRAFI

İnceleme konusu bazaltlar Tefenni yaylası ve çevresini kapsayan çalışma alanında Büyükküsürelik dere, Karapınar dere, Gökarık dere ve Canavar dere ile Erbey derenin kesişimine yakın tepeliklerde yüzeylenirler (Şekil 1).

Bazaltlar genellikle sarımsı kahverengi renkte olup, fazlaca altere olduklarından kolay ufalanırlar. Bu nedenle fazla dik olmayan yumuşak morfoloji gösterirler. Bazaltların el örneklerinde kristalleri ayırtlamak zordur.

İnceleme alanındaki bazaltların tabanında izotrop gabrolar bulunur. İdeal bir ofiyolit istifinde bazaltlar ve izotrop gabrolar arasında görülen levha dayk kompleksinin olmaması nedeniyle, bazaltların izotrop gabrolar ile olan dokanakları tektonik olarak yorumlanmıştır. Bazaltların üzerinde yatay veya yataya yakın tektonik bir dokanakla Kızılçadağ ofiyolitli melanji yeralır.



Şekil 1. İnceleme alanı (a): yerbelduru (b): jeoloji haritası.

Bazaltların görünür kalınlıkları 50 m' dir.

Bazaltların mikroskopik incelemesi sonucu intersertal, bazı kesitlerde akma dokusuna sahip olduğu, mineralojik olarak plajiolas+piroksen+olivin+klorit+epidot+manyetit minerallerinden oluşukları belirlenmiştir.

Plajiolaslar, küçük ince uzun kristaller şeklinde, yaygın olarak killeşmiş, kloritleşmiş olarak görülürler. Bazı kesitlerde bulunan iri fenokristalleri üzerinde yapılan sönme açıları ölçümüne göre albit bileşimli oldukları belirlenmiştir.

Piroksenler, beyaz girişim rengine sahip, iri, yarı özçekilli fenokristaller halinde olup, ojit bileşimlidirler. Çoğunlukla klorit, epidot gibi ikincil minerallere dönüşmüştür.

Olivinler, çoğulukla serpantin minerallerine dönüşmüş olup, kenarları yuvarlaklaşmıştır.

Literatürde albit, klorit, epidot, kalsit ve manyetit minerallerinin birarada bulunduğu kayaçlara spilitik kayaçlar denilmektedir. Bu kayaçlar bazaltlara benzer kimyasal bileşime sahip olup, oldukça fazla bozunmaya uğramış kayaçlardır: Spilitlerin oluşumları üzerine değişik görüşler mevcut olmakla birlikte genel anlamda denizaltı volkanizması ile ilişkili oldukları düşünülmektedir (Erkan, 1997). Petrografik incelemeler sonucunda inceleme alanı örneklerinde de spilitlere benzer mineralojik bileşim tesbit edilmiş ve inceleme alanı bazaltlarının spilitik bazalt özelliği gösterdikleri belirlenmiştir.

#### 4. JEOKİMYA

Mikroskop incelemesi sonucu fazla ayırmamış olduğu belirlenen bazalt örneklerinin 5 tanesinden kullanım amacıyla uygun olarak ana, iz ve nadir toprak element analizleri yaptırılmıştır. Kimyasal analizler ACME Analytical Laboratories Ltd. (KANADA) tarafından, ICP-MS tekniği kullanılarak yapılmıştır. Kimyasal analizleri yapılan kayaç örneklerine ait ana ve bazı iz element analiz değerleri tablo.1'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre kayaçlara ait kızdırma kaybı (LOI = Lost On Ignition) değerleri 1.1-5.8 arasındadır. Kızdırma kaybı değerinin artması genellikle kayacın bozunma oranıyla doğru orantılı olduğundan örneklerin biri hariç nispeten daha az bozunmuş oldukları görülmektedir.

İnceleme alanı bazalt örneklerine ait major oksit element değerleri kullanılarak hazırlanan Harker diyagramlarına göre, MgO, CaO ve TiO<sub>2</sub> değerleri ile SiO<sub>2</sub> değerleri arasında negatif bir ilişki mevcut iken, Na<sub>2</sub>O ve P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> değerleri ile SiO<sub>2</sub> değerleri arasında pozitif bir ilişki vardır. Buna karşın Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O değerleri ile SiO<sub>2</sub> değerleri arasında belirgin bir ilişki görülmemektedir (Şekil 2).

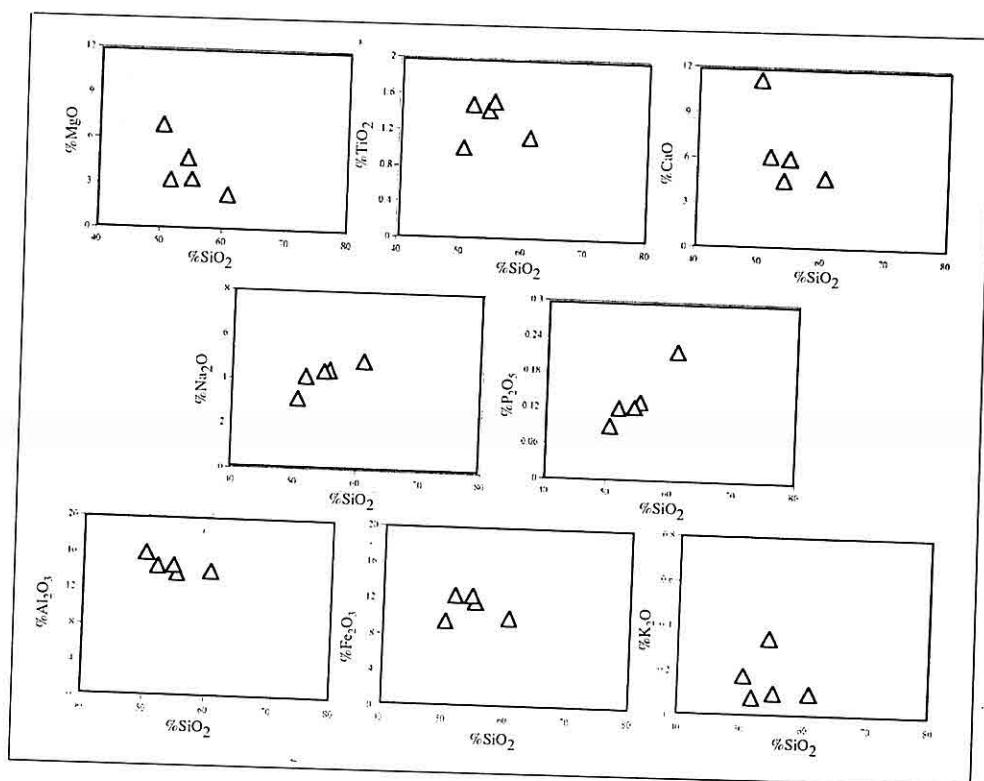
Magma karakterini belirlemek için toplam alkali (%Na<sub>2</sub>O+ K<sub>2</sub>O)-silika (SiO<sub>2</sub>) diyagramına yerleştirilen örnekler subalkalen alana düşmüştür (Şekil 3).

Subalkalen karakterli bir magma ürünü olan kayaçlar Irvine-Baragar(1977) tarafından geliştirilen AFM diyagramında toleyitik alana düşmüştür (Şekil 4).

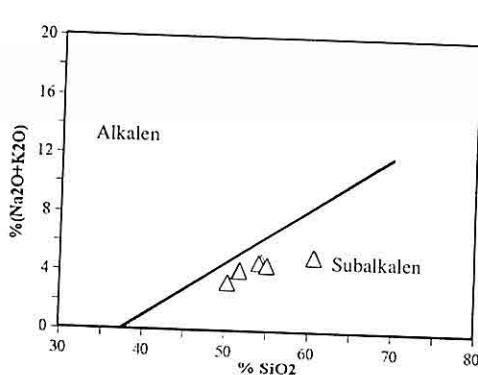
*YEŞİLOVA OFİYOLİTİNE AİT BAZALTALARIN (BURDUR-GB TÜRKİYE) PETROGRAFİK  
VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ*

**Tablo 1.** Bazalt örneklerine ait ana ve bazı iz element analiz değerleri.

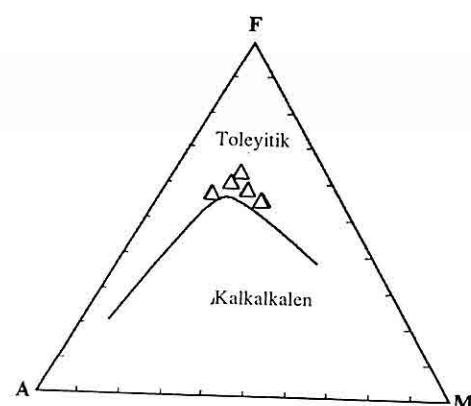
Örnek No		K.54	K.61	K.66	K.76	K.79
$\text{SiO}_2$	%	55.04	60.74	50.39	54.3	51.72
$\text{Al}_2\text{O}_3$	%	14.26	14.16	15.96	14.77	14.8
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	%	11.71	10.08	9.67	12.29	12.34
$\text{MgO}$	%	3.26	2.24	7.03	4.75	3.27
$\text{CaO}$	%	5.85	4.72	11.06	4.66	5.97
$\text{Na}_2\text{O}$	%	4.42	5.01	3.13	4.39	4.1
$\text{K}_2\text{O}$	%	0.1	0.1	0.17	0.35	0.09
$\text{TiO}_2$	%	1.52	1.13	1.01	1.44	1.49
$\text{P}_2\text{O}_5$	%	0.13	0.22	0.09	0.12	0.12
$\text{MnO}$	%	0.16	0.05	0.17	0.21	0.2
$\text{Cr}_2\text{O}_3$	%	0.012	0.014	0.029	0.013	0.013
LOI	%	3.3	1.4	1.1	2.4	5.8
SUM	%	99.79	99.91	99.86	99.73	99.95
Ba	ppm	14	15	42	61	20
Sr	ppm	81.1	99.8	152.8	103.8	87.7
Rb	ppm	0.67	0.93	2.9	2.14	0.93
Ni	ppm	1	1	18	11	15
Co	ppm	25.5	24.1	46.7	34.8	35.1
Ga	ppm	17.7	18.1	15.8	18	18.6
Hf	ppm	2.7	3.8	1.7	2.6	2.4
Nb	ppm	1.63	2.38	0.81	1.5	1.52
Ta	ppm	0.2	0.3	0.1	0.2	0.2
Th	ppm	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3
V	ppm	190	18	252	320	355
W	ppm	24.5	82.5	85.4	34.8	19.5
Zr	ppm	90.6	136.2	60.9	89.3	83.8
Y	ppm	40.9	58.7	25	38.6	38.5



**Şekil 2.** Bazalt örneklerine ait major oksit değerlerinin  $\text{SiO}_2$  değerlerine göre değişim grafikleri.



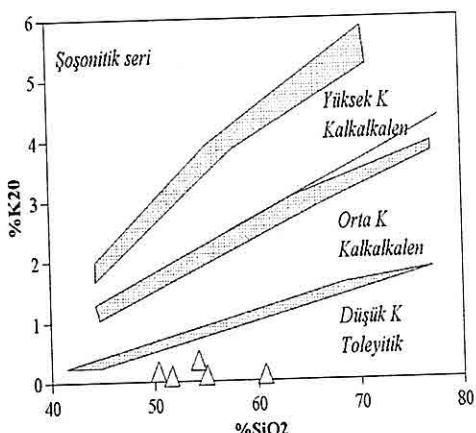
**Şekil 3.** İnceleme alanı Bazalt örneklerinin  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - (\text{SiO}_2)$  diyagramına göre dağılımı.



**Şekil 4.** İnceleme alanı Bazalt örneklerinin AFM diyagramına göre dağılımı. (Irvine-Baragar, 1977).

**YEŞİLOVA OFİYOLİTİNE AİT BAZALTALARIN (BURDUR-GB TÜRKİYE) PETROGRAFİK  
VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

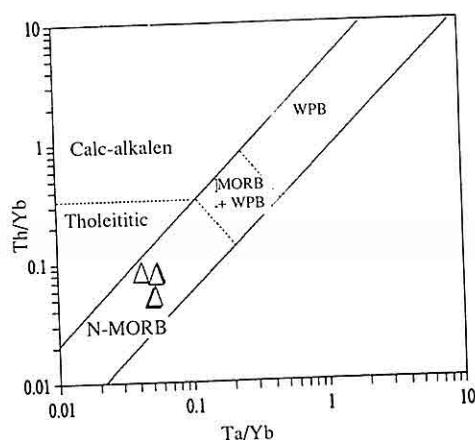
Subalkalen magma ürünü olan kayaçlar  $K_2O$  ve  $SiO_2$  içeriklerine göre alt sınımlara ayrılmıştır. Le Maitre vd. (1989) tarafından yapılan  $K_2O$ - $SiO_2$  diyagramına göre inceleme alanı bazalt örnekleri düşük K'lu toleyit alanına düşmüştür (Şekil 5).



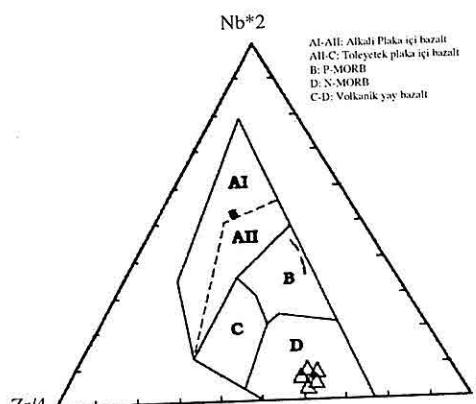
**Şekil 5.** İnceleme alanı bazalt örneklerinin  $K_2O$ - $SiO_2$  diyagramına göre dağılımı (Le Maitre vd., 1989).

Alterasyon, metamorfizma ve metosomatizma gibi kimyasal olaylara karşı duraylı oldukları bilinen Zr, Nb, Y, Hf, Ta ve Th gibi elementler özellikle volkanik kayaçların petrolojik özelliklerini ve tektonik oluşum ortamlarını belirlemekte sıkılıkla kullanılmaktadır (Rollinson, 1993). Buna göre Th/Yb-Ta/Yb,  $Nb^{*2}$ -Zr/4-Y ve Hf/3-Th-Ta diyagramlarına yerleştirilen bazalt örnekleri N-tipi MORB (tüketilmiş manto) alanına düşmüştür (Şekil 6,7,8).

Bazalt örneklerinin La-Lu kadar olan tüm nadir toprak elementi (REE)

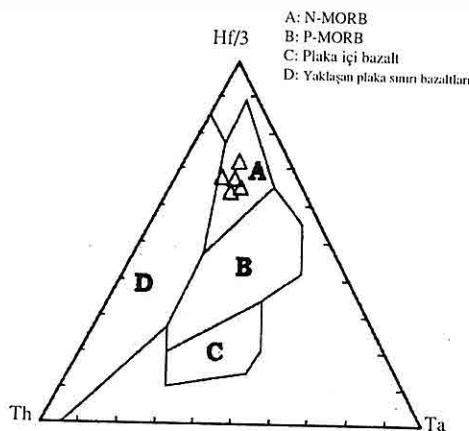


**Şekil 6.** İnceleme alanı bazalt örneklerinin Th/Yb-Ta/Yb diyagramına göre dağılımı (Pearce, 1982).



**Şekil 7.** İnceleme alanı bazalt örneklerinin  $Nb^{*2}$ -Zr/4-Y diyagramına göre dağılımı (after Meschede, 1986).

değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Örneklerde ait toplam REE değerleri 50.43-78.66, La/Lu oranları 0.77-1.14 ve Eu/Sm oranları 0.34-0.43 arasında bulunmuştur.



**Şekil 8.** İnceleme alanı bazalt örneklerinin Hf/3 - Th - Ta diyagramına göre dağılımı (Wood, 1980).

Bu değerler tipik bir toleyit değerleri ile karşılaştırılmış ve örneklerde ait değerlerin toleyit sınırları içerisinde kaldığı görülmüştür. Bu değerlere göre bazalt örneklerinin tüketilmiş manto ürünü olduğunu söyleyebiliriz.

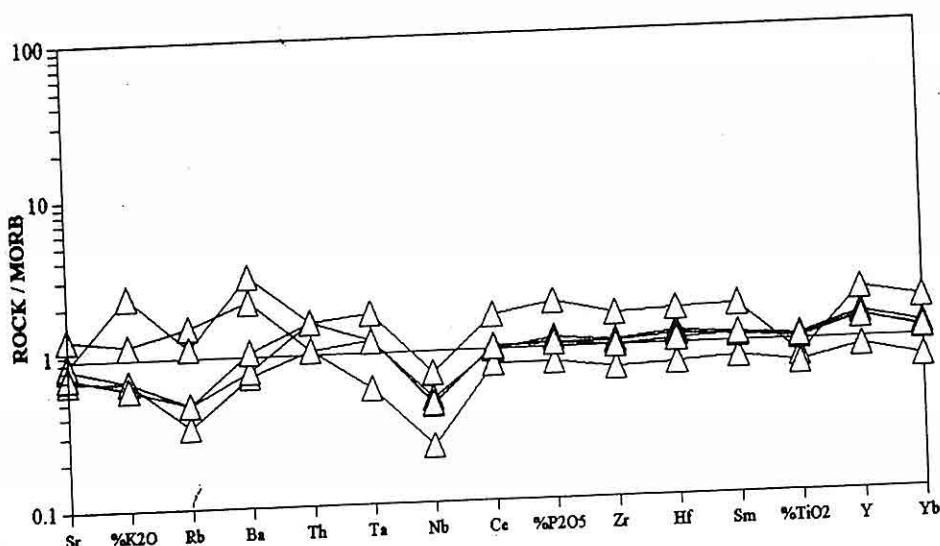
İz element değerlerini MORB (Mid Oceanic Ridge Basalt)'a ait iz element

değerlerine oranladığımız zaman bazalt örneklerinin ideal MORB çizgisine yakın bir trend gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 9). Ayrıca örnekler LIL elementler bakımından MORB çizgisine göre yer yer zenginleşme ve yer yer fakirleşme göstermekte buna karşın HFS elementleri bakımından daha uyumlu bir şekil çizmektedir. LIL elementlerin farklı şekiller sergilemesi bu elementlerin hareketli elementler olmasından dolayı bölgedeki ofiyolitik kayaçların farklı magmatik süreçlerin etkisi altında kalmaları ve yer yer bozunmadan dolayı da etkilenmiş olabileceklerini gösterebilmektedir. Diyagramda Nb değerleri MORB değerine göre daha fazla tüketilmiş olarak görülmektedir. Nb magmanın kısmi ergime ve farklılaşma süreçleri boyunca oldukça hareketli bir element olup, magmanın alkalilik derecesine bağlı olarak artış gösterir. Çarışma zonlarında oluşan volkanik kayaçlarda oldukça düşük (0.1-5 ppm) değerlerdir.

Örneklerde ait Nadir Toprak Element (REE) değerleri ile kondrit'e ait REE

**Tablo 2.** Bazalt örneklerine ait nadir toprak element analiz sonuçları (ppm).

Ör.No	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	SREE	La/Yb	Eu/Sm		
K54	3	9.4	1.77	9.6	3.5	1.28	4.76	0.89	6.22	1.44	4.53	0.67	3.89	0.65	51.6	0.77	0.37		
K61	5.4	15.5	2.79	14.9	5.4	1.86	6.87	1.29	8.77	2.04	6.28	0.96	5.66	0.94	78.66	0.95	0.34		
K66	2.7	7.5	1.35	7	2.5	1.04	3.16	0.58	3.76	0.85	2.66	0.4	2.37	0.38	36.25	1.14	0.42		
K76	3.6	9.8	1.82	9.5	3.4	1.33	4.59	0.84	5.72	1.35	4.16	0.64	3.59	0.62	50.96	1	0.39		
K79	3.7	9.6	1.77	9	3.5	1.51	4.53	0.84	5.55	1.33	4.16	0.64	3.68	0.62	50.43	1	0.43		
*Toleyitler				$\Sigma$ REE(La-Lu)				21.6-146				La/Yb		0.42-3.8		Eu/Sm		0.29-0.46	
(*Henderson, 1984'den alınmıştır.)																			



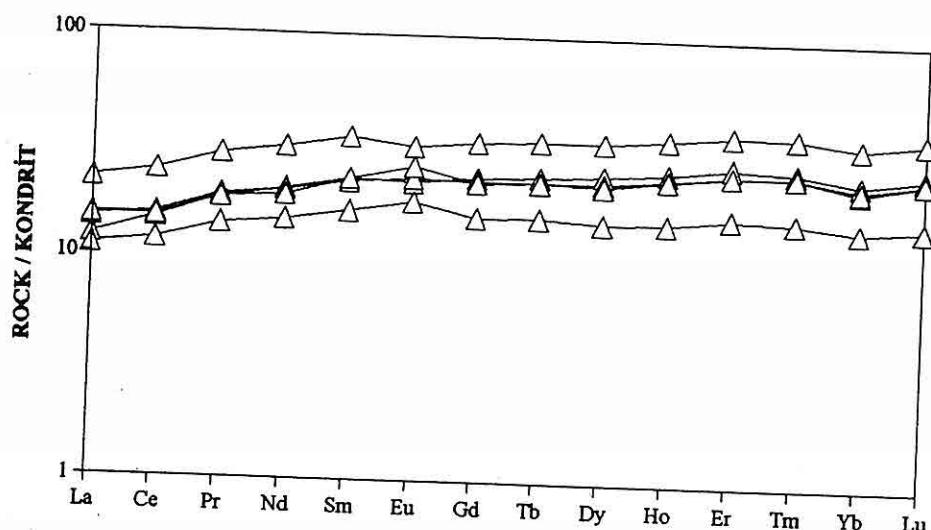
**Şekil 9.** İnceleme alanına ait Bazalt örneklerinin iz element içeriklerinin MORB' a göre oranlanmış örümcek diyagramı.

değerlerini karşılaştırdığımız zaman örneklerin kondrit değerlerine göre en az 10 kat daha zenginleşmiş oldukları görülmür (Şekil 10). Genel olarak LREE ve HREE değerleri birbirlerine yakın düz bir desen ilişkisi gösteriyorsa da HREE değerlerinin LREE değerlerine göre biraz daha fazla zenginleştiği görülmektedir. HREE lerin LREE' e göre nisbeten zenginlik göstermesi manto kökenli olan bu kayaçların ofiyolitik kimliklerinden kaynaklanmaktadır. Bu durum olivin, orto-klino piroksen gibi minerallerin eriyik içerisinde fazlaca kristalleşmesiyle ortaya çıkmaktadır.

## 5. SONUÇLAR

Yeşilova ofiyolit dizisinin en üst kısmında görülen bazaltlar oldukça altere görünümdede olup, yaygın olarak intersertal,

porfirik ve akma dokusu göstermektedir. Mineralojik bileşim olarak plajiolas + piroksen + olivin + klorit + epidot + manyetit mineralleri belirlenmiştir. İnceleme alanı bazaltları ojit bazalt olarak adlandırılmış olup, spilitleşme özelliği gösterirler. Jeokimyasal verilere göre "düşük potasyumlu bazalt", "okyanus ortası sırtı bazaltları" ve "N-tipi MORB" karakterine sahip olan bazaltlar, iz element içeriklerine göre toleyitik magmaların gösterdiği iz element dağılım desene uygun değişim gösterirler. Bazalt örnekleri LIL elementler bakımından düzensiz bir desen ilişkisi gösterirken, HFS elementleri bakımından daha düzenli bir desen ilişkisi gösterirler. LIL elementlerinde görülen düzensiz değişimler bölgedeki ofiyolitik kayaçların farklı magmatik süreçlerin etkisi altında



**Şekil 10.** İnceleme alanına ait Bazalt örneklerinin iz element içeriklerinin kondrit'e göre oranlanmış örümcek diyagramı.

kalmaları ve yer yer bozunmadan *Krom Nikel Prospeksiyonu. M.T.A. Derleme no. 6336.* etkilenmiş olabileceklerini göstermektedir. Kayaç/Kondrit normalize diyagramına göre bazalt örnekleri REE değerleri bakımından kondrit değerlerine göre 10 kat daha fazla zenginleşme göstermektedir. HREE'lerin LREE'e göre nisbeten zenginlik göstermesi olivin, ortoklino piroksen gibi minerallerin eriyik içerisinde fazlaca kristalleşmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Jeokimyasal çalışmalar sonucu Yeşilova ofiyolitine ait bazaltların tüketilmiş manto kökenli bir kaynaktan oluştuğu belirlenmiştir.

## 6. KAYNAKLAR

Balci, M., Sarıkaya, A. ve Yıldız, M. (1974). Burdur (Yeşilyuva-Tefenni) ve Denizli (Acipayam) Peridotit Masiflerinde

*Bilgin, Z. R., ve Diğ. (1990). Yeşilova-Acıgöl Civarının Jeolojisi. M.T.A. Rapor no.9071, Ankara.*

*Colin, J. H. (1962). Fethiye-Antalya-Kaş-Finike (Güneybatı Türkiye) Bölgesinde Yapılan Jeolojik Etüdler. M.T.A. Dergisi no. 59. 19-59 p.*

*Ercan, T., Güney, E. ve Baş, H., 1983. Denizli volkanitlerinin petrolojisi ve plaka tektoniği açısından bölgesel yorumu. TJK Bülteni, cilt 26., sayı 2., 153-159 s.*

*Erkan, Y., (1997). Magmatik Petrografi. H.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 183 s., Ankara.*

*Ersoy, Ş. (1990). Batı Toros (Likya) Naplarının Yapısal Özelliklerinin ve Evriminin Analizi. Jeoloji Mühendisliği.,*

YEŞİLOVA OFİYOLİTİNE AİT BAZALTLARIN (BURDUR-GB TÜRKİYE) PETROGRAFİK  
VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

- Sayı. 37., 5-16 s.
- Henderson, P., 1984, *Rare Earth Element Geochemistry*, Elsevier, 510p
- Irvine, T.N. & Baragar, W.R.A., 1977. A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. *Can.J. Earth Sci.*, 8, 523-548.
- Karaman, T. (1987). Yeşilova - Tefenni (BURDUR) Batısında Kalan Alanın Jeolojisi ve Petrografisi. S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi., 84 s. Konya.
- Kurnaz, M., Anıl, M. (1992). Yeşilova - Tefenni (BURDUR) Arası Ofiyolitleri ve Kromit Cevherleşmeleri. Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi., Cilt 7., Sayı 2., 1-17 s.
- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Woolley, A.R. And Zanettin, B., 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary Terms. Blackwell, Oxford.
- Meschede, M. (1986). A method of discriminating between different types of mid ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagrams. *Chemical Geology*. vol. 56, p. 207-218.
- Okay, İ. A. (1989) Denizli'nin Güneyinde Menderes masifi ve Likya naplarının jeolojisi. M.T.A. Dergisi, 109, s. 33-43, Ankara.
- Önalan, M. (1979). Elmalı-Kaş (Antalya) Arasındaki Alanın Jeolojisi. İ.Ü.F.F Monografileri. Doktora Tezi. Sayı. 29. 139 s. İstanbul.
- Özpinar, Y. (1987). Denizli-Acıpayam Batısının Jeolojik, Petrografik ve Petrokimyasal İncelemesi. K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi., 220 s. Trabzon.
- Özpinar, Y. (1995). *Kale (Denizli) Güneyindeki bölgenin jeolojik ve petrografik incelemesi*. PAÜ. Müh. Fak. Dergisi, 1/1, s. 15-25, Denizli.
- Özpinar, Y., Tayfun, E. ve Kılıç, D. A. (1996). *Salda Gölü (Yeşilova-Burdur) Çevresindeki Ofiyolitlerin Petrografisi ve Salda Gölü Manyezit Oluşumlarının Jeokimyasal İncelemesi*. Ç.Ü. Yerbilimleri Dergisi. Sayı. 28., 125-142 s.
- Pearce, J. A. (1982). Trace elements characteristic of lavas from destructive plate Boundaries, in Thorpe, R. S., ed., *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks*. John Wiley. New York. 719- 746 p.
- Poisson, A. (1977). *Recherches Geologique dans les Taurides. Occidentales (Turquie)*. These Univ. Paris-Sud, Orsay. 795 p.
- Rollinson, H. R.,(1993). *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*. John Wiley & sons. Inc., 352p. New York.
- Sarp, H. (1976). *Etude Geologique et Petroraphique du cortage ophiolitique de la region situee au Nord-Qest de Yeşilova (Burdur-Turquie)*. These no. 1731. Univ. Geneve. 408 p.
- Şenel,M., Selçuk, H., Bilgin, Z.R., Şen, M.A., Karaman, T., Dinçer, M.A., Durukan, E., Arbas,A., Örçen, S. Ve Bilgi, C., 1989, Çameli (Denizli)-Yesilova (Burdur)-Elmalı (Antalya) ve dolayının jeolojisi. M.T.A. Raporu, No: 9429, 344s.
- Wood, D. A. (1980). *The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of*

*tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. Earth and Planetary Science Letters. vol. 50, p. 11-30.*

*Yılmaz, P. O., Maxwell, J. C. ve Muehlberger, W. R. (1981). Antalya kompleksinin yapısal evrimi ve Doğu Akdenizdeki yeri. Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri dergisi sayı 7, s. 119-127.*

**ORTA TOROSLAR'DA BÜYÜKECELİ (GÜLNAR)-YEŞİLOVACIK  
(SİLIFKE) DOLAYININ TEKTONO-STRATİGRAFİ BİRİMLERİ**

**Selim ÖZALP**

*M.T.A. Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara/Türkiye*

**Cavit DEMİRKOL**

*Ç. Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye*

**ÖZET:** *Orta Toroslar'da; Silifke, Anamur ve Gülnar ilçeleri arasında kalan alanda yürütülen bu çalışmada; Neojen istifine temel oluşturan birimlerde; stratigrafi, kaya türü, metamorfizma, yapısal özellikler açısından birbirinden farklı havzaları temsil eden ve birbiriyle tektonik ilişkili iki tektonik birlik ayırtlanmıştır. Bunlar "Geyikdağı Birliği" ile ilk kez bölgede bu çalışmaya ortaya konan "Görbiyesdağı Birliği"dir. Görbiyesdağı Birliği, inceleme alanı içerisinde Üst Kretase yaşı Sipahili formasyonu ile temsil edilirken, Geyikdağı Birliği kendi içerisinde Ovacık Tektonik Dilimi ve Araca Tektonik Dilimi olmak üzere iki tektonik dilimi içermektedir.*

*Ovacık Tektonik Dilimi içerisinde; Üst Kambriyen-Alt Ordovisiyen yaşı Ovacık, Alt Silüriyen yaşı Eğripınar ve Hirmanlı, Üst Silüriyen-Alt Devoniyen yaşı Karayar, Alt Devoniyen yaşı Sığırcık, Orta Devoniyen yaşı Büyükeceli, Üst Devoniyen yaşı Akdere, Üst Permiyen yaşı Kırılderği ve Orta-Üst Triyas yaşı Kuşyuvasitepe formasyonları Üst yüzeylemektedir. Araca Tektonik Dilimi'nde ise; İnfra-Kambriyen yaşı Emircazı, Üst Devoniyen yaşı Akdere, Alt Karbonifer yaşı Korucuk, Üst Permiyen yaşı Kırılderği, Üst Triyas yaşı Murtçukuru, Alt Jura yaşı Yanışlı, Orta Jura-Alt Kretase yaşı Tokmar ve Üst Kretase-Üst Paleosen yaşı Hayvandağı formasyonları yüzlek vermektedir. Ayrıca Üst Kretase yaşı Ofiyolitli Karışık tektonik dokanaklı olarak bölgede gözlenmektedir. Görbiyesdağı ve Geyikdağı birliklerindeki birimler, örtü çökellerini oluşturan Alt Miyosen yaşı Tepeköy ve Çavuşlar ile Orta Miyosen yaşı Mut formasyonları tarafından açısal uyumsuzlukla üzerlenmektedir.*

**TECTONO-STRATIGRAPHIC UNITS OF BÜYÜKECELİ (GÜLNAR)-  
YEŞİLOVACIK (SİLIFKE) AREA IN THE CENTRAL TAURUS REGION**

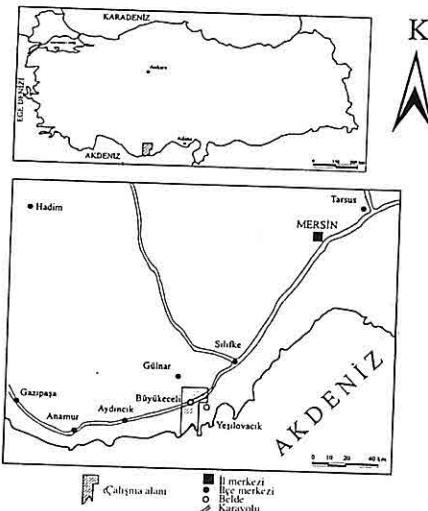
**ABSTRACT:** *This investigation was carried out around Silifke, Anamur and Gülnar areas in the Central Taurides where two tectonic units, which tectonically correspond each other and form a basement to Neogene sequence, were distinguished. These tectonic units metamorphically, stratigraphically, lithologically and structurally demonstrate different basin origin. These units are "Geyikdağı Unit" and "Görbiyesdağı Unit" that is the first time recognized within this study. While the Görbiyesdağı Unit is represented by Upper Cretaceous Sipahili formation, the Geyikdağı Unit is divided into two tectonic slices as being Ovacık and Araca tectonic slices.*

*In the Ovacık Tectonic Slice the following formations crop out; Upper Cambrian-Lower Ordovician Ovacık, Lower Silurian Eğripinar and Hirmanlı, Upper Silurian-Lower Devonian Karayar, Lower Devonian Sığrcık, Middle Devonian Büyükeceli, Upper Devonian Akdere, Upper Permian Kırıldağı, and Middle-Upper Triassic Kuşyuvasitepe formations. In the Araca Tectonic Slice the following formations are observed; Infra-Cambrian aged Emircazi, Upper Devonian Akdere, Lower Carboniferous Korucuk, Upper Permian Kırıldağı, Upper Triassic Murtçukuru, Lower Jurassic Yanişlı, Middle Jurassic-Lower Cretaceous Tokmar, Upper Cretaceous-Upper Paleocene Hayvandağı. Moreover, Ophiolitic Melange was tectonically emplaced in the region during Late Cretaceous. The Görbiyesdağı and the Geyikdağı units are unconformably overlain by Lower Miocene age Tepeköy and Çavuşlar formations which are assumed to be cover deposits, and Middle Miocene Mut formation.*

## 1. GİRİŞ

İnceleme alanı ve yakın dolayında bölgenin jeolojisi ve tektoniğini aydınlatmaya yönelik pek çok çalışma yapılmıştır (Akarsu, 1960; Demirtaşlı, 1976, 1978, 1983, 1984; Özgül, 1976, 1983, 1997; Gedik ve diğ., 1979; Uğuz, 1989; Özgül ve diğ., 1991; Koç, 1996; İpek, 1997; Turan, 1997; Özalp, 1999).

Çalışma alanını; batıda Kırkkavak, doğuda ise Ecemis fayları ile sınırlı olan Orta Toroslar'ın Silifke-Gülnar-Anamur arasında kalan, Büyükeceli (Gülnar)-Yeşilovacık (Hacısaklı) (Silifke) dolayını kapsayan Silifke P31 a3, a4, d1 ve d2 paftaları içerisindeki yaklaşık 400 km<sup>2</sup>lik bir alan oluşturmaktadır (Şekil-1). Bu incelemenin amacı; çalışma alanı içerisindeki Paleozoyik ve Mesozoyik yaşılı birimlerin stratigrafisini ve bunların birbirleri ile olan ilişkilerini ortaya koymaktır. İnceleme alanı içerisinde ilk kez bu çalışma ile ayrıtlanan Görbiyesdağı Birliği ile Geyikdağı Birliği ve Geyikdağı Birliği içerisinde, güneyden kuzeye doğru



Şekil 1. Çalışma alanı yerbulduru haritası.

Ovacık ve Araca Tektonik Dilimleri ayırtlanmıştır.

## 2. STRATİGRAFİ

İnceleme alanında; Neojen istifine temel oluşturan, stratigrafi, kaya türü, metamorfizma, yapısal özellikler açısından birbirinden farklı havzaları

temsil eden ve birbirıyla tektonik ilişkili tektono-stratigrafi birimleri yüzeylemektedir. Bu çalışmada, nitelikleriyle birbirinden farklı özellikler sunan kaya toplulukları için ilk kez Özgül (1976) tarafından kullanılan "Birlik" teriminin kullanılması uygun görülmüştür.

İnceleme alanında temeli "Göreceli Otokton" konumlu Geyikdağı Birliği oluşturmaktadır. Birlik içerisinde Geç Triyas'ta gelişen Erken Alpin Orojenezi'nin etkisiyle Ovacık ve Araca tektonik dilimleri oluşmuştur. Erken Paleosen-Erken Eosen zaman aralığında etkin olan Orta Alpin Orojenezi sonucunda ise Geyikdağı Birliği üzerine Görbiyesdağı Birliği tektonik olarak gelmiştir. Bu birlilikler içerisinde İnfra-Kambriyen - Neojen aralığında çökelmanış tortul birimler yer almaktadır. Bölgedeki bir başka allokton konumlu birim ise oldukça sınırlı bir alanda yüzlek veren Ofiyolitli Karışık'tır. Bütün bu birimleri Miyosen yaşlı Örtü Çökelleri ile Kuvaterner yaşlı oluşuklar açısından uyumsuz olarak üzerlemektedir (Şekil-2, 3, 4).

## **2.1. Geyikdağı Birliği**

### **2.1.1. Ovacık Tektonik Dilimi**

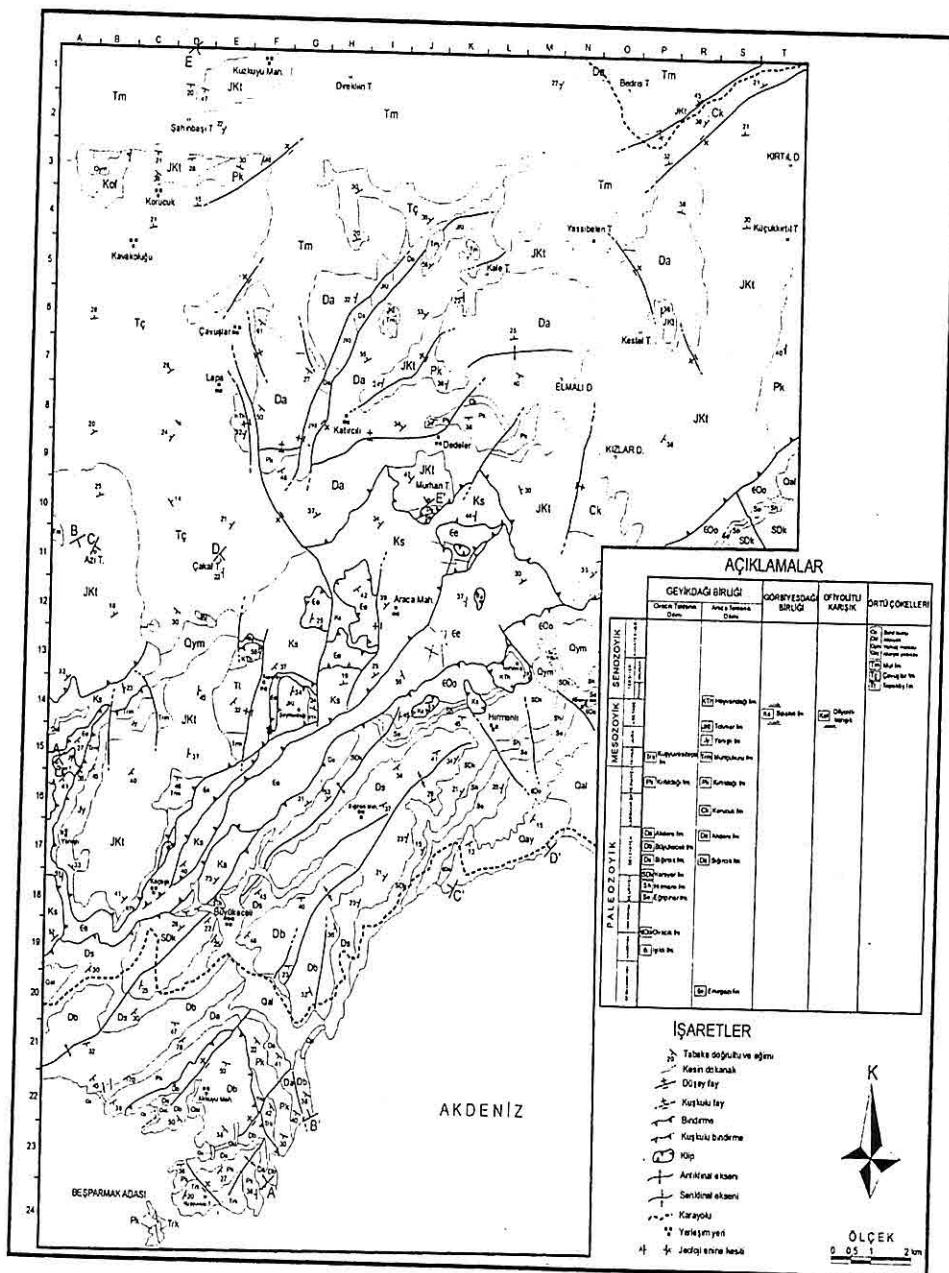
#### **2.1.1.1. Ovacık Formasyonu ( $\varepsilon$ Oo)**

Yeşil, yeşilimsi gri renkli, graptolitli, yer yer yumrulu kireçtaşının mercekleri içeren siltli şeyl ile üzerine gelen gri renkli kumtaşı-silttaşının ardalanımından oluşan birime ilk kez Demirtaşlı (1983) tarafından Ovacık formasyonu adlanması uygulanmıştır. Birim inceleme alanında Eğripınar Mahallesi (N-14) dolayında yüzlek vermektedir. Tip kesiti Silifke-

Anamur karayolunun 40. km'sindeki Ovacık Beldesi'dir (Şekil 2).

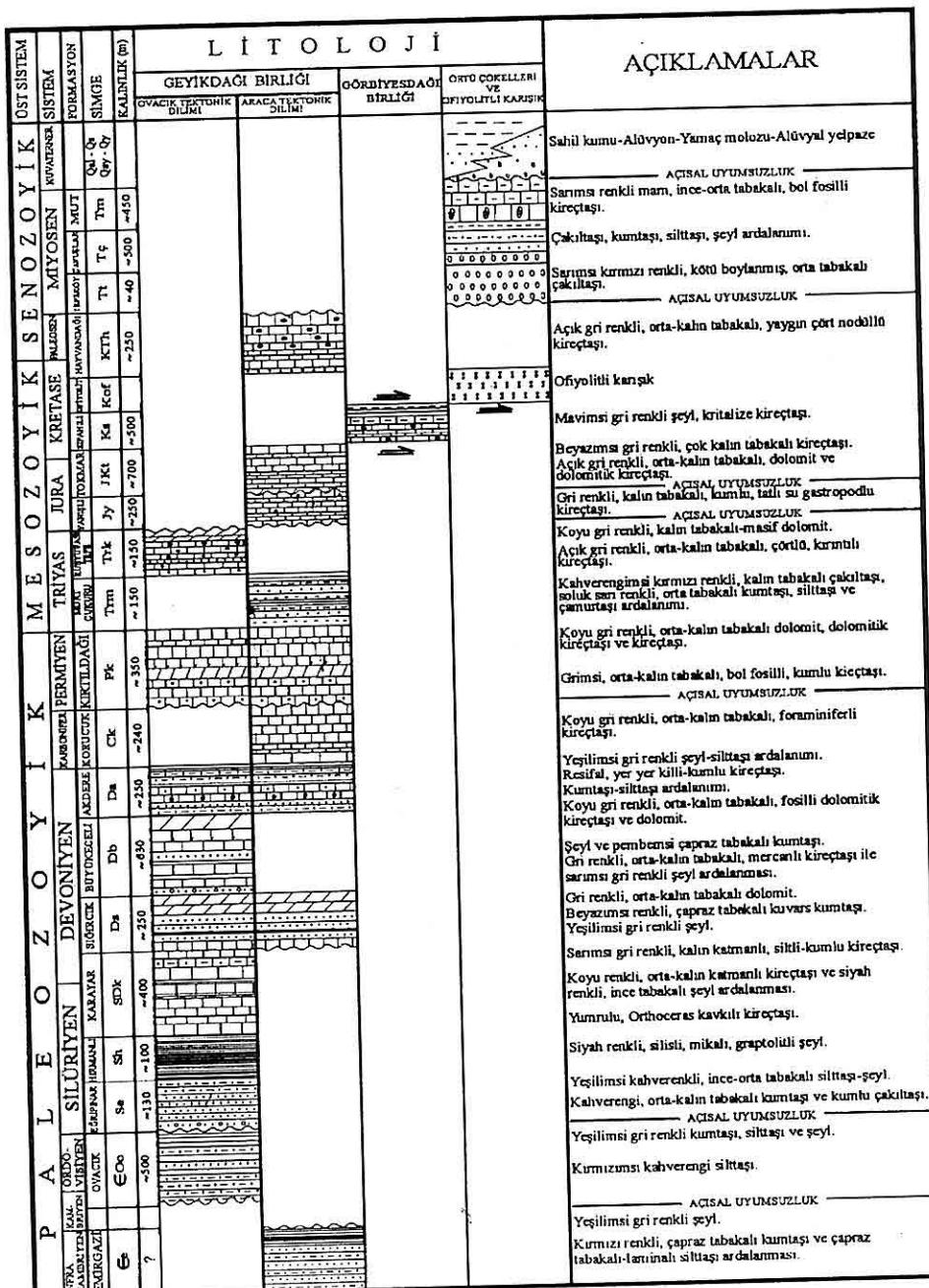
Birimin inceleme alanı içerisinde gözlenmeyen taban kesimlerinde kırmızı renkli, yumrulu, killi kireçtaşının bulunmaktadır (Demirtaşlı, 1983). Bunun üzerine kırmızımsı-yeşilimsi kahverenkli mikali silttaşlı-şeyl ardalanması gelmektedir, bu kesimler kırılgan, çatlaklı ve eklemli yapıdadır. Silttaşlı ve şeyl tabakalarında kurt izi ve dalga kırışığı olmaktadır. Üste doğru formasyon, oldukça kırılgan ve dağılıgan yapı sunan, yeşilimsi gri renkli, mikali, graptolitli şeyl ile çapraz tabakalı kumtaşı ardalanmaları ile temsil edilir. Yaklaşık 500 m kalınlığa sahip olan birimin taban dokanağı inceleme alanı yakın doğusunda; Orta-Üst Kambriyen yaşlı Işıklı formasyonu ile uyumludur. Tavan dokanağında ise açısal uyumsuz olarak Eğripınar formasyonu tarafından üzerlenmektedir. Hayvan Dağı (L-13) dolayında birimin üzerinde tektonik dokanak ile Üst Kretase-Üst Paleosen yaşlı Hayvandağı formasyonu yer alır (Şekil 2, 3).

Ovacık formasyonundan derlenen örneklerde birime yaş verebilecek herhangi bir fosile rastlanmamıştır. Ancak Demirtaşlı (1983), inceleme alanı ve yakın dolayında yapmış olduğu çalışmada saptadığı konodont fosillerinden Üst Kambriyen'i; üst seviyelerdeki şeyllerin içeriği *Didymograptus* sp. ve *Tetragraptus* sp. gibi graptolitler ile çok az miktardaki brakyopod parçacıklarından ise Alt Ordovisiyen yaşını bulmuştur. Bu

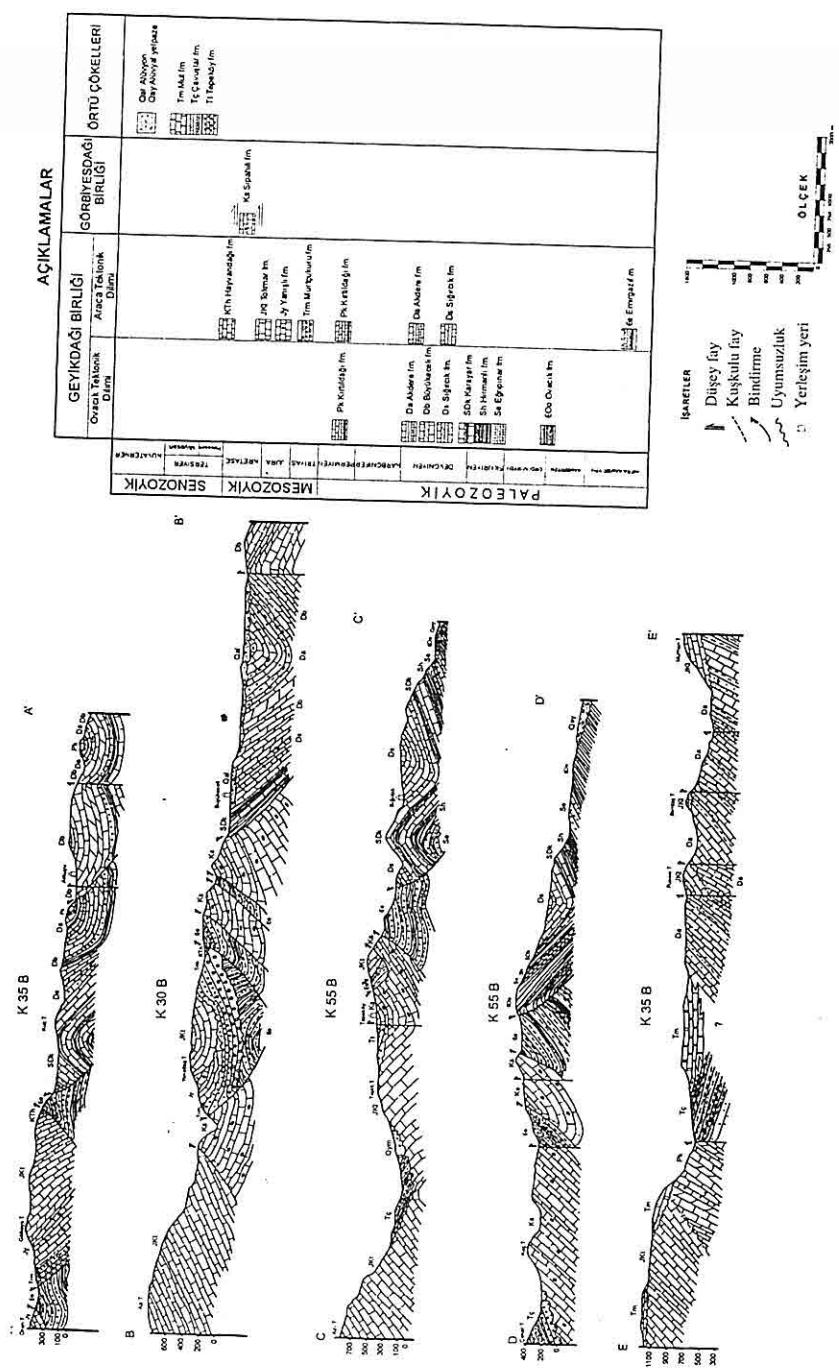


Şekil 2. Büyükeceli (Gülnar)-Yeşilovacık (Silifke) dolayının jeoloji haritası.

**ORTA TOROSLAR'DA BÜYÜKECELİ (GÜLNAR)-YEŞİLOVACIK (SİLİFKE) DOLAYININ  
TEKTONO-STRATİGRAFİ BİRİMLERİ**



**Şekil 3. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafi kesiti.**



Sekil 4. Büyükköçeli (Gülnar)-Yeşilovacık (Silike) dolayının jeolojîine kesitleri.

verilere göre birim Üst Kambriyen-Alt Ordovisiyen zaman aralığında çökelmiş olmalıdır.

Formasyonun gerek litolojik özellikleri ve gerekse fosil içeriği, tektonik olarak nispeten duraklı ve giderek derinleşen şelfin derin kesimine işaret eder. Birim; Seydişehir yöresinde yüzeyleyen Seydişehir formasyonu (Dean ve Monod, 1970), Alanya yöresinde yüzeyleyen Lordlar formasyonu (Özgül, 1983) ve Doğu Toroslar'daki Armutludere formasyonu (Özgül ve diğ., 1973) ile denetirilebilinir.

#### **2.1.1.2. Eğripınar Formasyonu (Se)**

Demirtaşlı (1983), Silifke batısındaki Eğripınar mahallesi (N-14) ve dolayında gözlenen birim için bu adlamayı uygulamıştır. Formasyonun tip kesit yeri Eğripınar mahallesinin 1 km kadar batısındadır (Şekil 2).

Birim genellikle aşınmalı tabanla başlayan, açık kahverenkli, orta-kalın tabakalı, yer yer şeyl aratabakalı, iyi derecede yuvarlaklaşmış kuvars çakılları içeren, yer yer çapraz tabakalanmalı çakıllı kumtaşı ile başlamaktadır. Üste doğru yeşilimsi kahverenkli, ince-orta tabakalı silttaşlı-şeyl ardalanımına geçmektedir. Daha üst seviyelere doğru ise birim koyu kahverenkli, orta tabakalı, yaklaşık 5 m kalınlıkta kuvars kumtaşı ile son bülmaktadır. Eğripınar formasyonu tabanında Ovacık formasyonu ile açısal uyumsuz bir dokanak ilişkisine sahiptir. Tavan dokanağını ise uyumlu olarak Hirmanlı formasyonu oluşturmaktak olup, arazi gözlemlerine göre birimin kalınlığı

yaklaşık 130 m'dir (Şekil 3).

Demirtaşlı (1983), birimde saptadığı *Mutipli ciosphaeridium denticulatum*, *Mutipli ciosphaeridium pilaris*, *Mutipli ciosphaeridium fisheri*, *Neeveryhachium carminae*, *Tunisphaeridium parvum*, *Tylotopella cf. caelamonicutis*, *Electoriskos sp.*, *Ambitissporites sp.* miyosporlarına göre Alt Silüriyen yaşı vermiştir.

Çakıllı-kumlu seviyelerle silttaşlı-şeylli seviyelerin ardalanımından oluşan birim, şelfin derin kesimine uzanan yamaçtaki bulantılı akıntılarının etkin olduğu kesimde, irili ufaklı değişik boyuttaki kum ve çakıl boyu malzemenin çökelmesi sonucunda oluşmuştur. Formasyon Doğu Toroslar'da yüzeyleyen Halityaylası formasyonu (Özgül ve diğ., 1973) ile denetirilebilir.

#### **2.1.1.3. Hirmanlı Formasyonu (Sh)**

Demirtaşlı (1983), Silifke'nin 45 km batısında ve inceleme alanı içinde yer alan Hirmanlı köyü dolayında yüzeyleyen birim için bu adlamayı kullanmıştır. Birimin tip kesit yeri Silifke'nin batısında bulunan Hirmanlı köyünün 3 km güneyindedir.

Formasyonun taban kesimi esas olarak çok ince tabakalı-laminalı, silisli, graptolitli, siyah renkli, sık sık piritli şeyllerden oluşmaktadır. Daha üste doğru yaklaşık 10 m kalınlık sunan yumrulu *Orthoceras* sp. kavkıları içeren kireçtaşlarına geçmektedir. Birimin taban dokanağı Alt Silüriyen yaşlı Eğripınar formasyonu, tavan dokanağı ise Üst Silüriyen-Alt Devoniyen yaşlı Karayar formasyonu ile uyumlu olup, yaklaşık 100

m'lik bir kalınlığa sahiptir (Şekil-3,4).

Formasyonun özellikle siyah renkli şeylleri içerisinde Demirtaşlı (1983) tarafından şu fosiller saptanmıştır; *Monograptus cf. M. spiralis* Geinitz, *Monograptus cf. M. scitulum* Lapworth, *Climacograptus cf. C. scalaris* Hisinger, *Monograptus scitulum*, *Monograptus spiralis*, *Monograptus sp.*, *Rastrites sp.*, *Climacograptus sp.*. Bu fosil topluluğuna göre birim Alt Silüriyen zaman aralığında çökelmiş olmalıdır.

Birimde gözlenen bol miktardaki organik içerik, düzenli ve kalın laminalar ile silis içeriği şelfin derin kesimindeki kapalı bir havzada çökelmeyi işaret etmektedir. Hirmanlı formasyonu, Özgül ve diğerleri (1973)'nin Doğu Toroslar'daki Puşçutepe formasyonu ile deneştirilebilir.

#### **2.1.1.4. Karayar Formasyonu (SDk)**

İlk kez Demirtaşlı (1983) tarafından Silifke-Anamur karayolu üzerindeki Karayar mevkiinde yüzeyleyen kayaçlar için adlanan birim Hirmanlı (L-15) dolayında, Sığircık mahallesi (H-16) kuzeyi ile güneyinde ve Büyükeceli (E-19) batısında yüzlek verir.

Karayar formasyonunun taban kesimleri orta-kalın tabakalı, koyu gri renkli kireçtaşı ve ince tabakalı, siyah renkli şeyl ardalanması ile başlamaktadır. Kireçtaşı kalsitürbiditik özellikledir. Üste doğru birim sınılaşmaya bağlı olarak kalın tabakalı, gri renkli, çatlakları kalsit dolgulu, sert ve sağlam yapılı kireçtaşı ile kalın tabakalı, sarımsı gri renkli, yer yer siltli-kumlu, brakyopodlu, krinoidli

80

kireçtaşına geçmektedir. Formasyonun alt sınırı Alt Silüriyen yaşlı Hirmanlı formasyonu ile üst sınırı ise Alt Devoniyen yaşlı Sığircık formasyonu ile uyumludur. Birim Karayar mevkiinde yaklaşık 400 m kalınlık sunmaktadır (Şekil 2, 3).

Demirtaşlı (1983) birimin alt ve orta seviyelerindeki şeyllerde Üst Silüriyen yaşını veren aşağıdaki Miyospor'ları saptamıştır; *Quadradium cf. fantastium*, *Leiofuse bernesgae*, *Veryhachium trispinosum*, *Cymatospaers sp.* Üst kesimlerdeki kireçtaşları içerisinde ise Alt Devoniyen yaşını veren *Straphomena sp.*, *Straphodonta sp.* gibi brakyopodlar ve mercanlar gözlenmektedir (Demirtaşlı, 1983). Buna göre birimin çökelme yaşı Üst Silüriyen-Alt Devoniyen zaman aralığı olmalıdır.

Formasyonun taban kesimlerindeki şeylli seviyeler şelfin derin kesiminde; orta kesimlerdeki kalsitürbiditik karakterdeki kireçtaşları şelf yamacındaki türbidid akıntıları etkisinde; ve üst seviyelerdeki siltli-kumlu, brakyopodlu kireçtaşları ise şelfin sığ kesimlerinde çökelmiş olmalıdır. Formasyon, Doğu Toroslar'da yüzlek veren Özgül ve diğerleri (1973)'nin Yukarıyaya formasyonu ile deneştirilebilir.

#### **2.1.1.5. Sığircık Formasyonu (Ds)**

Bu adlama Demirtaşlı (1983) tarafından birimin en iyi gözlendiği Silifke'nin 40 km batısında bulunan Sığircık köyünden dolayı verilmiştir. Sığircık formasyonu Sığircık mahallesi (H-16) ve dolayı ile Büyükeceli (E-19)

doğu ve batısında geniş yüzleklere sahiptir.

Formasyonun taban kesiminde sarımsı gri renkli, orta-kalın tabakalı, krinoid, mercan ve brakyopodlu kireçtaşı, açık sarı renkli çapraz tabakalı kuvars kumtaşı ve bazı kesimlerinde gözlenen yeşilimsi gri renkli şeyl ardalanmaları yer alır. Üste doğru beyazımsı renkli, çapraz tabakalı, yer yer dalga kırışıklı, orta tabakalı kuvars kumtaşı ile gri renkli, orta-kalın tabakalı, sert, sağlam, küt köşeli kırıkkılı dolomit ardalanmasına geçmektedir. Dolomitik kesimler fosilsiz ve çatlaklı olup çatlaklar kalsit dolguludur. Sığircık formasyonu tabanında Üst Silüriyen-Alt Devoniyen yaşı Karayar formasyonu, tavanında ise Orta Devoniyen yaşı Büyükeceli formasyonu ile uyumlu bir dokanağa sahip olup, yaklaşık 250 m. kalınlığa sahiptir (Şekil 3, 4).

Formasyonda bulunan *Favosites* sp., *Straphomena* sp. gibi mercan ve brakyopodlara göre yaşı Demirtaşlı (1983) tarafından Alt Devoniyen olarak belirtilmiştir.

Birim taban kesimlerinde gözlenen çapraz tabakalı kuvars kumtaşları şelfin sığ ve çalkantılı bölümündeki çökelmeyi işaret ederken daha üst seviyelerdeki kireçtaşı-şeyl ardalanımı ise siglaşmayı göstermektedir. Sığircık formasyonu, Gazipaşa dolayındaki Narlıca formasyonu (Ulu, 1986) ve Doğu Toroslar'daki Ayitepeşi formasyonu (Özgül ve diğ., 1973) ile karşılaştırılabilir.

#### **2.1.1.6. Büyükeceli Formasyonu (Db)**

Demirtaşlı (1983), birimi Silifke-

Anamur karayolunun 55. km'sinde bulunan Büyükeceli beldesinde (E-19) ve dolayında net olarak gözlediğinden dolayı bu adlamayı uygulamıştır. Formasyonun tip kesiti çalışma alanının güney kesimlerinde yer alan Büyükeceli beldesinin güneydoğu ve güneybatısında (C, D-20, E-22, G, H-19) bulunmaktadır.

Formasyonu tabanda kırmızımsı-pembemsi beyaz renkli, orta-kalın tabakalı, oksidasyona uğramış seviyeler içeren, oldukça kırılgan, kaba kırıntılı bir seviye ile başlar. Üzerine gri renkli, orta-kalın tabakalı, mercanlı kireçtaşı ile sarımsı gri renkli şeyl ardalanması gelir. Daha üst doğru birim gri renkli, orta-kalın tabakalı dolomitik kireçtaşlarına geçmektedir. Bunların üzerine orta tabakalı, gri renkli bitümlü kireçtaşı ile şeyl ve pembemsi renkli, çapraz tabakalı kumtaşı ardalanması gelmekte olup, formasyonun en üst seviyelerini ise koyu gri renkli, orta-kalın tabakalı, mercan ve brakyopod içerikli dolomitik kireçtaşı ve dolomit oluşturmaktadır. Birim taban dokanağında Alt Devoniyen yaşı Sığircık formasyonu, tavan dokanağında ise Üst Devoniyen yaşı Akdere formasyonu ile uyumlu olarak gözlenmektedir. Formasyonun kalınlığı arazi gözlemlerine göre yaklaşık 630 m'yi bulmakta olup yanal yönde bir incelme söz konusudur (Şekil 2, 3).

Büyükeceli formasyonu içerisindeki; *Disphyllum goldfussi*, *Calceola sandalina*, *Amphipora ramosa*, *Nanicella evoluta*, *Umbellina* sp., *Parathurammina* sp., *Tentaculites* sp., Gastropoda, Brachiopoda, krinoid parçaları gibi

fosillere göre Demirtaşlı (1983) birime Orta Devoniyen yaşıını vermiştir.

Formasyonun gerek litolojik ve gerekse sedimanter yapıları duraysız bir karbonat platformu ortamına işaret eder. Birim Doğu Toroslar'daki Şafaktepe formasyonu (Özgül ve dig., 1973) ile deneştirilebilir.

#### **2.1.1.7. Akdere Formasyonu (Da)**

İlk kez Demirtaşlı (1983) tarafından Silifke-Anamur karayolu üzerindeki Akdere köyü dolayında yüzeyleyen birimler için adlanan formasyon Ovacık Tektonik Dilimi içerisinde yalnızca Akkuyu mahallesi (E-22) kuzey ve güneyinde yüzlekler sunmaktadır.

Birim ait seviyelerde pembemsi renkli, ince-orta tabakalanmalı ve kama tipi çapraz tabakalı kumtaşı, sarımsı renkli, ince tabakalı silttaşısı ve yeşilimsi gri renkli, ince tabakalı şeyl ardalanmaları ile üst seviyelerde ise kumtaşı aratabakalı resifal nitelikli kireçtaşları ile temsil edilir. Karbonatlı kesimler koyu gri renkli, orta-kalın tabakalı, yer yer dolomitik, bol makro fosil kavaklı ve mercanlidir. Çatlaklı kesimlerde kalsit dolgu gözlenmektedir. Kumtaşı ara seviyelerinde ise brakyopod fosillerine rastlanılmaktadır. Birim, Orta Devoniyen yaşlı Büyükeceli formasyonu üzerine uyumlu olarak gelirken, Üst Permiyen yaşlı Kırıldağı formasyonu tarafından açısal uyumsuzlukla üzerlenmektedir. Birimin kalınlığı yaklaşık 250 m civarındadır (Şekil 2, 3).

Demirtaşlı (1983), inceleme alanı ve dolayında yapmış olduğu çalışmada

aşağıdaki fosil topluluğunu belirlemiştir; *Disphyllum caespitosum*, *Cyphoterrorhynchus gr. arpaensis*, *Hexagonaria* sp., *Alveolites* sp., *Thamnopora* sp. Ayrıca Uğuz (1989) çalışma alanı yakın dolayındaki çalışmasında birimden derlediği örneklerden; *Vicinesphaera squalida* Antropov, *Vicinesphaera* sp., *Radiosphaera* sp., *Parathurammina* sp., *Nanicella porrecta* Bykova, *Nanicella bella* Bykova, *Nanicella evoluta* Reitlinger, *Girvanella ducii* Wethered, *Umbellina bella* (Bykova), *Umbellina ovata* (Bozorgnia), *Umbellina nana* (Reitlinger) gibi fosilleri saptamıştır. Bu paleontolojik bulgular ışığı altında birim Üst Devoniyen yaşında olmalıdır.

Birim, Doğu Toroslar'da Saimbeyli-Tufanbeyli yöresinde tanımlanan Gümüşali formasyonu ile deneştirilebilir (Demirtaşlı, 1967; Özgül ve Kozlu, 1993).

#### **2.1.1.8. Kırıldağı Formasyonu (Pk)**

Demirtaşlı (1983) çalışma alanı kuzeyinde bulunan ve Silifke-Gülnar karayolunun yaklaşık 20. km'sinde yer alan Kırılıl Dağı (T-3) ve dolayında gözlenen kayaçlar için bu adlamayı uygulamıştır. Kırıldağı formasyonu inceleme alanında, Ovacık Tektonik Dilimi içerisinde Beşparmak adası (C-24) ile Akkuyu mahallesi (E-22) kuzey ve güneyinde yüzlekler sunmaktadır.

Formasyon taban kesiminde breşik görünümlü, gri-pembe renkli çakıltaşından oluşmaktadır. Bunun üzerine açık gri renkli, orta-kalın tabakalı, bol fosilli, kumlu kireçtaşı ile pembemsi, çapraz

tabakalı kuvars kumtaşı ardalanması gelmektedir. Üst seviyelere doğru ise birim, koyu gri renkli, orta-kalın tabakalı, alaklı, dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşı ile sona ermektedir. Kırıltıdağı formasyonu, Üst Devoniyen yaşı Akdere formasyonunu üzerine açısal uyumsuzlukla gelirken, Orta-Üst Triyas yaşı Kuşyuvasıtepe formasyonu tarafından uyumlu olarak üzerlenmektedir. Birimin kalınlığı yaklaşık 350 m'dir (Şekil 3, 4).

Birimden derlediğimiz örneklerden hazırlanan ince kesitler Tufan Süer (MTA) tarafından incelenerek aşağıdaki fosiller tanımlanmış ve birime Üst Permiyeb yaşı verilmiştir; *Mizzia* sp., *Pachyphloia* sp., *Dagmarita* sp., *Eotuberitina* sp., *Hemigordius* sp., *Paradagmarita* sp., *Pseudovermiporella* sp., *Permocalculus* sp., *Geinitzina* sp., *Frondina* sp., *Nankinella* sp., *Staffella* sp., Nodosariidae, Staffellidae, Hemigordiopsidae.

Kırıltıdağı formasyonu, içeridiği litolojiler göz önüne alındığında şelfin yüksek enerjili kesimi ile açık şelf ortamı koşulları altında çökelmiş olmalıdır. Kuvars kumtaşı tabakaları ise zaman zaman ortamdaki sığlaşmayı işaret etmektedir. Birim, Gazipaşa yöresinde yüzeleyen Bıçkıçı formasyonu (Ulu, 1986), Doğu Toroslar'da yüzeleyen Yiğilitepe formasyonu (Özgül ve diğ., 1973) ve Adana Baseni'nin temeli oluşturan formasyonlardan biri olan Permo-Karbonifer yaşı Karahamzauşağı formasyonu (Yetiş ve Demirkol, 1986; Ünlügenç, 1986) ile denéstirilebilir.

### 2.1.1.9.Kuşyuvasıtepe Formasyonu

(Trk)

Formasyon adı ilk kez Demirtaşlı (1983) tarafından, kırintılı düzeyler içeren kireçtaşı ile dolomit ve dolomitik kireçtaşı ardalanmasından oluşan istif için kullanılmıştır. Formasyonun tip kesiti Silifke'nin yaklaşık 55 km batısında yer alan, Akkuyu mahallesi doğusundaki Kuşyuvası tepede (E-24) bulunmaktadır (Şekil 2).

Formasyonun gözlenebilen taban kesiminde açık gri renkli, orta-kalın tabakalı, çörtlü, karbonatlı-kırintılı seviyeler yüzeylemekte olup, bunun üzerine gri renkli, dalgalı tabakalı, krinoidce zengin, stramatolitik yapılı, oolitik kireçtaşı gelmektedir. Daha üstte ise kalın tabakalı-masif dolomit düzeyleri bulunmaktadır. Birimin çalışma alanı içerisindeki taban dokanağı Üst Permiyen yaşı Kırıltıdağı formasyonu ile uyumludur. Tavan dokanağı ise çalışma alanı sınırları içerisinde gözlenmemiştir. Birimin görünür kalınlığı yaklaşık 150 m'dir (Şekil 2, 3).

Demirtaşlı (1984) formasyondan derlediği örneklerde aşağıdaki fosilleri saptamış ve birime Üst Triyas yaşını vermiştir; *Endothyra* cf. *Kupferi*, *Endothyronella wirzi*, *Trochammina* cf. *jaunensis*, *Ammobaculites* cf. *radstattensis*, *Haplofragmella inflata*, *Involutina eomesozoica*, *Involutina* cf. *gaschei*, *Diplopora* sp., *Variostoma* sp.

Birim içeriği litolojilere ve sedimenter yapılarla göre resifal bir ortam ve/veya açık bir karbonat şelfinde çökelmiş olmalıdır. Gazipaşa dolayında yüzeleyen Çamlıca

formasyonu (Ulu, 1983), Doğu Toroslar'da gözlenen Keçilidağ kireçtaşı (Özgül ve dig., 1973) ile denestrilebilir.

### **2.1.2.Araca Tektonik Dilimi**

#### **2.1.2.1.Emircazi Formasyonu (e)**

Birim ilk kez Özgül ve diğerleri (1973) tarafından tip kesit ve tip yerinin de bulunduğu Doğu Toroslar'da, Emircazi köyünde (Tufanbeyli) gözlenmiş olup, çalışma bölgesinde yüzlek veren litolojilere de benzerlik sunduğundan isim kargasası yaratmamak için aynı adlama kullanılmıştır.

Birim tabanda kırmızı renkli, çapraz tabaklı, çok sert ve dayanıklı, kaba kumtaşı ve mikro çapraz tabaklı-laminalı silttaşı ardalanımı ile başlayıp üstte doğru yeşilimsi gri renkli şeyle geçmektedir. Kumtaşı içerisinde demirli çört oluşukları olağandır. Üste doğru mavimsi gri renkli, belirgin tabaklı kireçtaşı ve şeyl ardalanımı ile devam eden birim, en üstte yine kırmızı renkli, kuvars kumtaşı ve kumlu kireçtaşı ile sona ermektedir. Formasyon içerisinde yeşilimsi gri renkli, arkozik kumtaşı ile pembemsi kırmızı renkli kuvars kumtaşı seviyeleri yer yer merceksi bir geometri sunmaktadır. Ayrıca formasyon içerisinde ender olarak breşik yapılı seviyeler de gözlenmektedir. Birim zaman zaman Alt Devoniyen yaşı Sığircık formasyonu tarafından uyumsuz olarak, bazende Silüriyen, Devoniyen veya Mesozoyik yaşı birimler ve Görbiyes Birliği'ne ait karbonatlar tarafından tektonik olarak üzerlenmektedir. Çalışma alanının bazı bölgelerinde ise formasyon Görbiyesiği Birliği'ne ait karbonatlar

(Sipahili formasyonu) üzerinde tektonik konumlu olarak gözlenmektedir (Şekil-3, 4).

Formasyonun tavan ve taban dokanakları genellikle tektonik olduğundan dolayı kalınlığı ve yaşı hakkında kesin bir veri elde edilememiştir. Ancak birimin Toros Kuşağı'ndaki benzer litolojili birimlere olan benzerliğine, bölgesel olarak diğer birimlerle olan ilişkisine ve stratigrafik konumuna göre yaşı İnfra-Kambriyen olmalıdır.

Birimin tabanında gözlenen kuvars kumtaşlarındaki çapraz tabakalanma, silttaşındaki çapraz laminalanma, kumtaşındaki demirli oluşuklar karasal (akarsu) bir ortamı; bu seviyeler üzerine gelen kumlu kireçtaşı ve kireçtaşı-şeyl ardalanımı ise karasaldan nisbeten sığ denizel bir ortama geçiş yansıtmaktadır. Emircazi formasyonu, daha önce Demirtaşlı (1984)'nın çalışma alanı içerisinde Babadıl Grubu (Kambriyen-Devoniyen) olarak tanıttığı birimle denestrilebilir.

#### **2.1.2.2.Sığircık Formasyonu (Ds)**

Birim yukarıda Ovacık Tektonik dilimi içerisinde ayrıntılı olarak anlatılmış olup, Araca Tektonik Dilimi içerisinde yalnızca Koçaşlı köyü (C-18) kuzeyinde oldukça küçük bir alanda yüzlek vermektedir (Şekil 2).

#### **2.1.2.3.Akdere Formasyonu (Da)**

Ovacık Tektonik Dilimi içerisinde anlatılan Akdere Formasyonu, Araca Tektonik Dilimi içerisinde oldukça yaygın mostralara sahip olup, başlıca Dedeler (J-

## *ORTA TOROSLAR'DA BÜYÜKECELİ (GÜLNAR)-YEŞİLOVACIK (SİLİFKE) DOLAYININ TEKTONO-STRATİGRAFİ BİRİMLERİ*

9) ve Katırcılı (H-8) köyleri dolayında yüzlekler sunmaktadır (Şekil 2).

### **2.1.2.4.Korucuk Formasyonu (Ck)**

Formasyon ilk kez Demirtaşlı (1978) tarafından adlandırılmış olup, adını inceleme alanı yakın kuzeydoğusunda bulunan, tip kesit yerini de oluşturan Korucuk köyünden almaktadır. Birim Kayabaşı mahallesi (N-10) dolayında ve Dedeler (J-9) kuzeydoğusunda yüzlek verir (Şekil 2).

Sarı renkli, trilobit ve brakyopodlu, siltli kireçtaşları ile başlayan birim, yeşilimsi gri renkli, mikali kumtaşı ve bitki kalıntılı şeyl ardalanmaları ile devam eder. Üzerine koyu gri renkli, ayrılmış kesimleri sarımsı gri renkli, bitümlü, kireçtaşı ve bitki kalıntılı siyah şeyl ardalanımı ile yeşilimsi gri renkli şeyl ile brakyopodca zengin kumtaşı ve sarımsı gri renkli, kumlu kireçtaşı gelmektedir. Daha sonra beyaz ve kahverenkli, kalın tabakalı kuvarsit ile devam eden birim, dolomit ve dolomitik kireçtaşı aratabakalı biyoklastik kireçtaşına geçmektedir. Gri renkli, kalın tabakalı çakıltaşları ile başlayan en üstteki kesim, gri-krem renkli, çört bantlı ve yumrulu kireçtaşı ile sona ermektedir. Üst Devoniyen yaşı Akdere formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen birimin üzerine ise Üst Permiyen yaşı Kırıltıdağı formasyonu uyumsuz olarak gelmektedir.

Birimden alınan nokta numunelerden yapılan ince kesitlerin Tufan Süer (MTA) tarafından incelenmesi sonucunda; *Koninckopora* sp., *Endothyra* sp., *Archaesphaera* sp., Endothyridae, fosilleri saptanmış ve saptanan bu fosil

topluluğuna göre birime Alt Karbonifer yaşı verilmiştir.

Birim, Doğu Toroslar'da gözlenen Ziyarettepe formasyonu (Özgül ve dig., 1973) ile denetirilebilir.

### **2.1.2.5.Kırıltıdağı Formasyonu (Pk)**

İlk kez Demirtaşlı (1983) tarafından adlanan ve yukarıda Ovacık Tektonik Dilimi içerisinde de anlatılan bu birim Araca Tektonik Dilimi'nde Dedeler (J-9) kuzey ve kuzeydoğusunda ve Korucuk (C-4) kuzeydoğusunda yüzlekler sunmaktadır (Şekil 2).

### **2.1.2.6.Murtçukuru Formasyonu (Trm)**

Genel olarak kaba kırıntılarından oluşan birime Murtçukuru formasyonu adlanması Aydıncık'ın 10 km kuzeydoğusundaki Murtçukuru köyü dolayında yüzlek vermesinden dolayı ilk kez Demirtaşlı (1980) tarafından uygulanmıştır. Formasyon çalışma alanı içerisinde, Koçaşlı köyü (C-18) kuzeyinde ve Tepeköy (F-14) güneybatisında oldukça sınırlı bir alanda yüzlek vermektedir (Şekil 2).

Murtçukuru formasyonu tabanda kırmızımsı kahverengi-bej renkli, kalın tabakaların, yarı yuvarlaklılaşmış, çakıldan iri bloğa kadar değişen boyutlarda tanelerden oluşan çakıltaşları ile başlamaktadır. Bunun üzerine şeyl aratabakalı kuvars kumtaşı ile kırmızımsı renkli, kalın tabakalı, çakıltaşları gelmektedir. Çakıltaş seviyeleri yanal olarak dereceli bir şekilde kırmızımsı kahverenkli kumtaşına geçmektedir. Bu seviyelerinde üzerine zaman zaman

kumtaşı, şeyl, silttaşısı ve çamurtaşısı ardalanması gelmektedir. Birim İnfra-Kambriyen yaşlı Emircazi formasyonu üzerine açısal uyumsuzlukla gelirken, Alt Jura yaşlı Yanışlı, Orta Jura-Alt Kretase yaşlı Tokmar ve Alt Miyosen yaşlı Tepeköy formasyonları tarafından açısal uyumsuzlukla üzerlenmektedir. Birimin yaklaşık kalınlığı 100 ile 250 m arasında değişmektedir (Şekil 2, 3).

Triyas öncesi dönemde oluşan paleotopoğrafyanın çukurluk kesimlerini dolduran Murtçukuru formasyonu içerisinde yaş verecek herhangi bir fosile rastlanmamıştır. Ancak Demirtaşlı (1984), çakıltaşı seviyelerinde Orta Triyas (Anisiyen) yaşını veren aşağıdaki fosil topluluğunu saptamıştır; *Turitella mesotriassica*, *Frondicularia* sp., *Nodosaria* sp., *Hemigordius* sp., *Sigmoilina* sp. Bu fosil topluluğu ve arazideki stratigrafik konumu gözönünde tutıldığında birim Üst Triyas yaşında olmalıdır.

Murtçukuru formasyonunun içeriği litolojiler ve sedimanter yapılar çok sıç bir denizel ortamı karakterize eder.

#### **2.1.2.7. Yanışlı Formasyonu (Jy)**

Yanışlı köyünün 1 km doğusundaki Gölkaya Tepesi'nde yüzeyleyen birim için Demirtaşlı (1980) Yanışlı formasyonu adlamasını uygulamıştır. Bu kesim aynı zamanda birim için tip kesit ve tip yeri de oluşturmaktadır.

Yanışlı köyü (A-17) ve kuzey kesimlerinde gözlenen birim gri renkli, kalın tabaklı, kumlu ve kısmen çakılılı, tatlı su gastropodlarında zengin kireçtaşları

ile temsil edilir. Kireçtaşının istifinde sık sık kırmızı renkli, demiroksitce zengin sular tarafından yıkanmış kumtaşı ve çakıltaşları da yer alır. Yanışlı formasyonu, İnfra-Kambriyen yaşlı Emircazi ve Üst Triyas yaşlı Murtçukuru formasyonları üzerine açısal uyumsuzlukla gelirken, Orta Jura-Alt Kretase yaşlı Tokmar ile Alt Miyosen yaşlı Tepeköy formasyonları tarafından açısal uyumsuzlukla üzerlenmektedir (Şekil-3,4). Arazi gözlemlerine göre yaklaşık 250 m kalınlık sunan birim içerisinde herhangi bir denizel fauna gözlenmemiştir. Formasyon taban ve tavan dokanağındaki birimlerle olan stratigrafik konumuna göre Alt Jura yaşında olmalıdır.

Birim içeriği litoloji ve fosillere göre tuzlu su girişinin sınırlı olduğu lagünel ortam şartları altında çökelman olmalıdır. Ayrıca karbonatlı kesimlerde gözlenen demiroksitce zengin sular tarafından yıkanmış çakıltaşları ve kumtaşları seviyelerinin varlığı ise ortamda sığlaşmayı işaret etmektedir. Yanışlı formasyonu Doğu Toroslar'da gözlenen Gedikli formasyonu (Özgül ve diğ., 1973) ile denetirilebilir.

#### **2.1.2.8. Tokmar Formasyonu (JKt)**

Demirtaşlı (1978) birime bu adlamayı, Silifke'nin 25 km batısında yer alan Tokmar köyü ve civarında gözleendiğinden dolayı vermiştir. Çalışma alanı sınırları dışında kalan bu bölge aynı zamanda birim için tip kesit ve tip yeri de oluşturmaktadır.

Tabanda açık gri renkli, orta-kalın tabaklı, sert, sağlam yapılışlı, çatlakları

kalsit dolgulu dolomit ve dolomitik kireçtaşları ile başlayan birim, üstte doğru beyaz renkli, ince-orta tabakalı kireçtaşlarına geçmektedir. En üstte ise çok kalın tabakalı-masif, beyaz renkli kireçtaşı bulunmaktadır olup, arazi gözlemlerine göre birimin yaklaşık kalınlığı 700 m kadardır. Alt Jura yaşı Yanaklı, Üst Permiyen yaşı Kırıltıdağrı ve Üst Devoniyen yaşı Akdere formasyonları üzerine uyumsuz olarak gelen birim, Üst Kretase-Üst Paleosen yaşı Hayvandağı ile Alt Miyosen yaşı Çavuşlar formasyonları tarafından, paleotopografik yükseklikleri oluşturduğu kesimlerde ise Orta Miyosen yaşı Mut formasyonu tarafından açısal uyumsuz olarak üzerlenmektedir (Şekil 2, 3).

Tokmar formasyonundan derlenen nokta numunelerden yapılan ince kesitlerin Dr. Kemal Erdoğan (MTA) tarafından incelenmesi sonucunda aşağıdaki denizel fauna saptanmıştır; *Salpingoporella dinarica* Radoicic, *Kurnubia palastiniensis* Henson, *Barkerina cf. barkerensis* Frizzell and Schwartz, *Cuneolina cf. camposaurii* Sartoni and Crescenti, *Pseudotextulariella ? scarsellai* (De Castro), *Pfenderina* sp., *Praechrysalidina* sp., Miliolidae. Bu fosillere göre birimin yaşı Orta Jura-Alt Kretase olmalıdır.

Birim, Doğu Toroslar'da yüzeyleyen Körögöltepesi formasyonu (Özgül ve dig., 1973) ve Aşağı Göksu vadisi içerisinde yüzeyleyen Sekmeklidere formasyonu (Uğuz, 1989) ile deneştirilebilir.

#### **2.1.2.9. Hayvandağı Formasyonu (KTh)**

Yeşilovacık (Hacısaklı)'ın (O-17) 5 km kuzeybatisında yer alan Hayvan Dağı'nda (L-13) gözlenen birim için Demirtaşlı (1980) Hayvandağı formasyonu adlamasını kullanmıştır. Tip kesiti çalışma alanı sınırları dışında kalan Akyaka Köyü'nde (Silifke P30 d1, d2) gözlenmektedir. Birim çalışma alanı içerisinde Yeşilovacık (O-17) kuzeyinde Hayvan Dağı'nda (L-13) ve Tepeköy'ün (F-14) doğu kesimlerinde yüzlek vermektedir (Şekil 2).

Altta taban çakıltaşları ile başlayan birim, genel olarak beyaz renkli, orta-kalın tabakalı kireçtaşından oluşmaktadır. Kireçtaşı içerisinde rudist kavaklıları, breşik yapılı kireçtaşı ve çört nodülleri oldukça yaygındır. Birim, çalışma alanı içerisinde Hayvan Dağı'nda Üst Silüriyen-Alt Devoniyen yaşı Karayar formasyonu, bu bölgenin yakın doğusunda ise Üst Kambriyen-Alt Ordovisiyen yaşı Ovacık formasyonu üzerinde klip olarak yer alır. Hayvandağı formasyonunun üzerinde açısal uyumsuzlukla Alt Miyosen yaşı Tepeköy formasyonu bulunur. Birimin kalınlığı saha gözlemlerine göre yaklaşık 250 m'dir (Şekil 3, 4).

Formasyondan derlenen örneklerin ince kesitlerinin Dr. Kemal Erdoğan (MTA) tarafından incelenmesi sonucunda saptanmış; *Lithothamnium* sp., *Lithophillum* sp., Miliolidae, Rotalidae, Anomalinidae gibi denizel faunaya göre Üst Kretase; *Eponides* sp., *Alveolina* sp., *Lithothamnium* sp., gibi denizel faunaya göre ise Tanesiyen (Üst Paleosen) yaşı uygulanmıştır. Bu veriler ışığında

Hayvandağı formasyonu Üst Kretase-Üst Paleosen zaman aralığında çökelsiz olmalıdır.

Birimin içeriği litoloji ve sedimanter yapılar açık şelf ortamı ile kira yamacını işaret etmekte olup, Doğu Toroslar'da yüzeyleyen Akdere formasyonu (Özgül ve dig., 1973) ve Gazipaşa dolayında yüzlek veren Akçaldağı formasyonu (Ulu, 1986) ile denetirilebilir.

## 2.2. Görbiyesdağı Birliği

Özgül ve Kozlu (1993), Adana Neojen baseninin kuzey kesimindeki Görbiyesdağı çevresinde, Aladağ ve Geyikdağı Birlikleri altında Tektonik Pencere şeklinde yüzeyleyen Mesozoyik yaştaki düşük derecede metamorfizma geçirmiş karbonatlı ve kırıntılı kayalardan oluşan kayastratigrafi birimlerine ilk kez Görbiyesdağı Birliği adlamasını uygulayarak tanıtmışlardır. Birliğin görülebilir tabanında Jura-Kretase yaşı karbonatlar bulunur ve Kampaniyen'den itibaren pelajik kireçtaşları ve havza fasiyesindeki kırıntıllara geçmektedir. Tektonik dokanaklarla sınırlı olan Görbiyesdağı Birliği'nin inceleme alanındaki yüzlekleri, Mesozoyik'in bir bölümünü temsil eden karbonat ve kırıntılı kaya birimlerini içermektedir (Şekil-5). Bölgede Birlik anlamında ilk kez bu çalışmada incelenen istifin, inceleme alanı dışındaki yayılımı, kapsamı ve Toroslar'ın bilinen diğer birlikleri ile ilişkisi sağlıklı olarak bilinmemektedir. Bu araştırmada birliğin içeriği istif Sipahili formasyonu adı altında incelenmiştir.

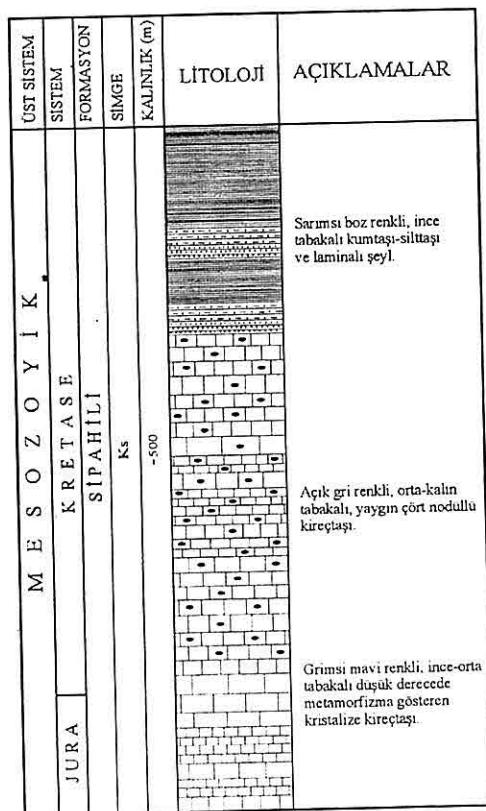
### 2.2.1. Sipahili Formasyonu (Ks)

Benzer litolojiler, aynı alanda çalışan Demirtaşlı (1984) tarafından da Sipahili formasyonu adı altında incelenmiştir. Tip kesitin Sipahili deresi boyunca gözlendiğini belirterek fosil bulunmadığını, ancak formasyonun üst düzeylerinin Ovacık-Işıklı formasyonunun özelliklerini andırmaması nedeniyle Alt-Orta Kambriyen yaşıını uyguladığını belirtmiştir. İnceleme alanının özellikle Büyükeceli (E-19) kuzeyi ile kuzeybatisındaki İncircik mahallesi (B-14) güneyinde gözlenen, başlıca mavimsi renkli, kısmen metamorfize olmuş, kristalize kireçtaşları ve ince kırıntıllardan oluşan birime tarafımızdan da Sipahili formasyonu adlaması uygulanmıştır. Formasyon çalışma alanı içerisinde İncircik mahallesi (B-14) güneyinde; Yanaklı köyü (A-17) batı kesiminde; Koçaşlı köyü (C-18) kuzeydoğusunda; Tepeköy (F-14) dolayında; Araca mahallesi (I-12) dolayında ve Hirmanlı (L-15) köyü kuzey ve kuzeybatisında geniş yüzeylemeleri gözlenmektedir (Şekil-2).

Sipahili formasyonunun karbonatlı kesimleri grimsi mavi renkli, ince-orta tabakalı, yer yer laminalı, düzgün tabakalanmalı, sık sık çört seviyeli, kireçtaşından türeme kumlu ve çakılı düzeyler içeren kireçtaşından oluşmakta olup, çok düşük dereceli metamorfizma etkisinde kalmıştır. Bunun üzerine ise inceleme alanı içerisinde yalnızca Araca mahallesi (I-12) dolayında gözlenen, sarımsı boz renkli, ince-orta tabakalı, genellikle iyi tutturulmamış kum, ince kum ve kil boyutundaki kırıntıllar

**ORTA TOROSLAR'DA BÜYÜKECELİ (GÜLNAR)-YEŞİLOVACIK (SİLİFKE) DOLAYININ  
TEKTONO-STRATİGRAFİ BİRİMLERİ**

gelmektedir. Birimin taban ve tavan dokanağı tektoniktir. Çalışma alanı içerisinde genellikle Paleozoyik yaşı formasyonları tektonik olarak üzerlerken, yine Paleozoyik yaşı formasyonlar ve özellikle de İnfra-Kambriyen yaşı Emircazi formasyonu tarafından tektonik olarak üzerlenmektedir. Birimin görünür kalınlığı yaklaşık olarak 500 m'dir (Şekil 5).



**Şekil 5.** Görbiyes Dağı Birliği'ne ait genelleştirilmiş stratigrafi kesiti.

Formasyondan derlenen örneklerin incelenmesi sonucunda yaş verebilecek herhangi bir fosile rastlanmamıştır. Ancak

gerek isitifin litolojik özellikleri ile altındaki ve üstündeki birimlerin yaşlarına göre ve gerekse Adana Neojen baseninin kuzey tarafında Aladağ ve Geyikdağı Birlikleri altında Tektonik Pencere şeklinde Görbiyesdağı çevresinde yüzeyleyen Mesozoyik yaşta düşük derecede metamorfik karbonat ve kırintılı kayalardan oluşma kayastratigrafi birimlerine olan benzerliği nedeniyle birime Üst Kretase yaşı uygulanmıştır (Dr. Hüseyin Kozlu ile sözlü görüşme, 1995). Bununla beraber, Özgül ve Kozlu (1993), çalışmalarında şu fosil topluluğunu saptamışlardır; *Lenticulina* sp., Ataxophragmiidae, ince lamellibrans kavaklıları, Ekinid diken. Bu fosil topluluğuna göre birim Üst Jura'dan daha yaşı değildir.

Düşük derecede metamorfizma geçirmiş olması nedeniyle yeniden kristallenmiş ve ilksel özelliğini önemli ölçüde yitirmiş olan Sipahili formasyonu'nun çökelleri giderek derinleşen şelf ortamını yansımaktadır. Birim tektonik dokanaklarla sınırlı olduğundan, gözlenebilen tabanında yer alan neritik karbonat düzeyi başlangıçta sıç şelf koşullarının egemen olduğunu, daha üstte yüzeyleyen yoğun çört yumrulu ve arakatkılı kireçtaşının düzeyi açık şelf koşullarına geçildiğini, formasyonun gözlenebilen tavan kesiminde gözlenen filiş karakterli kırintıları ise ortamın iyice derinleştiğini göstermektedir. Silis oranının oldukça yüksek oluşu, havzada yaşlı volkanik etkinlikle açıklanabilir. Sipahili formasyonu; batıda Gazipaşa yöresinde gözlenen Karaçukur formasyonu

ile (Ulu, 1986); çalışma alanı yakın dolayında ayrıtlanan Gedikdağı formasyonunun Bilali kireçtaşı ve Gölbelenitepe üyeleriyle (Uğuz, 1989) denetirilebilinir. Ayrıca birimin alt seviyelerindeki karbonatlı düzeyler Adana Neojen baseninin kuzey tarafında Görbiyesdağı çevresinde yüzeleyen Mesozoyik yaşta düşük derecede metamorfik karbonatlardan oluşan Sağkaya formasyonu ile üst seviyeleri oluşturan filiş karakterli ince kırtılılar ise yine aynı yöredeki Kızlarsekisi formasyonunun taban kesimleri ile (Özgül ve Kozlu, 1993) denetirilebilinir.

### 2.3. Ofiyolitli Karışık (Kof)

İnceleme alanı içerisinde Yukarı Kavaklıdere köyü (A-3) ve kuzeyinde gözlenen ve yaklaşık olarak 1,5 km<sup>2</sup>'lik alan kaplayan Ofiyolitli Karışık, çalışma alanı sınırları dışındaki kuzey-kuzeydoğu kesimlerde daha geniş yüzlekler sunmakta olup, Mersin Ofiyoliti adı altında incelenmiştir (Gökten, 1976; Gedik ve dig., 1979; Juteau, 1980; Uğuz, 1989).

Haritalama alanı içerisinde hangi birimi yada birimleri üzerlediği net olarak gözlenmemiştir. Ancak bölgesel anlamda Mersin Ofiyolitinin güneybatı devamı olarak değerlendirebileceğimiz birim, Bolkardağlarının güney eteklerinde Mesozoyik yaşılı karbonatlar üzerine tektonik bir dokanakla gelmektedir (Juteau, 1980). Üzerine ise uyumsuz olarak Miyosen yaşılı Çavuşlar ve Mut formasyonları gelmektedir (Şekil-2,3). Ofiyolitli Karışık başlıca; gabro, olivinli gabro, metagabro, serpentin, serpantinize

harzburjıt, az peridotit ile ince çört, pelajik kireçtaşı, foraminiferli kum ve çakillardan oluşmaktadır. Juteau (1980), birimin daha çok, büyük harzburjıt dilimleri ile bunları kesen çok sayıda toleyitik diyabaz daykları ve birkaç cm kalınlığında, yer yer gözlenen dunit, harzburjıt, ortopiroksenit bantlarından olduğunu belirtmiştir. Bu magma ve çökel kökenli birimler ile allokon konumlu diğer kayaların irili ufaklı parça ve blokları tektonik bir etkiye karışarak, ofiyolitli karışığı meydana getirmiştir (Uğuz, 1989). İnceleme alanı içerisinde yüzeleyen birimden alınan örneklerin ince kesitlerinin Doç.Dr. Osman Parlak (Ç.U.) tarafından incelenmesi sonucunda bunların serpentinit ve serpentinize harzburjıt oldukları belirtilmiştir.

Uğuz (1989), Ofiyolitli Karışık'a ait pelajik özellikli çökellerinden aldığı örneklerdeki fosil içeriğine göre Kampaniyen-Maestrihtien-Erken Alt Paleosen (?) yaşını uygulamıştır. Bölgenin sıkışmalı bir tektonik etki altında kaldığı Geç Paleosen-Geç Miyosen zaman aralığı, Ofiyolitli Karışık'in oluşum ve yerleşim zamanını göstermektedir. Bu sırada Ofiyolitli Karışık, Çavuşlar formasyonunun değişik düzeylerine nap dilimleri şeklinde yerleşmiş ve zaman zamanda değişik boyutlarda bloklarını vermiştir (Uğuz, 1989).

### 2.4. Örtü Çökelleri

#### 2.4.1. Tepeköy Formasyonu (Tt)

Birim ilk kez Demirtaşlı (1984) tarafından, Tepeköy'ün 1 kilometre kadar batısında (E, F-14) gözlenen kumtaşısı

aratabakalı çakıltaşları için uygulanmıştır (Şekil 2). Bu alan aynı zamanda birim için tip kesit ve tip mevkiyi de oluşturmaktadır. Birim kırmızımsı sarı renkli, başlıca kumtaşı aratabakalı, kalın tabakalı, polijenik çakıltaş seviyelerinden oluşmaktadır.

Birim çalışma alanı içerisinde Üst Triyas yaşı Murtçukuru, Orta Jura-Alt Kretase yaşı Tokmar ve Üst Kretase-Üst Paleosen yaşı Hayvandağı formasyonları üzerine açısal uyumsuz olarak gelmektedir. Formasyonun üzerine ise bölgesel anlamda düşünüldüğünde stratigrafik olarak Alt Miyosen yaşı Çavuşlar formasyonu uyumlu bir şekilde gelmekte olup, arazi gözlemlerine göre yaklaşık 40 metrelük kalınlık sunmaktadır (Şekil 3, 4).

Formasyon içerisindeki Kretase ve Orta Eosen yaşı formasyonlara ait çakillardaki taşınmış fosiller dışında birime yaş verebilecek herhangi bir fosil bulgusu yoktur. Ancak, birim içerisinde Orta Eosen yaşını veren nümmülitik kireçtaşçı çakıllarına rastlanması ve Alt Miyosen yaşı Çavuşlar formasyonunun uyumlu olarak gelmesi, birimin yaşının Alt Miyosen olması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Litolojisi ve geometrisi göz önünde tutulduğunda Tepeköy formasyonu graben tipi küçük bir havzada çökeliş akarsu nitelikli bir çökel olmalıdır. Birim, Adana Baseninde gözlenen Gildirli formasyonu (Schmidt, 1961) ve Çamlıyayla (İçel, 1975) ile deneştirilebilir.

#### **2.4.2. Çavuşlar Formasyonu (Tç)**

Çavuşlar formasyonu ilk kez Demirtaşlı (1984) tarafından inceleme alanı içerisinde yer alan Çavuşlar köyü (E-7), Kavaklıdere köyü (B-5), Lapa mahallesi (E-8) ve Derince mahallesi (D-10) ile dolaylarında gözlenen birim için kullanılmıştır (Şekil 2).

Derince mahallesi (D-10) güneyinde Fıstık ile Küre derelerinin birleştiği yerde formasyonun tabanı gözlenmektedir. Birimin tip kesiti buradan kuzeydoğusunda yer alan Çavuşlar köyüne doğrudur. Ayrıca Fıstık dereden Yukarı Kavaklıdere köyüne (A-3) doğru olan kesim de birim için tip kesit yeridir. Çavuşlar formasyonu haritalama alanı içerisinde Çavuşlar (E-7) ile Yukarı Kavaklıdere köyleri (A-3) dolayında oldukça geniş yüzleklere sahiptir (Şekil-2).

Formasyon tabanda sarımsı renkli, ince-orta tabakalı, matriks destekli bir çakıltaş seviyesi ile başlamaktadır. Bunun üzerine beyaz, bej ve açık yeşil renkli, ince tabakalı, yer yer dağılısan yapılı marn ile yeşilimsi gri renkli, ince-orta tabakalı, killi kireçtaşçı seviyeleri gelmektedir. Bu seviyelerde yer yer limonitleşmiş hematit yumruları ve kömür oluşuklarına rastlanmaktadır. Yine bazı seviyelerde gri renkli kumtaşları ile ofiyolitik malzeme ve daha yaşı kireçtaşlarına ait çakıl taneleri içeren az tutturulmuş çakıltaş seviyeleri olmaktadır.

Birim inceleme alanı içerisinde, Derince mahallesi (D-10) dolayında Orta Jura-Alt Kretase yaşı Tokmar formasyonu, Çakal tepe (E-11) doğusunda ise Üst Kretase yaşı Sipahili formasyonu

üzerine açısal uyumsuz olarak gelirken, Alt Miyosen yaşlı Tepeköy formasyonu üzerinde uyumlu olarak gelmektedir. Birimin üzerinde ise Orta Miyosen yaşlı Mut formasyonu uyumlu olarak bulunmaktadır. Formasyonunun inceleme alanındaki kalınlığı arazi gözlemlerine göre yaklaşık 500 metreyi bulmaktadır (Şekil 3).

Çavuşlar formasyonunun taban kesimlerinde Orta Eosen yaşında fosiller içeren kireçtaşçı çakılları saptanmıştır. Ayrıca Uğuz (1989), Kavaklıdere köyü güneydoğusundaki Kavaklıdereinden aldığı polen örneklerinden; *Pinus indet* (for texonomy sea Benda, 1971), *Taxodiaceaepoll. histus* (R.Pot) Kremp, *Sequoiapoll. polyformosus* Thierg, *Ineperturopoll. emmaensis* (Murr. & Pf.) pF., *Rhoipites dolium* R.Pot, *Caprifoliipites microreticulatus* (Pf.&Th) R.Pot, *Nyssoidites roddorensis* Thierg, *Trivestibulopoll betuloides* Pf., *Subtriporopoll simplex* (R. Pot) Pf.&Th., *Alnipoll verus* R.Pot, *Cicatricosisporites corogenesis* R.Pot.&Gell. sporlarını saptamıştır. Ayrıca Demirtaşlı (1984) denizel kökenli olmayan Miyosen yaşlı ostrakodlar ile tatlı su alglerinden *Chara sp.*'yi saptamıştır. Bu fosil bulguları ışığında Çavuşlar formasyonunun yaşı Alt Miyosen olmalıdır.

Formasyon genel olarak göl ve kıyı ovası çökellerinden oluşmaktadır. Birimin Oligosen-Miyosen zaman aralığında jeomorfolojik şartlara bağlı olarak bölgedeki kapalı çöküntü havzalarında gelişen gölsel çökellerden meydana geldiği söylenebilir.

Formasyon, çalışma alanı ve yakın dolayında yapılan daha önceki çalışmalarda Yenimahalle formasyonu (Gedik ve diğ., 1979; Demirtaşlı ve diğ., 1984) olarak tanıtılan birimle denetirilebilir.

#### 2.4.3. Mut Formasyonu (Tm)

Mut formasyonu adlaması ilk kez Gökten (1976) tarafından Mut ilçesi ve dolayında gözlenen birim için uygulanmıştır. Bu adlama çalışma alanında gözlenen benzer litolojili birim için de kullanılmıştır. Birimin tip kesiti ve tip mevkisi çalışma alanı sınırları dışında kalan Mut ilçesi dolayındadır.

Birim çalışma alanı içerisinde Korucuk (C-4) - Yukarıkavaklıdere (A-3) kuzey kesimlerinde yaklaşık doğu-batı uzanımlı olarak çok geniş yüzeklere sahiptir (Şekil-2). Formasyon genellikle marnlardan oluşmakta olup, bunların arasında ince kireçtaşçı tabakaları olağandır. Alt seviyelerde gri renkli, bol lamellibrans ve nadiren gastropod kavaklı killi kireçtaşçı gözlenir. Üst seviyelere doğru yeşilimsi gri renkli, ince tabaklı, bol ince kavaklı lamellibrans içeren marnlı seviyelere geçilmektedir. Daha üstte ise marn-killi kireçtaşçı ardalanımı gözlenmektedir (Şekil 3).

Birim genellikle Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı temeldeki birimler, özellikle de Jura-Kretase yaşlı Tokmar formasyonu üzerine açısal uyumsuzlukla gelirken, Çavuşlar formasyonu üzerinde uyumlu olarak bulunmaktadır. Üzerine ise stratigrafik konumu itibarı ile Kuvaterner yaşlı oluşuklar açısal uyumsuz olarak

## ORTA TOROSLAR'DA BÜYÜKECELİ (GÜLNAR)-YEŞİLOVACIK (SİLİFKE) DOLAYININ TEKTONO-STRATİGRAFİ BİRİMLERİ

gelmekte olup, birimin inceleme alanındaki kalınlığı yaklaşık olarak 450 metredir (Şekil 3).

Formasyondan derlenen örneklerden hazırlanan ince kesitlerin Prof. Dr. Niyazi Avşar (Ç.Ü.) tarafından incelenmesi sonucunda saptanan; *Heterostegina* sp., *Peneroplis* sp., *Amphistegina* sp., *Gypsina* sp., *Textularia* sp., *Asterigerina* sp., *Miogypsina* sp., Miliolidae, Rotaliidae, Alg gibi fosillere göre birime Alt-Orta Miyosen yaşı verilmiştir.

Formasyonun marnlardan oluşan taban kesimleri havza ortasında derin denizel şartlardaki çökelmeyi göstermektedir. Bol fosilli kireçtaşları ve killi kireçtaşları ise sıcak ve çalkantılı sığ deniz ortamında, organizmaların etkisi ile oluşmuştur.

Mut formasyonu, Adana Basen'i ndeki Burdigaliyen kireçtaşı (Ternek, 1957), Karaisalı kireçtaşı (Schmidt, 1961), Karaisalı formasyonu (Yetiş ve Demirkol, 1986); Mut dolayındaki Mut kireçtaşı formasyonu (Sezer, 1970) ve Ermenek-Karaman arasındaki Göktepe resif kireçtaşı üyesi (Koçyiğit, 1976) ile deneştirilebilir.

### 2.4.4. Kuvaterner

Kuvaterner'de ise, Yeşilovacık (O-17) batısında Alüvyal Yelpaze (Qay), Delimehmet tepe (D-14) kuzey yamacında Yamaç Molozu (Qy), Koçaşlı (C-18) ve Katrcılı (H-8) köyleri dolayında Traverten (Qt), morfolojinin yataya yakın olduğu akarsu yatakları ve dolayında Alüvyon (Qal) ve kıyı kesimlerinde de Sahil Kumlu (Qs) oluşukları yaygın olarak gözlenmektedir.

### 3. SONUÇLAR

Bu çalışmada bölgenin ayrıntılı 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası ile jeoloji enine kesitleri hazırlanarak, aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. İlk kez bu çalışma ile Orta Toroslar'da, başlıca mavimsi renkli, kısmen metamorfize olmuş, kristalize kireçtaşı ve ince kırıntılarından oluşan Görbiyesdağı Birliği tanıtılmıştır.

2. İnceleme alanındaki Geyikdağı Birliği içerisinde tektono-stratigrafik açıdan farklılıklar sunan Ovacık ve Araca Tektonik dilimleri ayırtlanmıştır.

3. Geyikdağı Birliği'ne ait Ovacık Tektonik diliminde Orta Kambriyen-Üst Triyas zaman aralığında 10 adet; Araca Tektonik diliminde İnfra-Kambriyen - Üst Paleosen zaman aralığında 9 adet; Görbiyesdağı Birliği'nde Üst Kretase'de 1 adet; Üst Kretase'de 1 adet Ofiyolitli Karışık; Örtü Çökelî olarak Miyosen'de 3 adet, Kuvaterner'de 5 adet olmak üzere toplam 29 adet kaya-stratigrafi birimi ayırtlanarak haritalanmıştır.

4. Geç Triyas'ta etkin olan Erken Alpin orojenezi süresince, Geyikdağı Birliği kendi içerisinde dilimlenmiş, bunun sonucu olarak Ovacık tektonik dilimi Araca tektonik dilimi üzerine bindirmiştir. Erken Paleosen-Erken Eosen zaman aralığında etkin olan Orta Alpin orojenezi süresince ise Görbiyesdağı Birliği Geyikdağı Birliği'ni tektonik olarak üzerlemiştir.

### 4. KATKI BELİRTME

1999 yılında tamamlanarak Çukurova Üniversitesi'ne sunulan Doktora Tez

çalışmasının bir bölümünü içeren bu makalede; çalışmayı FBE 94/64 nolu proje çerçevesinde destekleyen Çukurova Üniversitesi Araştırma Fonu'na, Dr. Hüseyin Kozlu (TPAO)'ya, arazi çalışmaları sırasında sağladığı araç desteğiinden dolayı TPAO Genel Müdürlüğü Arama Grubu Başkanlığı'na, paleontolojik tayinleri yapan Prof.Dr. Niyazi Avşar (Ç.Ü.), Dr. Kemal Erdoğan (MTA) ve Dr. Tufan Süer (MTA)'e, petrografik tayinleri yapan Doç.Dr. Osman Parlak (ÇÜ)'a, harita ile enine kesitlerin çizimlerini titizlikle yapan Dr. Nazif Demir (DSİ)'e, yazıyı içerik, şekil ve GEOSOUND-YERBİLİMLERİ Dergisi yayım kurallarına uygunluk açısından titizlikle inceleyerek düzeltmeleri ve yapıçı eleştirileriyle katkıda bulunan Prof.Dr. Selim İnan (Me.Ü.), Prof.Dr. Ergun Gökten (A.Ü.) ve Dr. Mustafa Şenel (MTA)'e içtenlikle teşekkür ederiz.

## 5. KAYNAKLAR

Akarsu, İ., 1960, Mut Bölgesinin jeolojisi: M.T.A. Dergisi, 54, 36-45, Ankara.

Dean, W.T. and Monod, O., 1970, The Lower Paleozoic stratigraphy and faunas of the Taurus Mountains near Beyşehir, Turkey: I Stratigraphy, Bull. British Museum, Geology, 19, 411-426, England.

Demirtaşlı, E., 1967, Pınarbaşı-Sarız-Mağara ilçeleri arasındaki sahanın litostratigrafi birimleri ve petrol imkanları: MTA Rapor No: 4389, (yayınlanmamış), Ankara.

Demirtaşlı, E., 1976, Toros Kuşağı'nın Petrol Potansiyeli: Türkiye III. Petrol

Kongresi, 55-63, Ankara.

Demirtaşlı, E., 1978, Carboniferous of the area between Pınarbaşı and Sarız: In: Guide book of field excursions on the Carboniferous Stratigraphy of Turkey, Spec. Publ. MTA, 25-29, Ankara.

Demirtaşlı, E., 1980, Correlation of Paleozoic Stratigraphy of Turkey, Iran and Pakistan: In: Stratigraphic correlation of Turkey, Iran and Pakistan, Vol. 1, (Eds. by S.M.I Shah and A.M. Quennell), Overseas Development Administration, London.

Demirtaşlı, E., 1983, Stratigraphy and Tectonics of the area between Silifke and Anamur, Central Taurus Mountains: Geology of the Taurus Belt. In: Geology of the Taurus Belt Symposium (Eds. by O. Tekeli and C. Göncüoğlu), Proceedings, MTA Spec. Publ., 101-118, Ankara.

Demirtaşlı, E., 1984, Stratigraphic evidence of Variscan and early Alpine tectonics in Southern Turkey: In: The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean (Eds. by J.E. Dixon and A.H.F. Robertson), Geol. Soc. London, Spec. Publ. 17, 129-145, Edinburgh.

Demirtaşlı, E., 1987, Silifke batısında Hacısaklı, Büyükeceli, Korucuk ve Akdere köyleri arasında kalan bölgenin jeolojisi: MTA Rapor No: 8769, (yayınlanmamış), Ankara.

Demirtaşlı, E., Turhan, N., Bilgin, A.Z. ve Selim, M., 1984, Geology of the Bolkar Mountains: Geology of the Taurus Belt. In: Geology of the Taurus Belt Symposium (Eds. by O. Tekeli and C. Göncüoğlu), Proceedings, M.T.A. Spec. Publ., 77-90, Ankara.

**ORTA TOROSLAR'DA BÜYÜKECELİ (GÜLNAR)-YEŞİLOVACIK (SİLİFKE) DOLAYININ  
TEKTONO-STRATİGRAFİ BİRİMLERİ**

- Gedik, A., Birgili, S., Yilmaz, H. ve Yoldaş, R., 1979, *Mut-Ermenek-Silifke yörensinin jeolojisi ve petrol olanakları: Türkiye Jeol. Kur. Bült.*, 22, 7-26, Ankara.
- Gökten, E., 1976, *Silifke yörensinin temel kaya birimleri ve Miyosen stratigrafisi: Türkiye Jeol. Kur. Bült.*, 19, 117-126, Ankara.
- Ilker, S., 1975, *Adana Baseni kuzeybatısının jeolojisi ve petrol olanakları: T.P.A.O. Arama Arşiv No: 973* (Yayınlanmamış), 63s., Ankara.
- İpek, M., 1997, *Ovacık-Işıklı (Silifke-Mersin) bölgesinin tektono-stratigrafisi: Çukurova Üniv. Fen Bil. Enst. Jeoloji Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, 105 s., (yayınlanmamış), Adana.
- Juteau, T., 1980, *Ophiolites of Turkey: Ofioliti, Special Issue*, 2, 199-237, Bologna.
- Koç, H., 1996, *Aydincık (İçel) yörensinin stratigrafisi ve jeotektonik yorumu: Mersin Üniv. Fen Bil. Enst. Jeoloji Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, 104 s., (yayınlanmamış), Mersin.
- Koçyiğit, A., 1976, *Karaman-Ermenek (Konya) bölgesinde Ofiyolitli Melanj ve diğer oluşuklar: Türkiye Jeol. Kur. Bült.*, 19, 2, 103-116, Ankara.
- Metin, S., Papak, İ., Keskin, H., Özsoy, İ., Polat, N., Altun, İ., Hazinedar, H., Karabalık, N. ve Konuk, O., 1982, *Tufanbeyli-Sarız-Göksun ve Saimbeyli arasındaki jeolojisi (Doğu Toroslar): MTA Rapor No: 7129*, (yayınlanmamış), Ankara.
- Özalp, S., 1999, *Orta Toroslar'da Büyükeceli (Gülnar)-Yeşilovacık (Silifke) dolayının tektono-stratigrafi birimleri ve* bölgenin yapısal evrimi: Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 172s., (yayınlanmamış), Adana.
- Özgül, N., 1976, *Toroslar'in bazı temel jeoloji özellikleri: Türkiye Jeol. Kur. Bült.*, 19, 65-78, Ankara.
- Özgül, N., 1983, *Stratigraphy and tectonic evolution of the Central Taurides: In: Geology of the Taurus Belt (Eds. by O. Tekeli and C. Göncüoğlu)*, 77-90, Ankara.
- Özgül, N., 1997, *Bozkır-Hadım-Taşkent (Orta Toroslar'ın kuzey kesimi) dolayında yer alan tektono-stratigrafik birliklerin stratigrafisi: M.T.A. Dergisi*, 119, 113-174, Ankara.
- Özgül, N. ve Kozlu, H., 1993, *Kozan-Feve-Mansurlu arasındaki jeolojisi: T.P.A.O. Rapor No: 3380*, 127 s., Ankara.
- Özgül, N., Metin, S. and Dean, W.T., 1973, *Lower Paleozoic stratigraphy and faunas of the Eastern Taurus Mountain in the Tufanbeyli region, southern Turkey: Mineral Res. Explor. Bull.*, 79, 9-16, Ankara.
- Özgül, N., Böyükbaş, S., Alkan, H., Öztaş, Y. ve Korucu, M., 1991, *Göller Bölgesi'nin tektono-stratigrafik birlikleri: Ozan Sungurlu Sempozyumu, Bildiriler*, 213-237, Ankara.
- Schmidt, G.C., 1961, *VII. Adana Petrol Bölgesi'nin stratigrafik nomenklatürü: Petrol Dairesi Yayın No: 6*, 49-65, Ankara.
- Sezer, S., 1970, *The Miocene stratigraphy of Mut region, southern Turkey: Doktora Tezi*, Birkbeek College, London University.
- Ternek, Z., 1957, *Adana havzasının Alt Miyosen (Burdigaliyen) formasyonları*,

- bunların diğer formasyonlarla olan münasebetleri ve petrol imkanları: M.T.A. Enst., Dergi No: 49, 47-67, Ankara.
- Turan, A., 1997, Göksu Vadisi boyunca yüzeyleyen Miyosen öncesi tektono-stratigrafik birliklerin stratigrafisi: Silifke batısı (İçel): Çukurova Üniversitesi'nde Jeoloji Mühendisliği Eğitiminin 20. Yılı Sempozyumu Yerbilimleri-Geosound, Özel Sayı, Cilt II, 855-874, Adana.
- Uğuz, M.F., 1989, Silifke-Ovacık-Gülnar (İçel İli) arasındaki jeolojisi: İstanbul Univ. Fen Bilimleri Enst. Jeoloji Müh., Genel Jeoloji Prog., Doktora Tezi, 172 s., (yayınlanmamış), İstanbul.
- Ulu, Ü., 1983, Sugözü-Gazipaşa (Antalya) alanının jeoloji incelemesi: TMMOB Jeoloji Müh. Odası yayını, 16, 3-7, Ankara.
- Ulu, Ü., 1986, Gazipaşa-Sugözü (Antalya) alanının jeolojisi: MTA Derleme Rapor No: 7965, (yayınlanmamış), Ankara.
- Ünlügenç, U.C., 1986, Kızıldağ Yayla (Adana) dolayının jeolojik incelemesi: Çukurova Univ. Fen Bil. Enst. Jeoloji Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 77 s., (yayınlanmamış), Adana.
- Yetiş, C. ve Demirkol, C., 1986, Adana Baseninin batı kesiminin detay jeoloji etüdü I: M.T.A. Rapor No: 8037, (yayınlanmamış), Ankara.

**ALİBEYKÖY ÇİFTLİĞİ (YAYLADAĞI-ANTAKYA) YAMAÇ HAREKETİ  
VE İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI****Altay ACAR, İsmail DİNÇER***Ç.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye***Hidayet TAGA***Ç.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana/Türkiye*

**ÖZET:** Bu çalışmada, heyelan iyileştirme yöntemlerinin farklı koşullar altındaki performanslarının incelenmesi, maliyetlerinin karşılaştırılması ve teorik çözümlerin uygulamadaki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak Alibeyköy Çiftliği (Antakya-Yayladağı) yerleşim alanında meydana gelen dairesel kayma yüzeyine sahip heyelan incelenmiştir. İnceleme alanı tabanda çok kattı-sert kil olarak tanımlanan ayrılmış magmatik kayaç ve bunun üzerine denetimsiz olarak oluşturulmuş dolgudan meydana gelmektedir. Sahada kalınlığı yer yer 10.0 m'ye kadar ulaşan denetimsiz dolgu ve rasgele dökülmüş hafriyat malzemesi yamaç duraylılığı sorunu oluşturmaktadır. Yamaç duraysızlığı, ulaşım yolu ve yakınında bulunan betonarme yapıları etkilemektedir.

Söz konusu duraysızlığın iyileştirilmesi için bu çalışmada önerilen dolgulu, istinat duvarlı ve fore kazıklı farklı projelerin yamaç duraylılığına olan etkileri, dilimler arası kuvvetleri yatay olarak kabul eden Bishop yöntemi ile belirlenerek, kullanılacak dolgu hacmi ve kalınlığı, palye eğimleri, yükseklikleri ve genişliklerinin güvenlik katsayısı ile ilişkileri belirlenmiştir. Dolgulu iyileştirme yöntemi için mevcut sahada daha önceden kontrolsüz olarak dökülmüş malzemenin tekrar denetimli dolgu yapımında kullanılması ve yakın civarda yer alan kireçtaşlarının da kaya dolgu malzemesi olarak kullanılması gereklidir, gerekse pratik açıdan uygun olacaktır.

**SLOPE MOVEMENT AND REMEDIAL WORKS OF ALİBEYKÖY  
ÇİFTLİĞİ (YAYLADAĞI-ANTAKYA)**

**ABSTRACT:** The study purposes the examination of landslide stabilization methods behaviour under different conditions, comparisons of costs, and the effect of the theoretical solutions on the practical work. For this reason, a rotational slip, occurred in a settlement area of Alibeyköy Çiftliği (Antakya-Yayladağı) region, is examined. The investigated area is comprised of weathered magmatic rock described as stiff-hard clay and underlies artificial fill. The artificial fill and previously excavated materials, about 10.0 m thick, mainly cause slope stability problems. Transportation works and concrete structures are also affected by the slope instability.

The effect of the suggested methods of engineering fill, retaining walls and piles on the slope stability are studied based on the Bishop routine solution assuming that the resultant forces on the sides of the slices are horizontal, followed by the establishment

*of the relationships between volume and thickness of the fill, angle, width and height of the berm. It is concluded that rock fill with limestone blocks, close to the study area, and recompaction of the artificial fill would give the best result under the conditions of cost and application.*

## 1. GİRİŞ

Doğal zemin özelliklerinin altyapı için uygun veya istenen nitelikte olmaması durumunda bazen zorunlu olarak, bazen de tercihen yapının bir kısmı veya tamamı dolgu üstüne inşa edilmektedir. Bu dolgu alanları farklı şekillerde oluşabilir. Bunlar, evsel atıkların depolandığı çöp alanları veya inşaat yıkıntılarından elde edilen artık malzemenin toplandığı moloz sahalarının düzenlemesiyle ve yapılan kazılar sonrası ortaya çıkan malzemenin hiçbir mühendislik işlemi uygulanmadan denetimsiz şekilde depolanması sonucu oluşmaktadır. Halbuki denetimli oluşturulmuş bir dolgu üzerinde yer aldığı doğal zeminden daha iyi bir altyapı zemini özelliği taşıyabilir (Bowles, 1982). İyi bir dolgu zemini aranırken öncelikle dolgu malzemesinin uygun standartlarda sıkıştırılması gerekmektedir. Mühendislik ilkelerine uyulmadan seçilen dolgular üzerine inşa edilen yapılarda zamanla deformasyonlar oluşmaktadır ve hasarlar yüksek maddi zararlara sebep olmaktadır.

İnceleme alanı, Antakya ili Yayladağı İlçe merkezinin 3 km güneydoğusunda yer almaktadır (Şekil 1). Ayrıca inceleme alanına Harbiye üzerinden 37 km'lik asfalt bir yolla ulaşılabilmektedir.

Mevcut sahada kalınlığı yer yer 10.0 m'ye kadar ulaşan denetimsiz dolgu yamaç duraysızlığı sorunu oluşturmaktadır. Bu sorun nedeniyle

yaklaşık 50 m uzunluktaki mevcut ulaşım yolu hasar görmüştür. Zamanla dolgu zeminde olacak hareketlenme hemen yakında yer alan betonarme yapıları etkileyecektir. Bu çalışmada mevcut duraylılık sorununa yönelik olarak dört farklı iyileştirme alternatif olarak sunulmuştur. Bu alternatiflerin farklı koşullar altında performansları ve ekonomik açıdan uygulanabilirlikleri araştırılmıştır.

Proje, heyelan topografyası ve yerel jeolojik yapıyı ortaya koyan arazi çalışmaları ile başlamıştır. Bu kapsamında her biri 15 m olan toplam 30 m derinlikte iki adet sondaj çalışması, tabandaki sağlam kayaya ulaşılacak şekilde yapılmıştır. Arazi çalışmaları ve karotlu sondajların değerlendirilmesinden sonra elde edilen zemin parametrelerine göre mevcut duraysızlığın geriye dönük (back analysis) analizi yapılmıştır. Ayrıca bu analizler, seçilen iyileştirme alternatifleri için dinamik etkiler, yeraltı suyu seviyesi değişimleri ve yüzey yükleri gibi farklı koşullar altında tekrarlanmıştır.

## 2. ALİBEYKÖY ÇİFTLİĞİ HEYELANI VE JEOLOJİSİ

İnceleme alanı, Türkiye'nin Suriye ile olan sınır bölgesinde Yayladağı ilçesinin 3 km doğusundadır. Alibeyköy Çiftliği olarak bilinen bölgenin denizden yüksekliği 600-575 m kotları arasındadır.

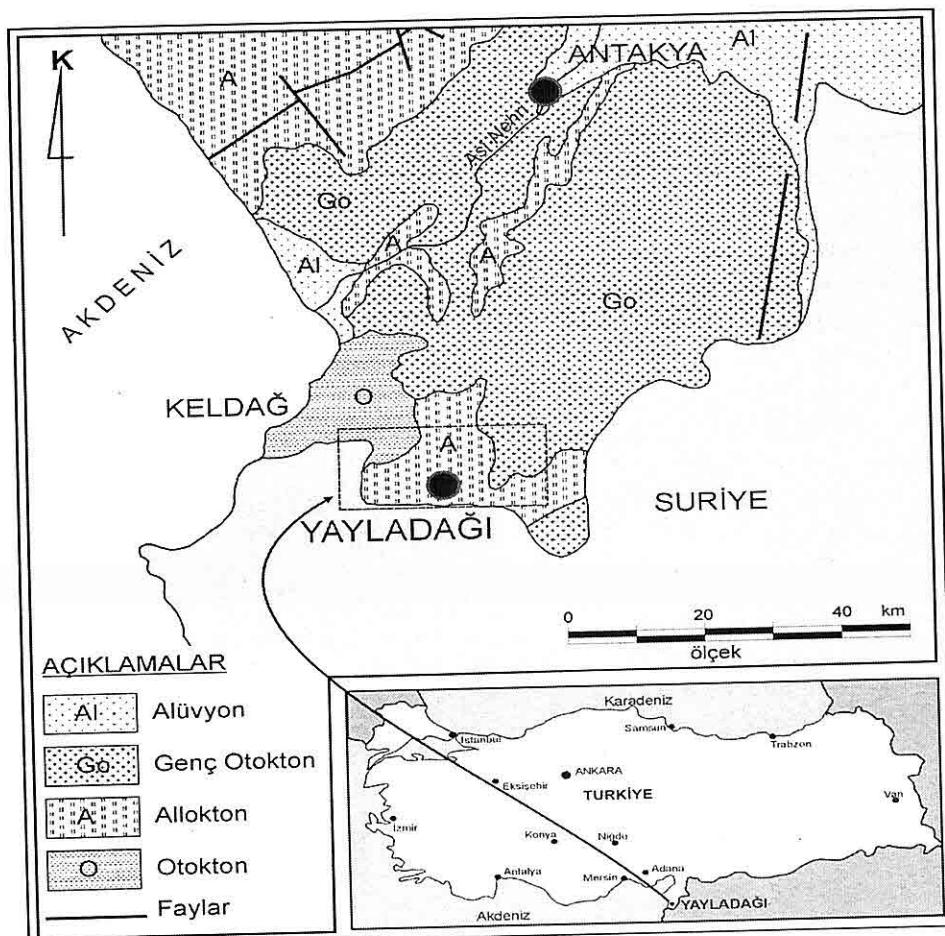
## ALİBEYKÖY ÇİFTLİĞİ (YAYLADAĞI-ANTAKYA) YAMAÇ HAREKETİ VE İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI

Bu bölge genel olarak, Üst Kretase ofiyolitleri, volkanitler ve Alt Paleozoyik'ten Kuvaterner'e kadar uzanan çökel istiften oluşmaktadır. Bu birimler, otokton, allokton, yarı allokton ve güncel alüvyonlar olmak üzere dört ana grupta toplanmaktadır (Şekil 1).

Allokton birimler ofiyolit ve örtüden meydana gelmektedir. Ofiyolitlerin üzerinde Üst Kretase kireçtaşları ve

çakıltaşları yer almaktadır. İncelme alanı ofiyolit kökenli mağmatik kayaçlar ve yakın civarında üst örtüyü oluşturan kireçtaşlarından oluşmaktadır.

Kısmen ağaçlık alanlar mevcut olsa da, genel olarak bitki örtüsü mevcut değildir. Arazinin genel eğimi ortalama 20 derecelik açı ile güneybatıya doğrudur. Arazinin yeraltısu açısından yoksun olduğu görülmektedir ve yeraltısunun



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru ve jeoloji haritası (Selçuk, 1981'den basitleştirilmiştir).

yamaç duraylılığına herhangi bir olumsuz etkisi olmamaktadır. Ancak yamaçtaki hareket sonucu yaklaşık 580 m kotlarında su borularından sızma yapan sular ve oluşturdukları gölcükler mevcuttur. Ayrıca heyelan sahasının hemen yukarısında yer alan askeri tesisin atık sularının bir kısmı da inceleme alanını etkilemektedir. Bölgede genel olarak karasal bir iklim hakim olup, kişileri soğuk ve yağışlı yazıları ise kuraktır.

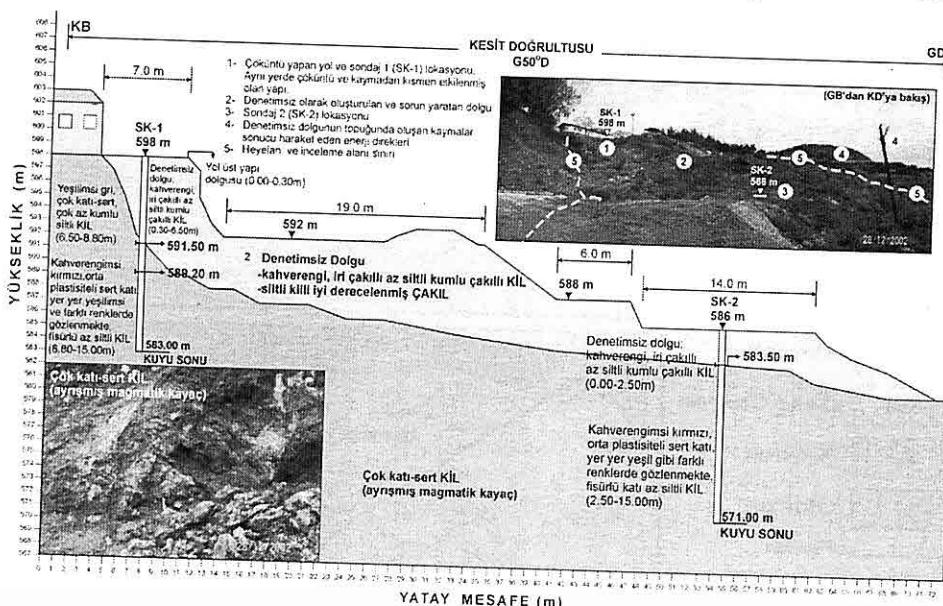
İnceleme alanı, tabanda çok katı-sert kil olarak tanımlanan ayırt edilen magmatik kayaç ve bunun üzerinde denetimsiz yapılmış dolgudan oluşmaktadır (Şekil 2).

Denetimsiz dolgu, farklı zamanlarda inşaat kazıları esnasında kazılarak çıkarılan hafriyat malzemesi ve çevredeki kaya dolgularda kullanılan kireçtaşının bloklarından meydana gelmiştir. Ulaşım

yolu alt yapısında da kullanılan dolgunun denetimsiz olarak yapıldığı belirlenmiştir. Dolgu genel olarak, çakılı, bloklu yumuşak kil özelliği görünümdedir. Yer yer çakılların miktarı artmaktadır. Bu kısımlar az killi siltli az kumlu iyi derecelenmiş çakıl olarak tanımlanmıştır. Dolgu SK-1 sondajında 6.50 m ve SK-2 sondajında 2.50 m derinlikte kesilmiş olup uniform bir kalınlığa sahip değildir. Arazi gözlemlerinde kalınlığının yer yer 10.00 m'ye kadar çıktıığı gözlenmiştir (Şekil 2). Denetimsiz dolgunun tabanında yer alan ayırt edilen magmatik kayaç yüksek kotlarda yüzeye çıkmaktadır.

Mevcut yapıların temeli genel olarak bu birim üzerinde yer almaktadır.

592-598 m arasındaki kotlarda yol alt yapısında meydana gelen kaymalar dolgu malzemesinin ana kaya üzerinde hareketi



Şekil 2. İnceleme alanının genel görünümü ve jeolojik enine kesiti.

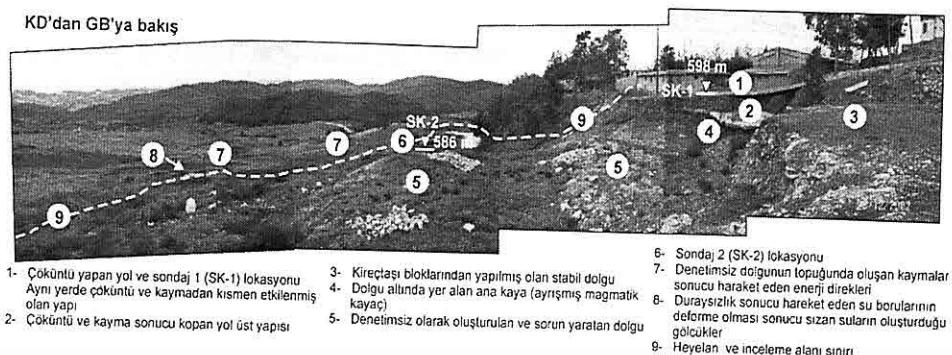
ile gerçekleşmektedir. Ana kaya heyelan aynası olarak gözlenmektedir. Ayrıca ana kayanın dik şevler oluşturduğu bu kısımlarda yol üst yapısında, altının boşalması sonucu deformasyonlar oluşmuştur. 580-586 m kotları genelde dolgu malzemesinin alt sınırını (topuk kısmı) meydana getirmektedir. Çakıl miktarının arttığı ara seviyelerde dolgu malzemesi yumuşak-gevşek yapısı nedeniyle yer yer yüksek geçirgenliğe sahiptir. Yağışlar sonucu oluşan yüzey suları kolaylıkla geçirimsiz zon yüzeyi olan ana kaya dokanağına ulaşmaktadır ve bu kısımlarda topografik eğimin azalması sonucu, yüksek boşluk suyu basıncı oluşumuna neden olmaktadır. Böylece topuk kısımlarında sığ dairesel (dolgu içinde) ve düzlemsel (ana kaya-dolgu dokanağı) kaymalar oluşmuştur. Hareket birleşik bir kayma yüzeyine sahiptir (Varnes, 1978). Bu hareketler sonucu dolgu içinde yer alan su boruları da deform olarak sızıntı yapmaktadır. Bunun sonucunda 580-581 m kotlarında küçük gölcükler oluşmuştur. Bu lokasyonda bulunan enerji direklerindeki eğilmeler hareketin aktif olduğunu ve önlem alınmazsa devam edeceğini göstermektedir (Şekil 3). Denetimsiz dolgunun duraysız olduğu ve özellikle suya doygun koşullarda tamamen kayacağı belirgindir.

### **3. YAMACIN İYILEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK DURAYLILIK ANALİZLERİ**

Mevcut yamacın ıslahı için kullanılacak malzemenin miktarı ve

maliyet göz önüne alınarak dört ayrı iyileştirme projesi düşünülmüştür. Bunlar, kontrollü dolgu, kontrollü dolgu ve kaya dolgu, kaya dolgu ve fore kazık alternatifleridir. Heyelanın iyileştirilmesi için önerilen bu dört ayrı alternatif ve mevcut yamaç durumu, Bishop (1955) yöntemi kullanılarak, SLOPE/W-V.5.1 (Geo-Slope, 2002) programı aracılığıyla duraylılığı analizleri Tablo 1'de verilen koşullar için yapılmıştır. Her bir model için en düşük güvenlik katsayısını verecek ilk 16 kayma dairesi merkezi seçilmiş ve her kayma dairesi için kütle 10 dilime bölünmüştür.

Zeminlerin doğal birim hacim ağırlığı ( $\gamma_n$ ), tane birim hacim ağırlığı ( $\gamma_s$ ), doğal su içeriği ( $\omega$ ), likit limit (LL), plastik limit (PL), plastisite indeksi (IP), optimum su içeriği ( $\omega_{opt}$ ), maksimum kuru birim hacim ağırlığı ( $\gamma_{kmax}$ ) ve zeminin makaslama dayanımı ( $\phi$ ,  $c$ ) belirlenmiştir (Tablo 2). Ancak duraylılık analizinde kullanılan parametreler için verilen laboratuvar sonuçları, arazi de yapılan SPT deneyi sonuçları ve malzeme tanımlaması standartlara uygun olarak, gerçek değerinden daha düşük değerler düşünülerek belirlenmiştir (BS- 1377, 1990; BS-5930, 1999 ve ASTM, 1993). Kullanılan parametreler efektif gerilme analizi prensiplerine uygun olarak belirlenmiş olup denetimsiz dolgunun daha önce kaydiği göz önüne alındığında kalıntı-artık mukavemet parametreleri kullanılmıştır.



Şekil 3. İnceleme alanının genel görünümü.

Denetimsiz dolgu olarak kullanılan malzeme ağırlığının yarısından fazlasının iyi derecelenmiş çakıldan oluşmakta olup, bu tip malzemede efektif kohezyon değeri  $0 \text{ kPa}$  ( $c'$ ) ve efektif içsel sürtünme açısı  $38^\circ$  ( $\phi'$ )'den büyük olarak elde edilmiştir. Fakat malzemenin silt ve kil gibi kohezyonlu zeminler içermesi durumunda  $10 \text{ kPa}'\text{l}\text{i}\text{k}$  kohezyona ( $c'$ ) sahip olmaktadır. Bu durum içsel sürtünme açısında  $35^\circ$ 'ye kadar düşmektedir. Benzer sonuçlar US Navy (1982)'de de elde edilmiştir. Proktor deneyinde optimum su içeriğinde kontrollü dolgu malzemesinin maksimum kuru birim hacim ağırlığı ( $\gamma_{\text{kmax}}$ )  $1.695-1.820 \text{ gr/cm}^3$  ( $16.62-17.85 \text{ kN/m}^3$ ) değerleri arasında değişmektedir. Burada en düşük değer olan  $16.62 \text{ kN/m}^3$  denetimsiz dolgunun her türlü koşulda birim hacim ağırlık değeri olarak belirlenmiştir.

Standartlara uygun olarak yapılacak kaya dolgu, çok iri tanelerden oluşmuş bir zemin olarak kabul edilebilir. Bu nedenle bloklar arasında bir kohezyonu olmayacağıdır ( $c'=0 \text{ kPa}$ ). Dolgunun

duraylılığı tamamen bloklar arasındaki sürtünme ile sağlanacaktır. Blokların iyi yerleştirilmemesi durumunda olacak oturma, bloklar arasında kenetlenmeyi artıracak ve makaslama dayanımını yükselticektir. Kaya dolguda efektif sürtünme değeri  $40^\circ$  ( $\phi'$ ) olarak belirlenmiştir. Kaya dolgu ve ana kaya arasında boşluk suyu basıncı oluşumunu engellemek ve mevcut yamacın drene olmasını sağlamak amacıyla taneli malzeme kullanılarak yapılacak  $0.25 \text{ m}$  kalınlıktaki dren tabakasının kohezyonu  $0 \text{ kPa}$  ( $c'$ ) ve efektif sürtünme açısı değeri  $30^\circ$  ( $\phi'$ ) olarak belirlenmiştir. Birim hacim ağırlık  $20 \text{ kN/m}^3$  olarak belirlenmiştir.

Ayrışmış magmatik kayacın özellikle  $590 \text{ m}$  ve daha yüksek kotlarda  $90^\circ$ 'ye varan dik şeveler oluşturması tamamen ayırmaya bağlı olarak gelişen deformasyonlarla ilişkilidir. Ayrıca bu birim yüksek kotlarda üzerindeki denetimsiz dolgunun kayması ile heyelan aynası konumundadır. Daha düşük kotlarda topografik eğimin azalması ile birimde duraysızlık sorunu azalmaktadır.

**ALİBEYKÖY ÇİFTLİĞİ (YAYLADAĞI-ANTAKYA) YAMAÇ HAREKETİ VE İYİLEŞTİRME  
ÇALIŞMALARI**

**Tablo 1.** Güvenlik katsayısını etkileyeyecek farklı koşullar.

Koşul No	Tanımlama	Açıklamalar
001	Statik Koşul-Kuru (drene olmuş)	Mevcut şevde herhangi bir dinamik kuvvet ve boşluk suyu basıncı göz önüne alınmamıştır. Şevin tamamen kuru olduğu düşünülmüştür. Bina ve statik araç yükleri değerlendirmeye alınmıştır.
002	Statik Koşul-Maksimum yer altı suyu	Mevcut şevde herhangi bir dinamik kuvvet göz önüne alınmamıştır. Şevin tamamen suya doygun olduğu kabul edilerek, duraylılığı olumsuz olarak etkileyebilecek en yüksek boşluk suyu basıncı değerleri hesaplanmıştır. Bu nedenle maksimum yer altı suyu seviyesinin oluşturulacak dolgu yüzeyinde yer aldığı düşünülmüştür. Sadece kaya dolgu uygulamasında ana kaya ve kaya dolgu arasına yapılacak drenajı sağlayacak granüler malzemede maksimum yeraltı suyu seviyesinin kalacağı düşünülmüştür. Bina ve statik araç yükleri değerlendirmeye alınmıştır.
003	Dinamik Koşul-Kuru (drene olmuş)	Mevcut şevde olası bir depremin ve ağır vasıtaların oluşturacağı dinamik kuvvet psüdostatik kuvvet olarak düşünüülerek, maksimum yatay yer ivmesi 0.40g alınmıştır. Şevin tamamen kuru olduğu ve böylece herhangi bir boşluk suyu basıncı göz önüne alınmamıştır. Bina ve statik araç yükleri değerlendirmeye alınmıştır.
004	Dinamik Koşul-Maksimum yer altı suyu	Mevcut şevde olası bir depremin ve ağır vasıtaların oluşturacağı dinamik kuvvet psüdostatik kuvvet olarak düşünüülerek, maksimum yatay yer ivmesi 0.40g alınmıştır. Şevin tamamen suya doygun olduğu kabul edilerek, duraylılığı olumsuz olarak etkileyebilecek en yüksek boşluk suyu basıncı değerleri hesaplanmıştır. Bu nedenle maksimum yer altı suyu seviyesinin oluşturulacak dolgu yüzeyinde yer aldığı düşünülmüştür. Sadece kaya dolgu uygulamasında ana kaya ve kaya dolgu arasına yapılacak drenajı görevi görecek granüler malzemede maksimum yeraltı suyu seviyesinin kalacağı düşünülmüştür. Bina ve statik araç yükleri değerlendirmeye alınmıştır.

**Tablo 2.** İnceleme alanında yer alan birimlerin temel mühendislik parametreleri.

ZEMİN TİPİ	$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\omega$ %	LL %	PL %	IP %	$\omega_{opt}$ %	$\gamma_{kmax}$ gr/cm <sup>3</sup>	$\phi$	c kPa
<b>Kil</b>	20.00-27.00	26.10	14	46-60	17-28	20-41	-	-	0	95
<b>Dolgu</b>	12.00-18.00	-	-	40-50	25-30	14-22	18	1.66	15	10

Toplam gerilme analizine yönelik olarak yapılan üç eksenli konsolidasyonsuz-drenajsız makaslama deneyinde bulunan içsel sürtünme açısı ( $\phi=0$ ) ve kohezyon ( $c=95$  kPa) efektif gerilme analizlerinde direkt kullanılmayacağı göz önüne alınarak, orta-zayıf dayanıklı kayaç niteliğindeki bu birim için yapılan kesme kutusu deneyinde birim hacim ağırlığı ( $\gamma$ ) 20 kN/m<sup>3</sup>, kalıntı kohezyon ( $c'$ ) 20 kPa ve içsel sürtünme açısı ( $\phi'$ ) 22 olarak belirlenmiştir.

Belirlenen parametrelerde birim hacim ağırlıkların yeraltı suyu tablası altında ve üstünde çok küçük miktarda değişmektedir. Tablo 1'de verilen koşulların tümünde şeş tepesinde (kot: 598.00 m) mevcut yapıların ve yol üzerinden gececek araçların düşey yönde en fazla 30 kN'lık bir kuvvet uygulayacaktır. Bu değer yaklaşık 3 tonluk bir ağırlığa karşılık gelmektedir. Bu kuvvetin mevcut yol genişliği (7.0 m) ve mevcut yapı genişliği (4.0 m) boyunca toplam 11.0 m'lik bir mesafede (598 m kotunda) etkili olacaktır. Kuvvetin etkili olacağı ortalama yükseklik 598 m kotundan itibaren 4.0 m olarak seçilmiştir. İnceleme alanının aktif Doğu Anadolu Fay Kuşağı içerisinde yer almاسından

dolayı dinamik kuvvetin oluşturacağı maksimum yatay yer ivmesi, 475 yıllık dönüşüm periyodunda 1. derece deprem bölgelerinde olacak olası bir depremin oluşturacağı maksimum yatay yer ivmesi kapsamında 0.40g olarak, psüdostatik analizde kullanılmıştır (DAD, 1996).

### 3.1. İyileştirme Alternatifleri

Şekil 2'de verilen kesitte denetimsiz dolgunun duraylılığı, merkezi (15.0m, 602.0m) ve (18.0m, 605.0m) koordinatları ile tanımlanan alanda yer alan dairesel ve birleşik kayma merkezleri için geriye dönük duraylılık analizleri ile belirlenmiştir. Bu merkezlerin olası kayma daireleri 592.0 m kotuna teget geçmektedir. Tablo 1'de verilen koşullara göre analiz sonuçları Tablo 3'de verilmiştir. Mevcut haliyle şeş sadece statik koşul+kuru (drone olmuş) durumda güvenlik katsayısı 1.0'a yaklaşarak limit denge konumunda görülmektedir. Diğer koşullarda yamaçta bir hareketin beklenmesi kaçınılmazdır. İyileştirme yöntemlerinde 1. ve 2. alternatifte, yeraltı suyu seviyesi sürekli olarak incelenen kayma yüzeylerinin altında tutulacağı düşünülmüştür. Tablo 3'te ayrıca aşağıda kısaca açıklamaları verilen iyileştirme alternatifleri için elde edilen güvenlik

**Tablo 3.** Projelerde elde edilen güvenlik katsayılarının karşılaştırılması.

Proje No	Açıklamalar	Güvenlik Katsayısı (Gk)			
		Koşul 1	Koşul 2	Koşul 3	Koşul 4
		Statik Koşul-Kuru	Statik Koşul-Maksimum Yer altı Suyu	Dinamik Koşul-Kuru	Dinamik Koşul-Maksimum Yer altı Suyu
	Mevcut durum	0.961	0.585	0.614	0.345
1	Denetimli dolgu	1.901	1.797-1.901	1.001	1.001
2	Denetimli dolgu+kaya dolgu	2.194	2.194	1.066	1.066
3	Kaya dolgu	2.553	2.500	1.214	1.244
4	Fore kazık	3.397	2.728	1.334	1.066

katsayıları verilmiştir.

Denetimli dolgu olarak adlandırılan proje, denetimsiz dolgu ve hafriyat malzemesinin sıyrılarak kaldırılması ve ana kaya üzerine yapılacak şevli denetimli dolguya içermektedir.

Denetimsiz dolgunun toplam hacmi yaklaşık  $10000 \text{ m}^3$ 'tür. Bu malzeme öncelikle yüksek kotlardan aşağıya doğru tamamen sıyrılarak kaldırılacaktır. Sıyrılan bu malzeme tekrar dolgu yapımı için denetimli olarak sıkıştırılmak suretiyle tekrar kullanılacaktır.  $7500 \text{ m}^3$  malzeme homojen dolguda kullanılacaktır. Dolgu şevleri 1Y:1D eğimde, 2.0 m palyekademe genişliğinde ve 3.0 m palyekademe yüksekliğinde olacaktır. Projenin yaklaşık maliyeti 42 000 \$ olarak hesaplanmıştır.

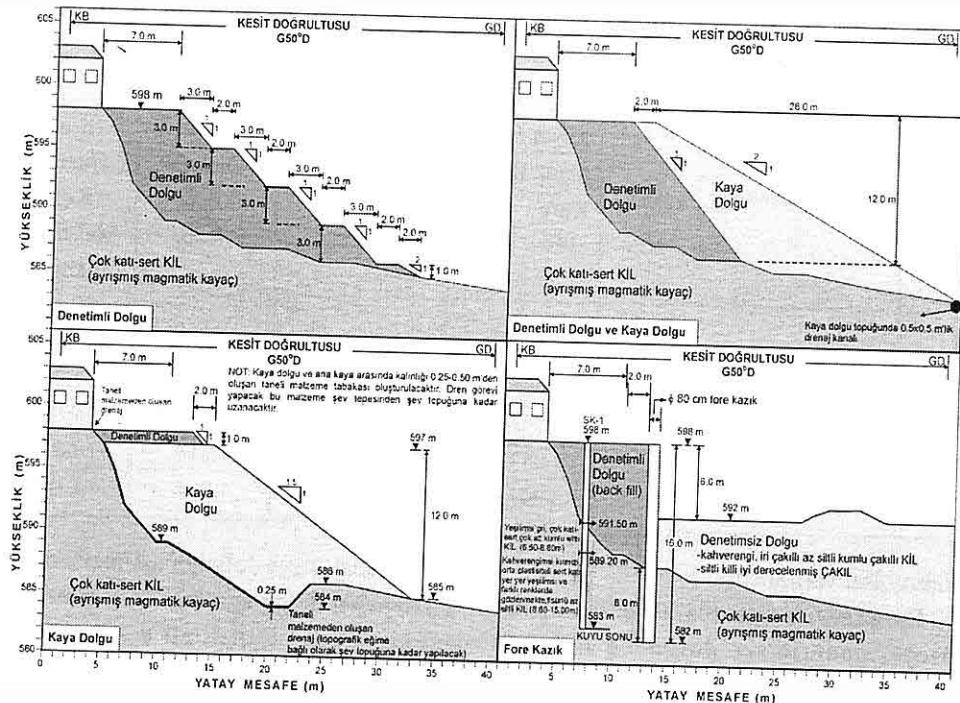
Mevcut sahanın ıslahı için hazırlanan 2. proje de; denetimsiz dolgu ve hafriyat malzemesinin sıyrılarak kaldırılması ve ana kaya üzerine yapılacak şevli kontrollü dolgu ve Kretase kireçtaşlarının

kullanılacağı kaya dolguya içermektedir.

Homojen dolgu için  $5000 \text{ m}^3$  malzeme gerekmektedir. Denetimli dolgu şevleri 1Y:1D eğimde, 598 m kotunda 7.0 m genişliğinde ve maksimum 12.0 m yüksekliğinde olacak şekilde yapılacaktır. Kaya dolgu 2Y:1D eğimle maksimum 15.0 m yüksekliğinde yapılacaktır. Projenin yaklaşık maliyeti 100 000 \$ olarak hesaplanmıştır.

Mevcut sahanın ıslahı için hazırlanan 3. proje ise denetimsiz dolgu ve hafriyat malzemesinin sıyrılarak kaldırılması ve ana kaya üzerine yapılacak şevli kontrollü dolgu ve kaya dolguya içermektedir. Bu projede yakın civarda yapılan karayolu kazılarından elde edilen kaya blokları göz önüne alınarak, kaya dolgu hacmi artırılmış, denetimli dolgu hacmi azaltulmuştur.

Mevcut kontrolsüz dolgu yukarıdan aşağıya doğru sıyrılarak kaldırıldıktan sonra tekrar sıkıştırılarak projenin kontrollü dolgu kısmında kullanılacaktır.



Şekil 4. Alternatif iyileştirme yöntemleri.

Proje 3 için gereklili olan malzeme miktarı yaklaşık  $500 \text{ m}^3$ 'dür. Bu dolgu aynı zamanda mevcut yoluñ alt yapısını oluşturacaktır. Dolgu malzemesi olarak, sıyrılmış kazısından elde edilen malzeme kullanılacaktır. Kontrollü dolgu şevleri 1Y:1D eğimde, 598 m kotunda 9.0 m genişliğinde ve maksimum 1.0 m yüksekliğinde olacak şekilde yapılacaktır. Kaya dolgu 2Y:1.5D eğimle maksimum 12.0 m yüksekliğinde yapılacaktır. Ana kaya ve dolgular arasına taneli malzeme ile yapılacak drenaj tabakası (filtre) 0.25-0.50 m kalınlığında olmalıdır. Dolgu ile aynı anda yapılacak bu filtre, şev tepesinden (598 m kotu) dolgu topوغuna kadar yapılarak, dolgu içinde ve sızan

suların drene olmasını sağlayacaktır. Şev tepesi ile dolgu topوغu arasında mutlaka bağlantı olacaktır. Bu alternatifin toplam maliyeti 116 000 \$ olarak hesaplanmıştır.

Mevcut koşullara uygun görülen 4. projede fore kazıkların  $\phi 80 \text{ cm}$  çapında ve en az 16.0 m boyunda olması önerilmektedir. Kazık, kontrolsüz dolgu ve ayrılmış magmatik kayaç seviyelerini geçerek dayanıklı magmatik kayaç içine yerleşecektir. Projenin yaklaşık maliyeti 180 000 \$ olarak belirlenmiştir.

Yukarıda açıklanan projelerin enine kesitleri ve ayrıntıları Şekil 4'de görülmektedir.

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Mevcut yamaç duraysızlığının iyileştirilmesi için denetimli dolgu, denetimli dolgu ve kaya dolgu, kaya dolgu ve fore kazık uygulaması olmak üzere dört farklı alternatif yöntem karşılaştırılmıştır.

Denetimli dolgu olarak adlandırılan yöntem, mevcut malzemenin tekrar kullanılması içermektedir. Buna bağlı olarak, mevcut denetimsiz dolgunun mühendislik özelliklerini belirlemeye yönelik olarak yapılan laboratuvar ve arazi çalışmalarında mevcut malzemenin homojen olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca mevcut denetimsiz dolgunun hacmi, projeyi gerçekleştirmek için yeterli değildir. Denetimsiz dolgu ve kaya dolgu olarak bilinen proje yine mevcut denetimsiz dolguya ait malzeme kullanılacağından benzer dezavantajlara sahiptir. Ancak kullanılacak malzeme hacmi daha düşüktür. Fore kazık uygulamasında ise, fore kazıklar hemen heyelan aynasında uygulanacağından mevcut ulaşım yolunda ve yakında bulunan yapılardaki deformasyonları önleyecektir. Ancak hareket etmiş olan denetimsiz dolgunun kendi içinde sonradan oluşabilecek kaymaları engellemeyecektir. Aynı zamanda proje ekonomik açıdan değerlendirildiğinde oldukça pahalı olduğu görülmektedir.

Yukarıda bahsedilen tüm projelerde güvenlik katsayısı tüm koşullarda 1.0'ın üzerinde olmasına rağmen, ekonomik ve projenin uygulanabilirliği açısından değerlendirildiği bazı dezavantajları görülmektedir. Kaya dolgu olarak adlandırılan proje için gerekli olan kaya

yakın civarda yer alan Kretase kireçtaşlarından elde edilebilir. Bu ekonomik açıdan projeyi uygun hale getirmektedir. Ayrıca en kötü koşulda en yüksek güvenlik katsayı (Gk=1.24) elde edilmişdir.

#### 5. KAYNAKLAR

ASTM (1993), *Standard classification of soils for engineering purposes (Unified Soil Classification System)*. American Society for Testing and Materials, No; D2487-93.

Bishop, A. W. (1955) *The use of the slip circle in the stability analysis of slopes*, Geotechnique, 5 (1), 7-17.

Bowles, J. E. (1982) *Foundation Analysis and Design*, McGraw-Hill, New York.

BS- 1377 (1990) *Methods of Test for soils*.

BS-5930 (1999) *Code of Practice for Site Investigations*. British Standards Institution, London.

DADB (1996) *Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı*, Ankara.

Geo-Slope (2002) *SLOPE/W for slope stability analysis. Version 5.1, Geotechnical software*, Calgary, Alberta, Canada.

Selçuk, H. (1981) *Etude Géologique de la partie méridionale du Hatay (Turquie)*. Thesis No: 1997, Ph. D., univ. de Genève, 116p (yayınlanmamış).

US Navy (1982) *Design Manual 7.2, 120p*.

Varnes, D. J., (1978), *Slope Movement Types and Processes*. In Schuster, R. L. and Krizek, R. J., eds. *Landslides-Analysis and Control*.-National Academy of Sciences Transportation Research Board Special Report 176, pp. 12-33.

## MAŞATDAĞI (ALANYA – ANTALYA) DİYASPORİTİK BOKSİTLERİNİN STRATİGRAFİK KONUMU

Sedat TEMUR, Gürsel KANSUN, Muzaffer KARADAĞ, Fetullah ARIK,  
Alican ÖZTÜRK

S.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya/Türkiye

**ÖZET:** Yörenede Alanya Birliği'ne ait Yumrudağ Grubu (*Üst Nap*) kaya birimleri yüzeylemektedir. Kabaca altta karbonatlı kayaçların içindeki pelitik ve semi-pelitik kayaçlarla başlayan istif üste doğru kuvarsit-sist-kireçtaşı ardalanmasına geçiş göstermektedir. Aynı havzanın kesintisiz ürünü olarak ortaya çıkan bu birimlerin alt seviyelerin Geç Permilen, üst seviyelerin ise Erken Triyas dönemine ait oldukları kabul edilmektedir. Yörenedeki birimlerden Üst Permilen yaşı Cebireis formasyonu kalın bir karbonat istifi şeklinde ortaya çıkmakta, alt kesimlerinde sist ve kuvarsitlerle ardalanmaktadır. Alt Triyas yaşı Asmaca formasyonu ise kristalize kireçtaşı ve kuvarsit araseviyeli fillit, kloritşist, kalkşist ve kloritoyidşistlerden meydana gelmektedir. Bu iki formasyonun sınırında ve sınırına yakın kesimlerde gözlenen boksitler Geç Triyas ile Erken Kretase zaman aralığında ortaya çıkan ve karbonatlı kayaçların yüzey ve intrakarstik boşluklarını dolduran oluşumlar olarak düşünülmektedir.

## STRATIGRAPHIC SETTING OF THE MAŞATDAĞI (ALANYA – ANTALYA) DIASPORITIC BAUXITES

**ABSTRACT:** In the study area, rock units of the Yumurdağ Group (*Upper Nappe*) belong to the Alanya Unit crop out: The sequence begins with pelitic and semi-pelitic rocks in carbonates at the bottom and passes into quartzite-schist-limestone towards the top. These units were deposited in the same basin with continuous sedimentation. Fossils of Upper Permien were found at the lower part of the sequence and fossils of Lower Triassic at the upper part of the sequence. The Upper Permien Cebireis formation comprises of thick carbonates, bearing schist and quartzite interbeds at the lower part of the foundation. Lower Triassic Asmaca formation comprises of phyllite, chlorite-schist, calcschist, chloritoid-schist and crystalized limestone and quartzite interbeds. Bauxites occurring at or near the border of these two formation are thought to be resulted from deposition in the surface or sub-surface holes of carbonate rocks developed during Late-Early Cretaceous time.

## 1. GİRİŞ

İnceleme alanı Alanya'nın 15 km kadar kuzeydoğusunda, Mahmutseydi Köyü ile Asmaca Köyü'nün arasında yer almaktadır. Mahmutseydi'ye bağlı Maşat, Bocca ve Büklü mahallelerini içinde bulunduran inceleme alanı yaklaşık 10 km<sup>2</sup>'lik dar bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1).

Bu çalışmanın amacı, yöredeki diyasporitik boksit yataklarının stratigrafik konumunun yorumlanmasıdır. Elde edilen bulgulara dayalı olarak geliştirilen oluşum modeli, başta Seydişehir-Akseki boksitleri olmak üzere, Türkiye'deki karbonatlı kayaçlara bağlı diğer boksitler için de yeni bir bakış açısı sağlayacağı tahmin edilmektedir.

Araştırmalar sırasında önceki çalışmalarдан derlenen 1/25000 ölçekli haritalar baz alınmıştır. Saha çalışmaları sırasında formasyon sınırları ve tektonik yapılar takip edilerek harita güncelleştirilmiştir. İncelenen kısım dar bir alan kapladığından, büyük ölçekli jeolojik yorumlarda, paleontolojik ve metamorfizmayla ilgili değerlendirmelerde çögünlükla önceki çalışmalara ait bulgular esas alınmıştır.

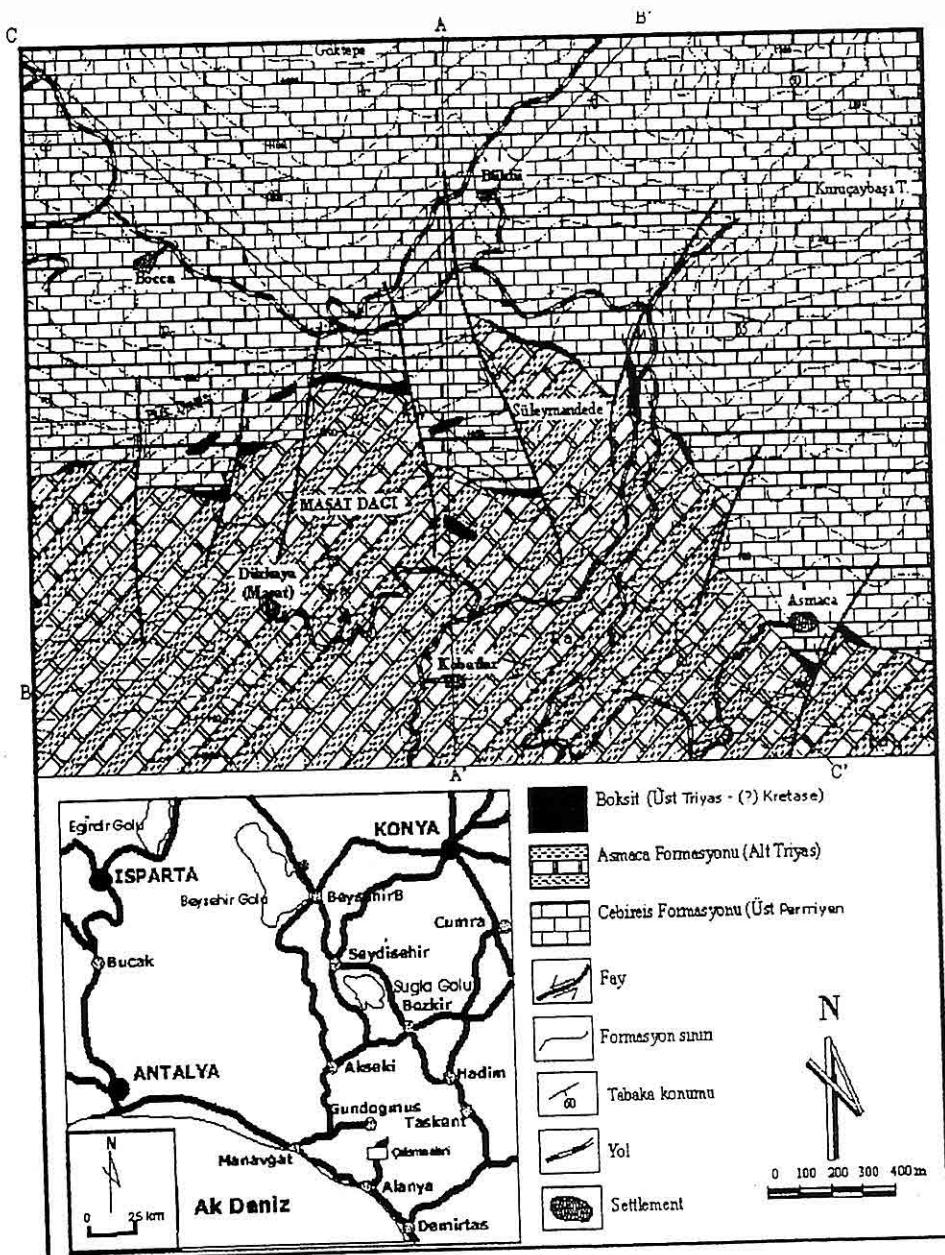
Yöredeki boksit yatakları ilk kez Barutoğlu (1938) tarafından ele alınmıştır. Bunu Arni (1940 ve 1941), Blumenthal, (1941 ve 1951), Egger (1959), Wippert (1962) tarafından yapılan çalışmalar izlemiştir. Bu birinci kuşak incelemelerde yöredeki birimler Paleozoyik yaşı şisti seri, Permo-Karbonifer karbonatlı kayaçları, boksit formasyonu ve bunları örten Neojen sedimanları olarak

ayırtlanmış ve tanımlanmıştır.

İkinci kuşak araştırmacılar birimlerin daha ayrıntılı litostratigrafik tanımlamalarını yapmış ve buna göre boksitlerin oluşumunu yorumlamışlardır. Bunlardan Peyronnet (1971a) kumtaşı ve kireçtaşları ile ardalanmalı olan kloritoyidist ve kalkışları "Şisti Seri" olarak adlandırıp Karbonifer yaşı vermiştir (Şekil 2). Orhon (1978) bu şistleri üzerindeki karbonatlarla aynı formasyonun parçası olarak değerlendirip hepsini birden Permiyen olarak yaşılmıştır. Özgül (1984a) aynı birimlerin Erken Triyas'ta çökeldiğini ileri sürerek Asmaca formasyonu olarak tanımlamış ve kurulan bu istifle birlikte önceki araştırmacılar tarafından devrik olarak düşünülen tabakaların normal konumlarında olduklarını savunmuştur. Kansun (2000) şistleri Alt Triyas yaşı olarak ele alıp yine Asmaca formasyonu olarak isimlendirmiştir, ancak inceleme alanının güneyinde, Üst Nap'ı meydana getiren istifin tabanında Kambriyen yaşı mikäşitlerin bulunduğu belirtmiştir. Triyas şistlerinin üzerine de bloklu bir dolomit seviyesi (Kekliktaş formasyonu; Orta – Üst Triyas) eklemiştir.

Peyronnet (1971a) şistlerin üzerine diskordan olarak geldiğini savunduğu dolomit geçişli kireçtaşlarını Permiyen karbonatları olarak, Orhon (1978) şistlerle birlikte Permiyen kireçtaşı araseviyeli şistler olarak tanımlamıştır. Dikme kesitte bunların üzerine uyumsuz olarak Triyas yaşı dolomit ve dolomitik kireçtaşlarını koymuşlardır. Özgül (1984a) bu iki birimi birleştirerek alt seviyeleri şistlerle

*MAŞATDAĞI (ALANYA – ANTALYA) DİYASPORİTİK BOKSİTLERİNİN  
STRATİGRAFİK KONUMU*



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru ve jeolojik haritaları (Peyronnet 1971b ve Özgül 1984b'den güncellenerek).

başlamasına sebep olmuş, böylece boksit malzemesi meydana gelmiştir" diyerek uyumsuzlukla açıklamaktadır. Özgül (1984a) Cebireis formasyonunun dolomitli kireçtaşı ve dolotaşı tabakalarının üzerinde Asmaca formasyonunun tip yerinde uyumlu olarak durduğunu belirtmektedir. Ancak dokanak boyunca yüzeyleyen metaboksit merceklerinin (Şekil 4f) açıklanması için, iki formasyonun arasında bir aşınma evresinin geçtiğini, dolayısıyla açısız bir uyumsuzluğun varlığının düşünülebileceğini ileri sürmektedir. Boksitlerin oluşumunun Geç Triyas'tan sonra geliştiği varsayıldığı ve bu diğer verilerle desteklendiği zaman Cebireis formasyonu ile Alt Triyas yaşı Asmaca formasyonunun uyumlu olduğu kuvvetlenmektedir.

Çok kıvrımlı ve faylarla tekrarlanmalı konumda bulunan formasyona ait birimlerin kalınlığı inceleme alanındaki verilerle yorum yapılamamaktadır. Peyronnet (1971a) sadece karbonatları 500 m, şistlerle birlikte olan kalınlığını da 1000 m'den fazla göstermiştir. Özgül (1984b) formasyonun görünür kalınlığını 500 m dolayında verirken Kansun (2000) 1650 m olarak tahmin etmektedir. Enine jeolojik kesitlerde de en az 500 m'lık bir kalınlık ortaya çıkmaktadır (Şekil 3).

Formasyona ait karbonatlı kayaçlardan Özgül (1984a), Peyronnet (1971a) ve Erbay (1998) tarafından elde edilen fosillere göre Üst Permien yaşı verilmiştir.

#### *Asmaca Formasyonu (Ta)*

Asmaca formasyonu kristalize kireçtaşı

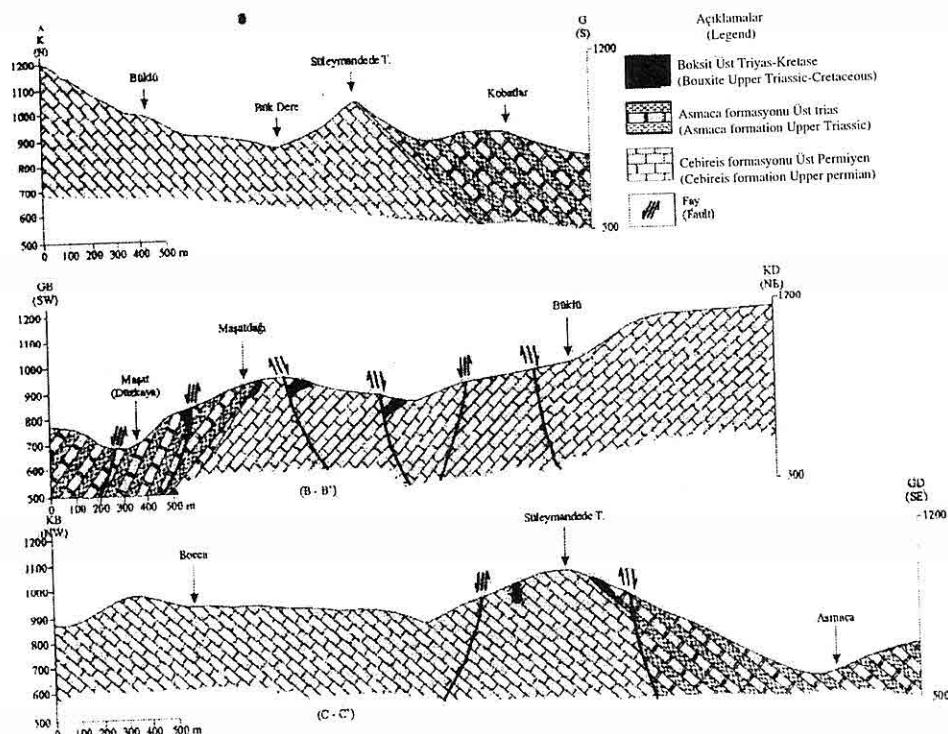
ve kuvarsit araseviyeli muskovitşist, kuvarsist, serisitşist (fillit), kloritşist, kalkşist ve kloritoyidşistlerden meydana gelmektedir. Formasyon Özgül (1984a) tarafından tanımlanmış ve isimlendirilmiştir. Araştırmacı tarafından tip yeri olarak inceleme alanındaki Maşat Dağı verilmiştir. Başvuru kesit yeri olarak da yine inceleme alanında yer alan Asmaca Köyü'nün batı kesimi önerilmiştir.

Formasyon başlıca yeşil, gri ve kahve renkli şist, kuvarsit ve kireçtaşı seviyelerinin ardalanması ve yanal geçişleri ile temsil edilmektedir. Şistlerin detay tanımlamaları muskovit-kalkşist, klorit-muskovit-kalkşist, muskovit-kloritoyidşist, kuvars-muskovitşist, klorit-muskovitşist, klorit-kuvarsist ve mikakuvarsist şeklinde yapılabilir (Kansun, 2000).

Kalkşistler genellikle sarımsı gri, koyu gri ve kül renkli olup benekli veya yollu görünümüldür. İnce tabakalı ve laminalıdırlar (Şekil 5a). Tabaka yüzeyleri genellikle klorit ve serisit pullarıyla sıvalıdır. Mineralojik olarak kalsit ve muskovit ile az miktarlarda klorit (ripidolit), kuvars, plajiyoklas (albit) içermektedir. Kayaç granolepidoblastik dokuludur (Şekil 5b).

Kalkşistlerin arasında, kalınlıkları 10 m'ye varan kristalize kireçtaşı seviyeleri yer alır. Bu kristalize kireçtaşı düzeyleri gri renkli, rekristalize, orta – kalın tabakalı, bloklu görünümlü ve bol çatlaklıdır. Kil oranları yüksek olup, şist laminaları veya serisit pulları içerir. Kayacın % 80'inden fazlasını meydana

## MAŞATDAĞI (ALANYA – ANTALYA) DİYASPORİTİK BOKSİTLERİNİN STRATİGRAFİK KONUMU



**Şekil 3.** İnceleme alanının enine jeolojik kesitleri.

### Cebireis Formasyonu

Kalın bir karbonat istifi şeklinde ortaya çıkan birim alt seviyelerinde kalkşist, kloritoyidist ve kuvarsitlerle ardalanmaktadır. Formasyonun ismi Özgül (1984a)'den alınmıştır.

Formasyonu meydana getiren karbonatlar gri, koyu gri, kül renkli, bazen açılarak beyaza kadar değişen renklerde, ince – orta, yer yer kalın tabaklı kireçtaşı ve bununla yanal ve düşey geçişli dolomitik kireçtaşı – dolomit seviyeleri ile temsil edilmektedir (Şekil 4a). Bazı kısımlarda bitüm oranı artmakta ve bu kireçtaşının rengi siyaha doğru

kaymaktadır. Üst seviyelerinde çört izlenmektedir. Yaygın tektonizma ile birim çok kıvrımlı ve kırıkçı bir yapı kazanmıştır. Oldukça çatlaklı, çatlakları genellikle kalsit dolgulu olan kireçtaşının içinde yaygın erime boşlukları gözlenmektedir.

Mikroskopik incelemelere göre kayacın % 90 – 95'i kalsit, % 5 fosil parçaları, kalanı da terrijen malzemeden meydana gelmektedir. Kalsit genellikle iri (0.3 – 2 mm) kristallidir. Hemen bütün kesitlerde kalsitin % 70'den fazlası 500 mikrondan küçük kristallidir. Kansun (1993)'a göre kalsitler genelde irili ufaklı ikizlenmeli,

bazen de ikizlenmesiz kristaller halinde ve mozayik dokuludur. % 1 - 2 oranındaki kuvars ve muskovit ise kayaç içinde saçılımış taneler halindedir. Kuvars çok belirgin olarak dalgalı sönme göstermektedir. Kuvarslar daha çok 2 mm'den büyük, saçınımı taneler durumdadır. Yine kalsitin arasında az miktarlarda gözlenen detritik elemanlar serisit, klorit, kuvars şeklinde olup, fosil parçaları da ekinoderm, ostrakod, foraminifer ve gastrapod kavkıları şeklindedir.

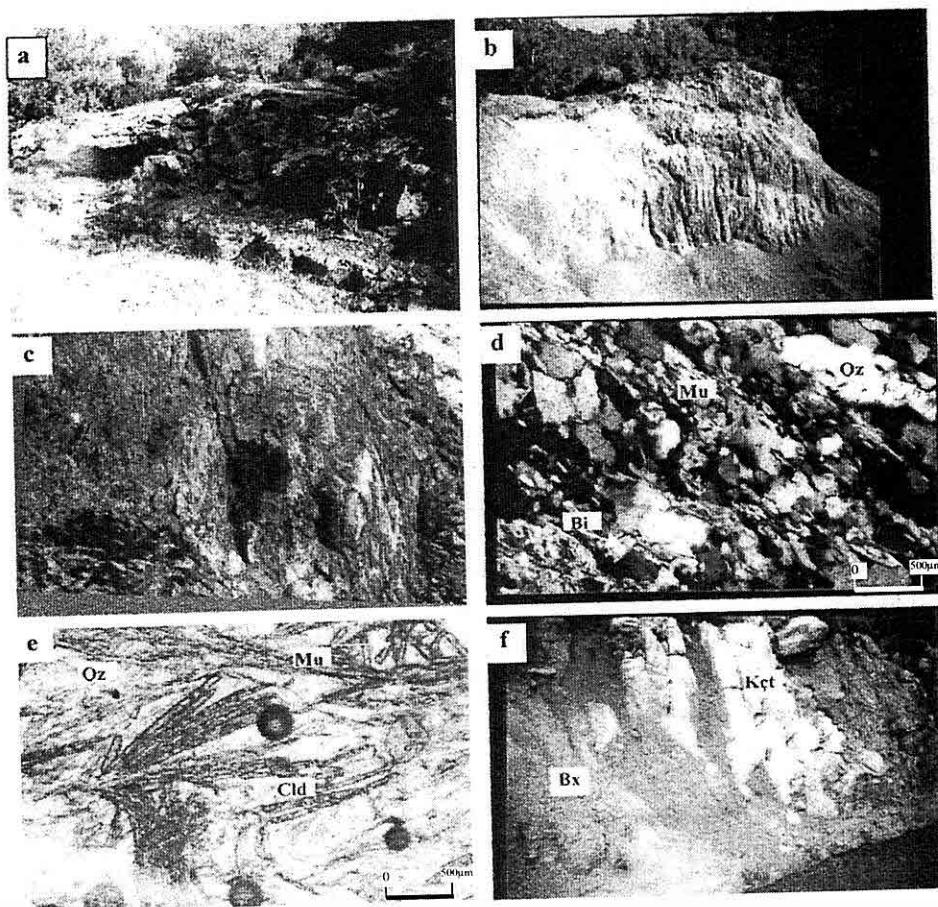
Kireçtaşı ile ardalanmalı ve yanal - düşey geçişli dolomit düzeyleri gri - koyu gri renkli ve ince - orta kalınlıkta tabakalıdır. Dolomitik kireçtaşı dolomite göre daha açık renklidir. Bunlarda dolomit kristalleri genellikle öz-şekilsiz, bazen romboedrikir (Kansun, 2000). Bu düzey birkaç metreden fazla derinliğe kadar gelişmiş olan yüzey alterasyonu ile kum benzeri tane yığınlarına dönüşmüştür (Şekil 4b). Dolomitlerden alınan numunelerde dolomit oranı % 70'i geçmektedir. Hemen her zaman kalan kısım kalsitle temsil edilmekte, aksesuar mineral olarak da kuvars, muskovit, albit ve opak mineraller gözlenmektedir. Dolomitler yaygın olarak ikizlenmelidir. Kayaç mozaik dokulu olup diğer mineraller kalsit ve dolomitlerin arasında saçılımış haldedir.

Kireçtaşlarının alt seviyelerinde en fazla birkaç metre kalınlığında fillit, şist ve kuvarsit ara seviyeleri yer almaktadır (Foto 4c). Şistler kuvarsist, kalksist, kloritoidist ve yeşilist (kloritist) olarak ayrılabilimekte, bunlar birbirlerine kısa

mesafelerde dereceli geçiş göstermektedir. Kuvarsistler yeşilimsi beyaz ve sarı renkli, yapraklılmalı, ince tabakalı ve dağılgandır. Granoblastik ve porfiroblastik dokulu olan kuvarsistlerde kuvarsa hemen her zaman muskovit eşlik etmektedir (Foto 4d). Daha az oranlarda biyotit (yeşil), klorit (ripidolit - piknoklorit), kloritoid, epidot, plajiyoklas (albit), serisit, kalsit ve turmalin bulunmaktadır. Kalksistlerde ise kalsitle birlikte kuvars, klorit, plajiyoklas ve turmalin gözlenmektedir. Sarımsı - yeşilimsi beyaz renkli olan kloritoidistler lepidoblastik dokulu olup (Şekil 4e) esas olarak kloritoid, muskovit, klorit (ripidolit), kuvars, biyotit, turmalin, apatit bileşimindedir. Yeşil renkli olan kloritistlerde (yeşilist) porfiroblastik ve lepidoblastik dokular hakimdir. En yaygın olan klorite (ripidolit - pikroklorit) gittikçe azalan sırayla plajiyoklas (albit), zoisit, klinozoisit, epidot, aktinolit, tremolit, kalsit, muskovit, biyotit (yeşil), kuvars ve sfen eşlik etmektedir.

İnceleme alanının kuzey kesimini kaplayan Cebireis formasyonunun taban ilişkisi gözlenmemektedir. Ancak önceki çalışmalarla göre birim Alanya Birliği'nin Orta Napoli'na ait Üst Kretase - Paleosen (?) yaşı Sugözü Karışığı'na ait birimlerin üzerine bir sürükle nimle itilmiş durumdadır (Kansun, 2000). Birimin üzerine ise uyumlu ve dereceli geçişli olarak Alt Triyas yaşı Asmaca formasyonuna ait şist, kuvarsit ve karbonatlar gelmektedir.

İnceleme alanı ve yakın çevresindeki



**Şekil 4.** Cebireis formasyonuna ait kaya birimlerinin arazi ve incekesit görünümleri.  
 a – İnce – orta kalınlıkta tabakalı, gri – siyah renkli, dolomitik kireçtaşı (Büklü giriş). b – İnce tabakalı, gri renkli, dolomitlerin karakteristik kum benzeri ayrışma görünümü (Maşat Dağı kuzeý yamacı), c – Cebireis formasyonuna ait kuvars ve kloritoyidşistin arazideki görünümü (Maşat Dağı kuzeý yamacı), d – Kuvarsistte 100 – 500 mikron boyunda kuvars kristallerinin (Qz) arasında yönlenmiş muskovit (Mu) ve saçılımlı biyotitler (Bi) (X N), e-Kloritoyidşistte kloritoyidlerin (Cld) arasını dolduran muskovit (Mu), kuvars (Qz) ve turmalin (// N), f - Boksit (Bx) kütlenin tabanında yer alan Cebireis formasyonuna ait orta kalınlıkta tabakalı, gri renkli, düşeye yakın konumlu kireçtaşı (Kct) (Maşat Dağı doğusu, yol yarması).

Permiyen – Triyas yaşı birimlerin geçisi  
için Peyronnet (1971a) "Permiyen

sonunda Alanya şistli bölgesinin yeniden yükselmesi erozyonun yeniden

başlamasına sebep olmuş, böylece boksit malzemesi meydana gelmiştir" diyerek uyumsuzlukla açıklamaktadır. Özgül (1984a) Cebireis formasyonunun dolomitli kireçtaşı ve dolotaşı tabakalarının üzerinde Asmaca formasyonunun tip yerinde uyumlu olarak durduğunu belirtmektedir. Ancak dokanak boyunca yüzeyleyen metaboksite merceklerinin (Şekil 4f) açıklanması için, iki formasyonun arasında bir aşınma evresinin geçtiğini, dolayısıyla açısız bir uyumsuzluğun varlığının düşünülebileceğini ileri sürmektedir. Boksitlerin oluşumunun Geç Triyas'tan sonra geliştiği varsayıldığı ve bu diğer verilerle desteklendiği zaman Cebireis formasyonu ile Alt Triyas yaşı Asmaca formasyonunun uyumlu olduğu kuvvetlenmektedir.

Çok kıvrımlı ve faylarla tekrarlanmalı konumda bulunan formasyona ait birimlerin kalınlığı inceleme alanındaki verilerle yorum yapılamamaktadır. Peyronnet (1971a) sadece karbonatları 500 m, şistlerle birlikte olan kalınlığını da 1000 m'den fazla göstermiştir. Özgül (1984b) formasyonun görünür kalınlığını 500 m dolayında verirken Kansun (2000) 1650 m olarak tahmin etmektedir. Enine jeolojik kesitlerde de en az 500 m'lik bir kalınlık ortaya çıkmaktadır (Şekil 3).

Formasyona ait karbonatlı kayaçlardan Özgül (1984a), Peyronnet (1971a) ve Erbay (1998) tarafından elde edilen fosillere göre Üst Permiyen yaşı verilmiştir.

#### *Asmaca Formasyonu (Ta)*

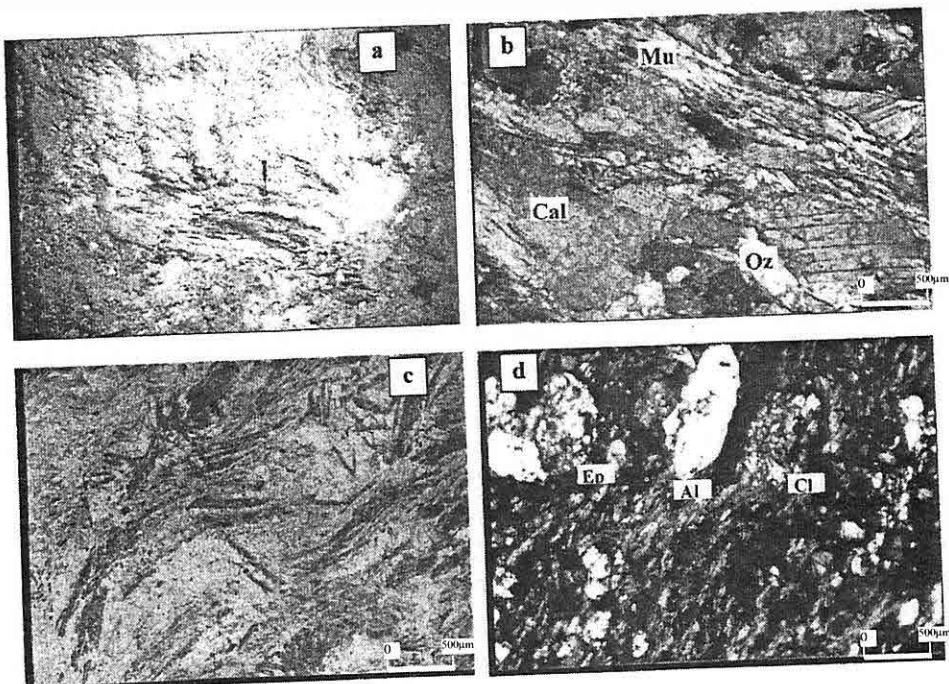
Asmaca formasyonu kristalize kireçtaşı

ve kuvarsit araseviyeli muskovitşist, kuvarsist, serisitşist (fillit), kloritşist, kalkşist ve kloritoyidşistlerden meydana gelmektedir. Formasyon Özgül (1984a) tarafından tanımlanmış ve isimlendirilmiştir. Araştırmacı tarafından tip yeri olarak inceleme alanındaki Maşat Dağı verilmiştir. Başvuru kesit yeri olarak da yine inceleme alanında yer alan Asmaca Köyü'nün batı kesimi önerilmiştir.

Formasyon başlıca yeşil, gri ve kahve renkli şist, kuvarsit ve kireçtaşı seviyelerinin ardalanması ve yanal geçişleri ile temsil edilmektedir. Şistlerin detay tanımlamaları muskovit-kalkşist, klorit-muskovit-kalkşist, muskovit-kloritoyidşist, kuvars-muskovitşist, klorit-muskovitşist, klorit-kuvarsist ve mikakuvarsist şeklinde yapılabilir (Kansun, 2000).

Kalkşistler genellikle sarımsı gri, koyu gri ve kül renkli olup benekli veya yollu görünümüldür. İnce tabakalı ve laminalıdır (Şekil 5a). Tabaka yüzeyleri genellikle klorit ve serisit pullarıyla sıvalıdır. Mineralojik olarak ķalsit ve muskovit ile az miktarlarda klorit (ripidolit), kuvars, plajiyoklas (albit) içermektedir. Kayaç granolepidoblastik dokuludur (Şekil 5b).

Kalkşistlerin arasında, kalınlıkları 10 m'ye varan kristalize kireçtaşı seviyeleri yer alır. Bu kristalize kireçtaşı düzeyleri gri renkli, rekristalize, orta – kalın tabakalı, bloklu görünümlü ve bol çatlaklıdır. Kil oranları yüksek olup, şist laminaları veya serisit pulları içerir. Kayacın % 80'inden fazlasını meydana



**Şekil 5.** Asmaca formasyonuna ait kaya birimlerinin arazi ve ince kesit görünümleri. a – Asmaca formasyonuna ait ince tabaklı, laminalı, yeşil – kahve renkli, kalkışlı (Kobatlar). b – Kalkıştakristallerinin arasında yönlenmiş muskovit (Mu) ve saçılım kuvars (Qz) (X N), c – Kloritoyidistte yönlenmiş kloritoyid kristalleri (// N), d - Yeşilşistte klorit (Cl) albít (Ab) ve epidotun oluşturduğu porfiroblastik doku (X N).

getiren kalsite muskovit, kuvars ve epidot eşlik eder. Kireçtaşı seviyelerinin tabanında gözlenen ve boyları birkaç santimetreyi bulan köşeli kireçtaşı parçalarının oluşturduğu karst breşlerine sıkça rastlanmaktadır. Bu oluşumlar boksitlerin yakın kısımlarında artmaktadır ve buralarda boksit hamurlu breşlere geçiş göstermektedir. Maşat Dağı'nın güney yamacında 70 m uzunluğunda ve 20 m kalınlığında bir boksit merceği yer almaktadır. Bu merceğin taban ve tavan kayaçları şist ve kuvarsit temsil edilmekte olup, Asmaca ve Cebireis

formasyonlarının sınırlarından yaklaşık 100 m daha üst seviyelerde, Asmaca formasyonuna ait birimlerin içinde bulunmaktadır.

Kloritoyidist, muskovitist, fillit ve kuvarsistler muskovit-kuvars-kloritoyid-klorit-serisit-biyotit-epidot-plajiyoklast-turmalin mineral parajenezine sahiptir. Genellikle yumuşak topografya oluşturan şistler sarı, yeşil, kahve renklerinin değişik tonlarının karışımı şeklindedir. Gerek mineralojik bileşim, gerek renk, gerekse tabaka konumu olarak birkaç metre mesafede bile önemli değişiklikler

gösterirler. % 15'den fazla kloritoyid bulunması, birimin düşük dereceli Barrow tipi yeşilşist fasiyesinde bölgesel metamorfizma geçirdiği şeklinde yorumlanabilir. Kloritoyidistlerde lepidoplastik doku hakimdir (Şekil 5c). Fillitler ince serisit kristallerinin amorf malzeme (yaygın kil mineralleri ve opak mineraller) ile birlikte yönlenmesiyle oluşmuş hamurun içinde yüzen iri kuvars kristalleri ile porfiroblastik bir doku sunarlar (Şekil 5d). Kuvars kristallerinde dalgalı sönmeler çok belirgindir.

Şistlerin arasında zaman zaman 10 m'yi aşan kuvarsit seviyeleri beyaz renkli, ince - orta tabakalı ve yer yer masif görünümlüdür. İyi boylanmış ince kum boyutunda malzemeden meydana gelmektedir. İnce kesitte kayacın % 90'dan fazlasını kenetlenmiş kuvars taneleri oluşturmaktadır.

Asmaca formasyonu Üst Permilen yaşlı Cebireis formasyonunun karbonatlı kayaçlarının üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Formasyonun üst sınırı inceleme alanında gözlenmemektedir. Ancak önceki çalışmalarından Alanya Birliği'nin bu Üst Napi'nda Geç Triyas - Geç Kretase zaman aralığında çökelme olmadığı, Erken Tersiyer'de ise Aladağ Birliği'ne ait kaya birimleri tarafından tektonik süreçlerle üzerlendiği (Özgül, 1984b) anlaşılmaktadır.

Birimlerin sık kıvrımlı ve faylı konumuna bağlı tekrarlanmalarından dolayı formasyonun kalınlığı hakkında yorum güçleşmektedir. Maşat Dağı'nın güneyinde en az 300 m görünür kalınlık belirlenebilmektedir. Özgül (1984a) tip

yerinde 100 m, Kansun (2000) ise 150 m kalınlık vermektedir.

Asmaca formasyonunda belirlenen mikrofauna ve yapılan deneştirmelere dayanılarak formasyona Özgül (1984a) tarafından Alt Triyas yaşı verilmektedir. Araştırmacı formasyonu oluşturan birimlerin oluşum ortamını sığ kıyı denizi, muhtemelen gel-git arası ortam şeklinde yorumlamaktadır.

### 3. METAMORFİZMA

İnceleme alanında kristalize kireçtaşı, fillit, şist, kuvarsit ve diyasporit gibi metamorfik birimler yüzeylemektedir. Özgül (1984a)'e göre yeşilşist metamorfizmasının yaşı Alt Triyas - Meastrihiyen'dir. Yöredeki metamorfizma hakkında daha ayrıntılı çalışmalar yapan Kansun (2000) ise Üst Nap'taki metamorfizmanın Geç Paleosen - Erken Eosen aralığında gelişliğini, naplaşma ve bindirmelere bağlı kabuk kalınlaşması ile ilişkili olduğunu belirtmektedir. Işık ve Tekeli (1995) metamorfizmayı stavrolit ve disten minerallerine dayanarak yüksek derece amfibolit fasiyesine dahil ederken Kansun (2000)'a göre metamorfizma başlangıçta Abukuma tip yeşilşist fasiyesinden başlayarak kordiyerit - amfibolit fasiyesinin düşük sıcaklıklarına kadar ilerleyen reaksiyonlar şeklinde gelişmiştir. Bu metamorfizma tahminen 10 - 25 km derinlik, 3 - 6 kb basınç, 500 - 620 °C sıcaklık şartlarını yansıtır. Üst Nap Erken (?) Paleosen yaşlı bu ilerleyen metamorfizmdan sonra Geç Paleosen - Erken Eosen aralığında yeşil şist

fasiyesinde tarzda gerileyen metamorfizma geçirerek 3 – 4.5 kb basınç ve 425 – 500 °C sıcaklık şartlarında yeniden başkalaşmışlardır. Bozkaya (2001) ise metamorfizmayı düşük – orta basınç fasiyesi serisinin düşük kesimine sokmakta ve 400 °C'tan düşük sıcaklık ve 3 kb'dan düşük basınç önermektedir.

Üst Nap'ı etkileyen bu düşük dereceli metamorfizma sonucunda boksitler diaspore, pelitik kayaçlar fillit ve şistlere, karbonatlar mermere, kumtaşları kuvarsite dönüşmüştür.

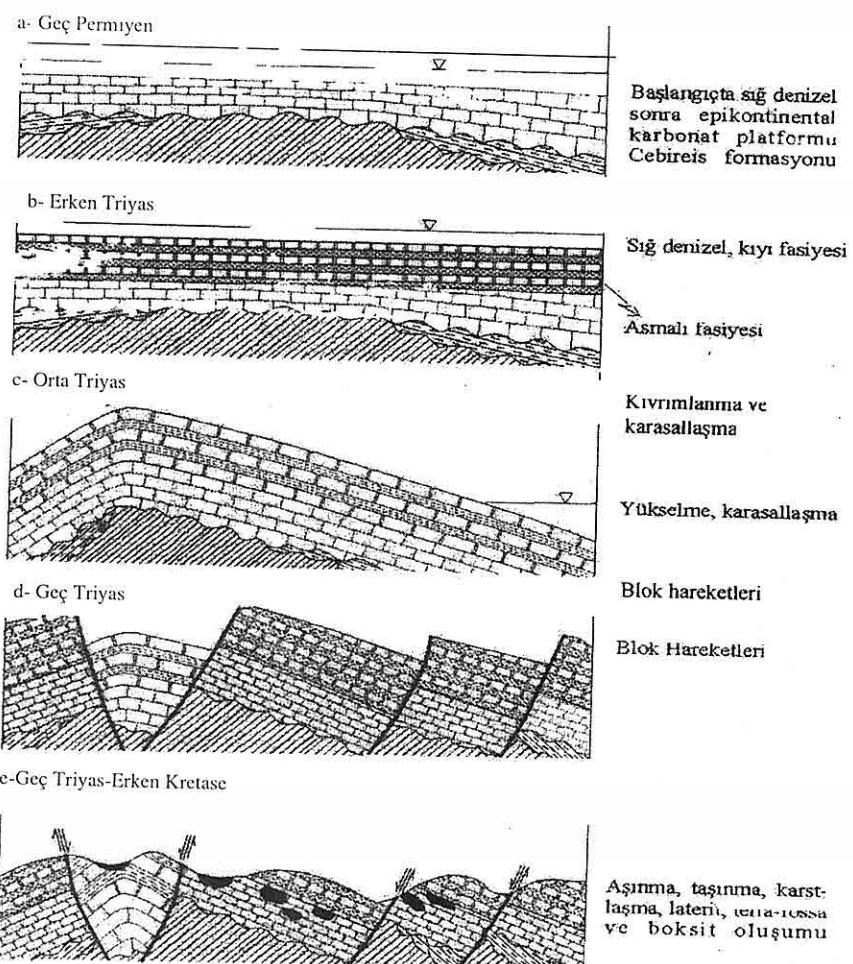
#### 4. JEOLOJİK GELİŞİM

İnceleme alanı ve yakın çevresinde yüzeleyen formasyonlar Toroslar'ı meydana getiren birliklerden Alanya Birliği'nin Üst Nap'ına ait kayaçlarla temsil edilmektedir. Üst Nap'ın inceleme alanında görülebilen en alt seviyesinin Üst Permiyen yaşılı birimler meydana getirmektedir. Ancak inceleme alanının yakın çevresindeki verilere göre bu birimler Kambriyen ve Ordovisiyen yaşılı sığ denizel ortamda çökelmesinden sonra Erken Permiyen'e kadar hakim olan karasal ortamın aşınma yüzeyini örten transgresif bir seri olarak gelişmiştir. Geç Permiyen'de çökelmeye başlayan ve Cebireis formasyonunun alt seviyelerini meydana getiren pelitik kayaçlar, kum taşı ve kireçtaşları karadan taşınmanın yoğun olduğu (Özgül, 1984a) sığ denizel bir ortamı temsil etmektedir. Formasyonun üst seviyelerindeki kalın karbonat çökelleri ise epikontinental karbonat platformunu (Özgül, 1984a) yansımaktadır. Böylece Geç Permiyen

süresince denizel ortamın hakim olduğu yöre sığ kıyı ortamından sakin ve daha derin karbonat platformuna doğru kaymıştır (Şekil 6a).

Permiyen - Triyas geçişti ancak fosil topluluğu ile ayırt edilebilen yörede, Permiyen denizi sığlaşarak Erken Triyas'ta yerini kıyı ortamına bırakmıştır. Muhtemelen gel-git arası düzük olarak tanımlanan (Özgül 1984a) denizde Asmaca formasyonunun şist ve kuvarsitlerinin ilksel kayaçlarının malzemesi çökelmiştir (Şekil 6b). İnceleme alanı ve yakın çevresinde Geç Triyas ve daha sonraki zamanlara ait denizel sedimentasyon gözlenmemektedir. Dolayısıyla Orta Triyas'ta bölgesel yükselme ve kıvrımlanma ile kara haline gelmiş olmalıdır (Şekil 6c). Geç Triyas'ta Özgül (1984a) tarafından belirtilen blok hareketleri ile Alanya Birliği'nde parçalanma ve Alanya Birliği'nden kopma hareketleri ortaya çıkmıştır (Şekil 6d). Kretase'ye kadar karasal şartlarda kalan yörede yüzeleyen karbonatlı kayaçlar karstlaşmıştır. Erken evrede gelişen lapa, polye ve endo-karstlara daha sonraki evrelerde taşınan lateritik malzeme ve terra-rossalar dolarak buralarda boksit oluşumunu sağlamıştır (Şekil 6e).

Bütün bu birimler ve bunların içinde yer alan boksitler metamorfizma geçirmiştir. Yörede metamorfizmanın yaşı Geç Kretase (?) – Erken Eosen (Özgül 1984a ve Kansun 2000), Alanya Birliği'nin Antalya Birliği üzerine bindirme yaşı ise Senomaniyen – Paleosen (Bozkaya 2001) zaman aralığı olmalıdır.



**Şekil 6.** İnceleme alanı ve yakın çevresinin jeolojik gelişimini gösterir şematik enine kesitler.

## 5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yöredeki diyasporitik boksit yataklarının stratigrafik konumunun yorumlanması yönelyik bu çalışmada elde edilen bulgularla aşağıdaki sonuçlara varılmıştır;

\* İnceleme alanında Geç Permiyen –

Erken Triyas zaman aralığını temsil eden kaya birimleri yüzeylemektedir. Bunlar aynı havzanın ürünü olup gittikçe sağlamış denizel bir ortamı yansımaktadır. Alanya Birliği'nin Yumrudağ Grubu'na ait bu birimler 50 – 60 derece güneye eğimle normal konumlarda bulunmaktadır. Ters

## MAŞATDAĞI (ALANYA – ANTALYA) DİYASPORİTİK BOKSİTLERİNİN STRATIGRAFİK KONUMU

dönme veya bindirmeli sınır ilişkisi gözlenmemektedir.

\* Üst Permiyen yaşı Cebireis formasyonuna ait boksitlerin üzerinde Alt Triyas yaşı Asmaca formasyonuna ait birimler uyumlu olarak bulunmaktadır. Boksit oluşumunun dışında uyumsuzluk yüzeyine işaret edecek veri bulunamamaktadır. Tabaka konumları, sedimanter birimlerdeki devamlılık, benzer litoloji ve metamorfizma özellikleri de iki birimin arasında bir zaman boşluğunun olmadığına işaret etmektedir.

\* Yöredeki boksitler Cebireis formasyonu ile Asmaca formasyonuna ait birimlerin geçiş zonunda veya Asmaca formasyonuna ait birimlerin tabanında dağılım göstermemektedir. Önceki çalışmalarda böyle kabul edildiğinden bu formasyonların sınırları boksitler esas alınarak belirlenmiştir. Gerçekte ise her iki formasyona ait birimlerin içerisinde de boksit küteleri gözlenebilmektedir. Dolayısıyla boksitler Erken Triyas sonrasında gelişen günlenme yüzeyinde karstlaşma, karstik boşluklarda terra-rossa çökelimi ve boksitleşme süreçlerine bağlıdır. Diğer taraftan boksitlerle yankayaçlarının birlikte metamorfizma geçirmiş olmaları ve bu metamorfizmanın Senomaniyen'de başlaması, boksit oluşumunun Geç Kretase'den önce tamamlandığını göstermektedir.

Bu ön bulgulara dayalı yorum, boksitik breslerde Triyas fosili aranması, radyometrik yaş tayini ve formasyonların

geçişinde sekans analizi yapılarak desteklenmelidir.

### 6. KATKI BELİRTME

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenen 2000 / 075 numaralı proje kapsamında gerçekleşmiştir.

### 7. KAYNAKLAR

Arni, P., 1940, *Antalya Şeytandağları boksit yatakları; Maden Tetkik ve Arama Enst. Rap., No 1165, 5 s.*

Arni, P., 1941, *Türkiye'de halen malum boksit yatakları; Maden Tetkik ve Arama Enst. Mecmuası, XIV, 115-129.*

Blumenthal, M., 1941, *Alanya sahil silsilesinde diyaspor sehrası zuhuru ile bu havalinin jeolojik durumu hakkında rapor; Maden Tetkik ve Arama Enst. Raporu, No 1338, 51 s.*

Blumenthal, M. 1951, *Batı Toroslar'da Alanya art ülkesinde jeolojik araştırmalar; Maden Tetkik ve Arama Enst. Yayl., Seri D, No 5, 149 s.*

Bozkaya, Ö., 2001, *Demirtaş-Alanya yöresinde Alanya naplarının metamorfizmasına ilişkin yeni mineralojik bulgular, Orta Toroslar, Türkiye; Yerbilimleri, Hecettepe Üniv. Yerb. Araş. Uyg. Merk. Yay. Org., 23, 71-86.*

Egger, E., 1959, *Antalya vilayetinde Alanya kuzeyi Paleozoyik içindeki alüminyum cehherleri; Maden Tetkik ve Arama Enst. Raporu, No 157, 29 s.*

Erbay, G., 1998, *Demirtaş – Gazipaşa civarının jeolojik, mineralojik ve petrografik özellikleri; Süleyman Demirel Üniv. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, 161 s.*

- Kansun, G., 1993, Alanya – Demirtaş (Antalya) arasının jeolojisi ve mineralojik – petrografik incelemesi; Selçuk Üniv. Fen Bil. Ens. Yüksek Lisans Tezi, 135 s.
- Kansun, G., 2000, Alanya – Demirtaş – Bucak – Kızılcaşehir (Antalya) civarının stratigrafi, petrografi ve jeokimyası; Selçuk Üniv. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, 176 s.
- Orhon, S., 1978, Alanya – Maşatdağı boksit yatağı arama raporu; Etibank A.T.G.B. Boksit Arama ve Etüd Müd., 19 s.
- Özgül, N., 1984 a, Alanya bölgesinin jeolojisi; Bildiriler, Keticin Semp., Türkiye Jeol. Kur., 121-130.
- Özgül, N., 1984 b, Alanya tektonik penceresi ve batı kesiminin jeolojisi; Bildiriler, Keticin Semp., Türkiye Jeol. Kur., 97-120.
- Peyronnet, P., 1971, Alanya bölgesinin (Güney Toroslar) jeolojisi, metamorfik boksitin kökeni; Maden Tetkik ve Arama Enst. Derg., 76, 98 – 123.
- Peytonnet, P., 1971a, Alanya bölgesinin petrografi ve mineralojisi ile Alanya masifindeki boksitlere bitişik kloritoidli sistlerin kökeni; Maden Tetkik ve Arama Enst. Derg., 76, 154-160.
- Wippern, J., 1962, Toros boksitleri ve bunların tektonik durumu; Maden Tetkik ve Arama Enst. Derg., 58, 47-70.

## ORTA-BATI TOROSLARDAKİ MESOZOİK VOLKANİKLERİNİN JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Halil BAŞ, Kerim KOÇAK, Gürsel KANSUN ve Fuat IŞIK

S. Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya/Türkiye

**ÖZET:** *Orta-Bati toroslarda yer alan Fele (Isparta), Akseki (Antalya), Kumluca (Antalya) ve Alanözü (Karaman) yöresindeki volkaniklerin jeokimyasal karakterlerinin ortaya çıkarılması ve değerlendirilmesi çalışmanın ana konusunu oluşturmaktadır.*

*Volkaniklerden Fele ve Akseki bölgelerinde bazalt, Kumluca'dakiler bazalt/traktit/nefelinit, bazalt, andezit, riyodasit-dasit ve riyolit; ve Alanözünde kiler ise, bazalt, andezit, traktandezit ve riyolit bileşimine sahiptirler. Spilitleşme yaygın alterasyon türü olup, yer yer alkalilerde, özelliklerde Alanözü örneklerinde kısmen hareketliliğe yol açmıştır.*

*Toleyitik özelliğin hakim olduğu volkanikler genel olarak aşırı miktarda iri katyonlu elementler (LILE), ( $Rb \sim 257$ ,  $Ba \sim 913$ ),  $TiO_2$  ve  $P_2O_5$  ile düşük-normal miktarda kalıcılığı yüksek elementler (HFSE) içermektedirler.*

*Levha içinde oluşan Fele, Akseki ve Antalya volkaniklerinin  $Rb$ ,  $Ba$ ,  $Th$  ve  $K$ 'ca zenginleşmesi muhtemelen açılmanın dalma-batma zonunun üzerinde yer alması veya önceki (Hersiniyen?) dalma-batma olayında etkilenen litosferik manto veya alt kabuğun kısmi ergimesi ile ilişkilidir. Ada yayı ortamında oluşan Alanözü örneklerindeki yüksek HFSE/LILE oranı muhtemelen levhanın dalması ile bazaltik kabuktan türeyen eriyik veya sıvı ile, veya pelajik (organik, karbonat, veya kilce zengin) kıritılı sedimentler yansımaktadır. Apatit farklılaşmasının gerçekleşmediği örneklerdeki  $K_2O/P_2O_5$  oranının  $> 25$  olması kabuk kirlenmesine işaret etmektedir. Ancak yüksek  $Sr/Ce$  (8.2) ve  $Ba/La$  (128.4) değerleri bu öneri ile çelişmekte olup manto hazırlasının kamadan türeyen gazlı sıvılarla zenginleşmesi ile oluşumunu yansımaktadır. Tüm volkanikler ikeri derecelerde olivin, piroksen ve  $Cr$ 'ca zengin spinel farklılaşmasına uğramışlardır.*

*Doğu Akdeniz'de Geç Triyas ve Jura'da devam eden açılma sonucunda Fele, Akseki ve Antalya volkanikleri, ortamın daha sonra değişerek ada yayına dönüşmesiyle de Alanözü örnekleri gelişmiştir.*

## GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE MESOZOIC VOLCANICS IN CENTRAL-WESTERN TAURUS MOUNTAINS

**ABSTRACT:** *Present study aims to determine and evaluate geochemical characteristics of the volcanics of Fele(Isparta), Aksaki (Antalya), Kumluca (Antalya) and Alanözü, (Karaman) areas, central-western Taurus mountains.*

*Of volcanics, Fe-, and Akseki arc in composition of basalts, Kumluca are of basalt/trachytel/nephelinite, riödacite-dacite and rhyolite, and Alanözü are of basalt, andesite, trachyandesite and rhyolite. Spilitisation is common alteration type, inducing partly mobilisation in alkaline elements , particularly in Alanözü volcanics.*

*The volcanics are mostly tholeiitic in composition and generally contain high large ion lithophile elements (LILE), TiO<sub>2</sub> and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, and low-normal high-field strength elements (HFSE).*

*Enrichment of the Rb, Ba, Th and K in volcanics of Fele, Akseki and Antalya, which were formed within plate setting, is possibly related with rifting situated over subduction zone and partial melting of lithospheric mantle or lower crust affected from forearc (Hersinian?) subduction. Alanözü samples formed in an island-arc environment have high HFSE/LILE ratio, possibly reflecting melt or fluids derived from subducting plate , or pelagic sediments (organic, carbonate, or clayish). High K<sub>2</sub>O/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ratio (> 25) in the samples, which shows no effect of apatite fractionation, indicates crustal contamination. However, high Sr/Ce (8.2) and Ba/La (128.4), not in agreement with this suggestion , reflects enrichment of the mantle source by gaseous fluids derived from the wedge. All volcanics were subsequently undergone fractionation of olivine, pyroxene, and spinel riched in Cr.*

*In east Mediterrenian , volcanics of Fele, Akseki and Antalya were formed as a result of rifting in Late Triassic and Jura, and then environment changed to an island arc in Upper Cretaceous which led to the formation of the Alanözü volcanics .*

## 1. GİRİŞ

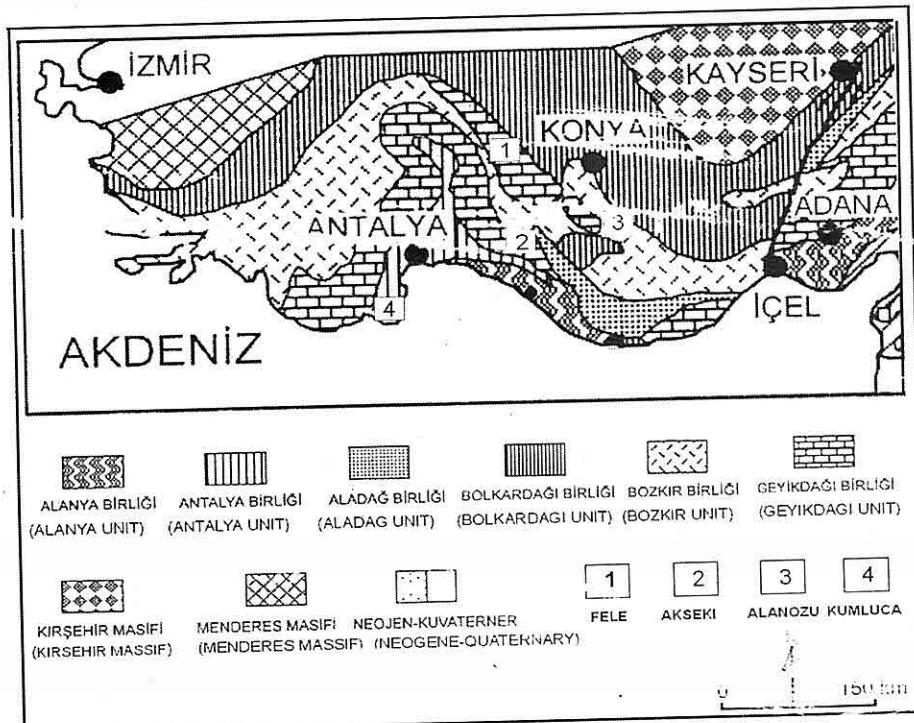
Orta ve batı Toroslarda çeşitli araştırmacılar tarafından bir çok çalışmalar gerçekleştirılmıştır. Bunlara örnek olarak Blumenthal (1963), Koçyiğit (1976 ve 1983), Özgül (1976 ve 1984), Monod (1977), Gökdeleniz (1981), Reuber (1982), Baş ve diğ. (1986), Kurt (1987), Eren (1990), Toker ve diğ. (1993), Baş ve diğ., (1999), Turan (1999), Ekmekçi ve diğ.(1999), Ayhan (2001) ve Koçak ve diğ.(2001) verilebilir.

Orta-Batı Toroslarda ofiyolitik istiften ayrı olarak denizel oluşuklarla birlikteki gösteren Mesozoik yaşılı çeşitli mineralojik ve kimyasal bileşime sahip volkanik kayaçlar yer almaktadır.

Bunlardan Geyikdağı birligine (Özgül, 1976) ait Fele (Şarkikaraağaç, İsparta) ve Akseki (Antalya), Bozkır Birligine ait Alanözü (Karaman), Antalya Birligine ait Kumluca (Antalya) yörelerinde yüzeylemiş olanlarının (Şekil 1) jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin incelenmesi çalışma konusunu oluşturmaktadır. Bu çalışma ile Torosların karmaşık jeolojik yapısının anlaşılması katkıda bulunmak amaçlanmaktadır.

Fele bölgesindeki volkanik kayaçlar; koyu renkli oolitik kireçtaşları, pembe-gri renkli dolomitler, iri taneli kumtaşları ve bazık akıntılarından oluşan Kocakaya formasyonu içerisinde yer almaktadır.

*ORTA-BATI TOROSLARDAKİ MESOZOİK VOLKANİKLERİNİN JEOKİMYASAL  
ÖZELLİKLERİ*



Şekil 1. İnceleme alanının jeoloji haritası (Özgül, 1976).

(Koçyiğit, 1983), Üst Doger-Alt Malm yaşı kireçtaşı ve dolomitler ile Kimmerian (Ü. Jura) yaşı kireçtaşları arasında bulunmaktadır. Bazaltların üst ve alt yüzeylerinde çeşitli kalınlıklarda gelişmiş boksitler izlenmektedir.

Akseki (Antalya) yöresi volkanikleri U.Triyas yaşı olup, radyolarit arakatkılı yastık lavları şeklindedir (Monod, 1977). Çukurköy (Akseki) yöresinde volkanikler geniş bir alana yayılmıştır. Volkanikler ayrıca şejl, kireçtaşı veya çamurtaşı, kireçtaşı, konglomeralar arasında çeşitli seviyelerde bazalt akıntıları olarak ta yer almaktadır.

Alanözü (Karaman) yöresi volkaniklerinin ise Ü.Jura-A.Kretase yaşı

olduğu düşünülmektedir (Kurt, 1987). Ancak, Koçyiğit (1976) kireçtaşının bloklarının Maastrichtian veya daha genç olduğunu ileri sürmektedir. Bazaltik bileşimli volkaniklerin üzerine trakiandezit bileşimindeki lavlar gelmektedir. Bunlarda pembemsi renkli alkali feldispat ve amfibol kristalleri tannabilecek büyüklikte olup gaz boşlukları kalsitle doldurulmuştur. Balık sırtı şeklindeki diyabaz daykları ile kesilen volkanikler, genellikle lav akıntıları şeklinde yer almaktadır.

En güneyde yer alan Kumluca yöresindeki volkanikler ise, Antalya naplarında pasif Mesozoik kıta kenarı ile temsil edilen Ladinian-Carnian Norian

(Triyas) yaşılı Kumluca zonunda yer almaktadır (Robertson ve Woodcock, 1980, 81). Yörede büyük ölçekli volkanizma Geç Ladinian de başlar ve Carnian zamanında maksimum seviyeye ulaşır (Marcoux, 1995). Bu durum Robertson (1993)'e göre bölgedeki deniz tabanı yayılmasının başlangıç zamanı olarak gösterilir. Kumluca ve Saklıkent (Antalya) yöresindeki afanitik dokulu ancak yer yer iri piroksen kristallerinin görülebildiği volkanikler ezilme sonucu serpantinleşmiş, yeşilimsi renkte ve çeşitli büyüklüklerdeki bloklardan oluşan yastık lavlardan şeklindedir. Volkanikler ayrıca çört ve killer arasında veya killi matriks içerisinde izole (kopmuş) bloklar şeklinde de izlenebilmektedir. Pillow lavlar, diyabaz dayları ile kesildiği yerlerde şiddetli alterasyona uğramışlardır.

## 2. PETROGRAFİ

Fele yoresi volkaniklerinde özsekilli, tek yönde iyi gelişmiş dilinimler gösteren ojit fenokristalleri (0.2-3 mm) ve düzensiz gelişmiş çatlaklar ile karakterize olan özsekilsiz olivin fenokristalleri (1-1.3 mm) bulunmaktadır. Muhtemelen alterasyon ile ilişkili olarak olivinlerin çevresinde, kenarlarında kan kırmızısı rengin belirgin olarak gözleendiği hematit (0.4-0.6 mm) kristalleri yer almaktadır. Örneklerde serpantinleşme ve kloritleşmenin yaygınlığına göre hipidiyomorfik tanesel veya holokristalin ağsal doku bulunmaktadır. Kayaçlardaki mineralojik bileşimler andezit/bazalta (Streckeisen, 1974 ve 1978) karşılık gelmektedir. Ancak kayaçlardaki olivinin varlığı dikkate

alınırsa bunların bazalt olması daha kuvvetle muhtemeldir.

Akseki yöresine ait örneklerde olivin kristallerine rastlanılmamıştır. Ana mafik mineral olarak yarı özsekilli, kum saatı yapısı denilen özel bir sönme gösteren ojitter (0.1-0.5 mm) yer almaktadır. Bunlarda zayıf bir zonlu yapı izlenmekte olup nadiren dilinin yönlerine dik olarak gelişmiş çatlak sistemi gözlenmektedir. Alterasyonun ileri aşamalarında altıgen şekilli piroksen fenokristalleri (0.83-0.94 mm) tamamıyla klorit ve iskeletimsi biçimdeki opak mineraline (muhtemelen ilmenit, 0.32 mm) dönüşmektedir. Plajiyoklaz kristallerinde (0.3-0.4 mm) yaygın olarak serisitleşme ve nadiren karlsbad ikizi ve dalgalı sönme göstermektedir. İri plajiyoklaz fenokristallerinin (0.75 mm) yeri tamamıyla serosit tarafından alınabilmektedir. Holokristalin porfrik dokunun hakim olduğu bu kayaçlar andezit/bazalt (Streckeisen, 1974 ve 1978) olarak adlandırılabilirler.

Alanözü örneklerindeki plajiyoklaz fenokristalleri (0.64-1.44 mm) karlsbad ve albit ikizlenmesi, hafif zonlu yapı, kenarlarından itibaren kemirilme, serisitleşme ve kloritleşme göstermektedir. Ayrıca mikrolit (0.33-0.04 mm) ve kristalit olarak ta yer almaktadır. Ojitter (0.55 mm) tek yönlü dilinimi ve bunlara dik gelişmiş çatlakları karakteristiktir. Kenarlarından ve dilinimlerinden itibaren klorite dönüşüm göstermektedir. Alterasyonun ileri aşamalarında fenokristal tamaman klorit, kalsit ve opak minerale dönüşüm gösterebilmektedir.

Opak minerallerin boyutu 0.4 mm'ye ulaşabilmektedir. Apatit (0.2 mm) ise, ince iğnecikler halinde yer almaktadır. Kayaçlar holokristalin porfirik doku göstermekte olup mineralojik bileşimleri andezit / bazalta (Streckeisen, 1974 ve 1978) uygun düşmektedir. Al 46 nolu örnekte herhangi bir mafik minerale rastlanılmamıştır. Ana kayaç yapıcı mineral olarak çoğulukla albid-karlsbad birleşik ikizlenmesi gösteren plajiyoklaz fenokristali (0.43, 0.5 mm) bulunmaktadır. Hamur fazını kloritler oluşturmaktadır. Kayaçta tali olarak opak mineral (0.14 mm) ve apatit bulunmaktadır. Holokristalin porfirik dokunun gözlendiği bu örnek muhtemelen andezitten daha asidik bir bileşime sahip olmalıdır.

Antalya volkaniklerinde plajiyoklaz (0,5-0,8 mm) genellikle özçekilli olup çoğunla karlsbad ikizlenme ve nadiren zonlu yapı ve dalgalı sönme göstermektedir. Fenokristaller tamamiyle kalsit ve çok az da epidot (<0,1 mm) tarafından yeri alınabilmektedir. Plajiyoklaz aynı zamanda uzunluğu <0,35 mm olan mikrolitler şeklinde de bulunabilmektedir. Ojitler (1,38 – 0,11 mm) renksiz-soluk yeşil-soluk sarı renk ve zayıf pleokroizma göstermekte olup altere olmuş örneklerde tamamiyle renksiz kloritlere dönüşüm gösterebilmektedir. Holokristalin ve hipokristalin (volkanik cam +mikrolit) porfirik doku egemen olup değişen oranlarda serisitleşme, kalsitleşme ve opasitleşme yer almaktadır. Örnekler sahip oldukları mineralojik bileşim ve doku ile (A17, A18 hariç) andezit/bazalt (Streckeisen, 1974 ve 1978) olarak

adlandırılabilirler. A17 ve A18 de piroksen fenokristali yer almıyor çok az plajiyoklaz fenokristali tamamiyla klorit, opak mineral ve çok az piroksenden oluşan bir hamur içerisinde (holokristalin porfirik doku) bulunmaktadır. Bu örnekler daha asidik bir bileşime sahip olabilirler.

### **3. JEOKİMYA**

#### **3.1.1. Ana ve İz Elementler**

Çalışma alanından seçilen 16 numunenin ana ve iz element analizleri Glasgow Üniversitesi (İskoçya) Jeoloji ve uygulamalı Jeoloji bölümünde gerçekleştirılmıştır. Örneklerde FeO ayırımı ise  $K_2Cr_2O_7$ 'li titrasyon metodu ile yapılmıştır.

Volkaniklere ait ana ve iz element analizlerinin sonuçları Tablo-1'de verilmiştir. Kimyasal analiz için örnek seçiminde örneklerin alterasyondan uzak olmalarına özen gösterilmiştir. Sahadaki en önemli alterasyon spilitleşmedir. Spilitleşmeyi belirlemek amacıyla hazırlanmış olan  $Na_2O/CaO$  diyagramında (Şekil 2) analiz yapılan örneklerin spilitleşmeden etkilenmemiş olduğu görülmektedir.

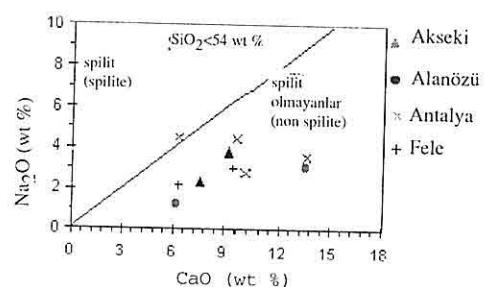
Volkaniklerin mineralojik bileşimi toplam kayaç kimyasına yansımaktadır. Örneğin Fele volkaniklerindeki yüksek FeO ve MgO içeriği kayaçtaki ojit mineralinin modal oranı ile ilişkilidir. Akseki volkaniklerindeki yüksek  $TiO_2$  ve FeO'de ilmenit ve Ti-piroksenin varlığına işaret etmektedir. Kimyasal bileşimin çok geniş bir alanda seyrettiği Antalya volkaniklerindeki 15 nolu örnek ise feldispatların modal oranındaki artış ve

yaygın alterasyon ile ilişkili olarak yüksek oranda  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve  $\text{K}_2\text{O}$  içermektedir.

Volkanikler genel olarak yüksek iri katyonlu elementler (LILE) ( $\text{Rb} 257 \text{ ppm}^{\circ}$  e kadar),  $\text{Ba}$  ( $913 \text{ ppm}^{\circ}$  e kadar) ve yüksek  $\text{TiO}_2$  ve  $\text{P}_2\text{O}_5$  normal-düşük kalıcılığı yüksek elementler (HFSE) ile karakterize olmaktadır.

Örneklerin adlaması  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$  diyagramında gösterilmiştir (Şekil 3). Fele volkanikleri alkali bazalt; Akseki volkanikleri alkali bazalt ve hawaii ile temsil edilirken Alanözü volkanikleri alkali bazalt, benmorit, fonolitik tefrit, fonolit ve Antalya volkanikleri ise alkali bazalt, hawaii, benmorit, traktandezit ve dasit kimyasal bileşimlerine sahip olmaktadır. Ancak petrografik incelemelerde kayaçlarda feldispatoyid grubu mineralere rastlanılmamış olması bu diyagramdan elde edilen çoğu sonuçlarla çelişmektedir. Daha sağlamlı ve hassas bir adlama için alterasyon ve metamorfizmaya karşı az hareketli (less mobile) veya hareketsiz (immobile) elementler dikkate alınmış ve örnekler  $\text{Zr}/\text{TiO}_2 - \text{SiO}_2$  diyagramına düşülmüştür. Volkanik kayaçların terminolojisi alkali içeriklerine göre belirlenenlerden oldukça farklılıklar göstermeye ve dolayısıyla Na ve K 'un alterasyonla örneklerde nispeten hareketli hale geçtiğine işaret etmektedir. Nitekim  $\text{SiO}_2$  'in  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Rb}$  ve  $\text{Ba}$  ile çizgisel bir ilişkide bulunmamış olması da bu öneriyi doğrulamamaktadır.  $\text{Zr}/\text{TiO}_2 - \text{SiO}_2$  diyagramı (Şekil 4) Fele ve Akseki volkaniklerinin bazalt, Antalya volkanikleri bazalt/traktit/ nefelinit, bazalt, andezit, riyodasit-dasit ve riyolit; Alanözü

volkaniklerinin ise bazalt, andezit, traktandezit ve riyolit bileşiminde olduğunu göstermektedir.  $\text{SiO}_2 - \text{FeO}_t/\text{MgO}$  diyagramı (Şekil 5) örneklerdeki toleyitik karakteri göstermektedir. Alanözü örnekleri her iki bölgede yer almaktla birlikte çoğunluk (3/5) toleyitik bölgede bulunmaktadır. Örneklerin Harker diyagramında artan  $\text{SiO}_2$  'le  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{FeO}_t$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3t$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Sr}$  (çok zayıf),  $\text{Cr}$ ,  $\text{Ni}, \text{Co}$  ve  $\text{Zn}$  arasında negatif korelasyon,  $\text{Zr}$ ,  $\text{Th}$  ve  $\text{Pb}$  arasında ise pozitif bir ilişki yer almaktadır (gösterilmemiştir).  $\text{SiO}_2$  'in uyumsuz elementlerle olan pozitif korelasyonu ve çoğu uyumlu elementlerle ile olan negatif korelasyonu kıtasal kırılganlık ile (ör.  $\text{MgO}$ , Shinjo et al., 2000) açıklanabildiği gibi yaygın olarak mafik



Şekil 2. Volkanitlerin  $\text{CaO}-\text{Na}_2\text{O}$  diyagramı (Vallance, 1974).

mineralerin (örn. Olivin, piroksen) fraksiyonel kristalleşmesine de işaret etmektedir. Ni büyük mineral/eriyik parçalanma (partition) katsayısı nedeniyle bazaltik magmalarda olivin farklılaşması için güzel bir göstergedir.  $\text{MgO} - \text{Ni}$  arasındaki çizgisel ilişki olivin

*ORTA-BATI TOROSLARDAKİ MESOZOİK VOLKANİKLERİNİN JEOKİMYASAL  
ÖZELLİKLERİ*

**Tablo 1.** Antalya, Fele, Huğlu, Akseki ve Alanözü volkaniklerinin kimyasal analizleri

(% wt)	Fele			Antalya							
	F2	F6	Ort.	A9	A10	A13	A15	A16	A17	A18	Ort.
SiO <sub>2</sub>	44,82	45,68	45,25	47,05	47,13	44,72	55,11	46,04	67,04	62,07	52,74
TiO <sub>2</sub>	1,78	1,85	1,82	2,74	2,31	1,53	0,96	2,26	0,74	0,90	1,63
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,39	15,05	15,22	13,93	15,65	13,20	16,18	15,30	13,91	16,71	14,98
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,58	2,18	2,88	4,15	4,06	5,00	4,47	3,56	2,46	4,87	4,08
FeO	7,20	6,28	6,74	6,27	6,94	4,91	0,62	7,01	3,63	1,70	4,44
MnO	0,18	0,12	0,15	0,14	0,16	0,08	0,09	0,22	0,19	0,07	0,14
MgO	11,60	6,94	9,27	5,28	6,87	7,50	0,65	4,22	2,88	1,25	4,09
CaO	6,31	9,49	7,90	9,66	10,07	13,59	6,24	6,30	1,68	2,87	7,20
Na <sub>2</sub> O	2,17	3,04	2,61	4,47	2,81	3,57	5,00	4,50	5,30	8,30	4,85
K <sub>2</sub> O	0,37	0,45	0,41	0,09	0,73	0,59	5,26	1,56	0,13	0,08	1,21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,31	0,29	0,30	0,43	0,32	0,27	0,36	1,16	0,80	0,26	0,51
H <sub>2</sub> O	6,25	8,64	7,45	5,78	2,95	4,96	5,05	7,87	1,89	0,92	4,20
Toplam (ppm)	99,96	100,01	99,99	99,99	100	99,92	99,99	100	100,65	100	100,08
Ba	152	145	149	42	163	333	729	320	69	36	242
Rb	3	5	4	-	11	8	257	23	2	5	51
Sr	259	302	281	329	408	255	99	433	72	78	239
Ni	163	151	157	58	65	121	30	7	12	6	43
Co	58	87	73	37	18	45	3	26	7	3	20
Cr	291	281	286	121	174	311	8	23	15	6	94
Cu	53	53	53	<dl	6	170	-	12	<dl	-	65
Zn	99	121	110	48	42	68	71	90	72	56	93
Zr	135	131	133	227	180	112	276	361	120	98	166
Th	-	3	3	9	8	6	61	7	4	6	6
Pb	<dl	4	2	8	5	5	4	3	5	5	7
Y	19	27	23	31	28	27	18	54	48	48	47
La	12	16	14	27	20	24	90	75	1	9	50
Ce	19	27	23	62	46	21	191	145	11	14	50

dl: hassasiyet sınırı

Tablo 1'in devamı

(% wt)	Akseki				Alanözü				
	Ak35	Ak37	Ort.	Al43	Al44	Al45	Al46	Al50	Ort.
SiO <sub>2</sub>	46,03	45,52	45,78	50,85	49,18	56,37	77,52	56,62	58,11
TiO <sub>2</sub>	3,27	3,12	3,20	0,63	0,49	0,48	0,25	0,88	0,55
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,55	15,76	14,66	15,94	16,29	16,64	11,77	17,46	15,62
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,88	3,01	3,95	5,33	9,10	2,04	0,93	3,81	4,24
FeO	7,19	8,82	8,01	1,81	0,66	2,24	0,93	4,21	1,97
Mn	0,22	0,17	0,20	0,20	0,16	0,13	0,05	0,21	0,15
MgO	6,43	5,78	6,11	1,61	2,81	2,85	0,57	2,16	2,00
CaO	9,24	7,57	8,41	6,20	13,55	2,67	0,20	2,47	5,02
Na <sub>2</sub> O	3,79	2,37	3,08	1,21	3,07	3,08	4,83	9,00	4,24
K <sub>2</sub> O	1,40	3,99	2,70	8,99	1,54	8,33	2,05	0,15	4,21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,52	0,72	0,62	0,14	0,06	0,33	0,05	0,28	0,17
H <sub>2</sub> O	3,48	3,36	3,42	6,88	3,06	4,85	0,85	2,57	3,64
Toplam	100	100,19	100,10	99,79	99,97	100,01	100	99,82	99,92
(ppm)									
Ba	767	913	840	642	310	2253	663	63	786
Rb	32	89	61	227	16	88	65	7	81
Sr	740	467	604	41	99	83	200	56	96
Ni	48	26	37	29	10	6	6	5	11
Co	47	37	42	36	29	13	10	14	19
Cr	99	52	76	109	59	22	20	35	49
Cu	63	14	39	47	235	65	9	11	73
Zn	101	108	105	85	46	82	41	108	72
Zr	249	315	282	56	36	123	136	148	100
Th	8	4	6	7	1	21	12	8	10
Pb	7	1	4	9	10	24	16	17	15
Y	31	32	32	20	12	25	19	45	24
La	48	41	45	5	<dl	63	26	22	29
Ce	77	117	97	5	15	103	33	52	42

dl: hassasiyet sınırı

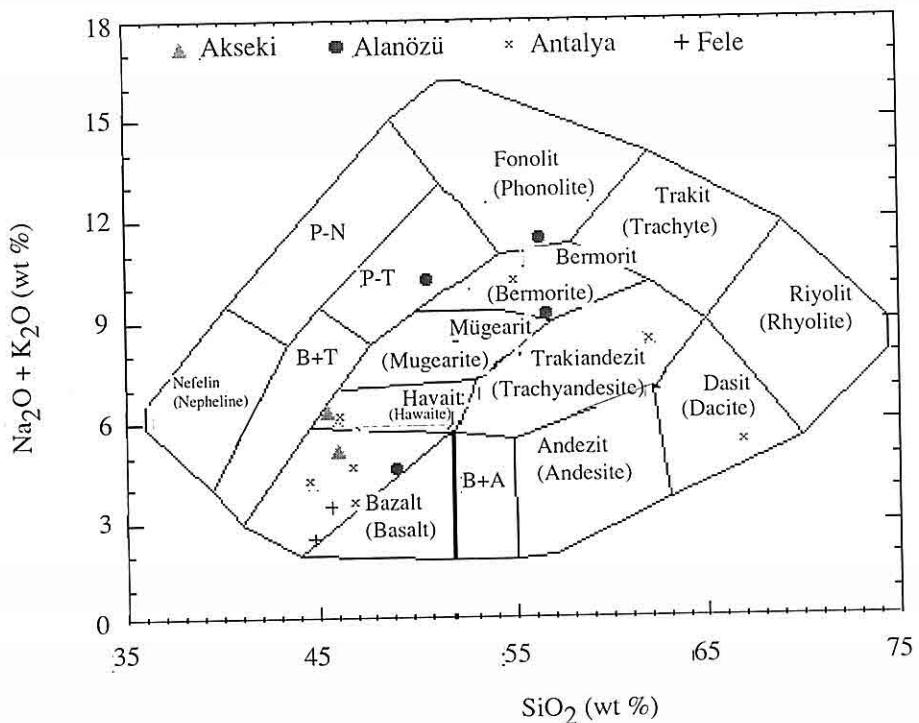
farklılaşmasını doğrulamaktadır.

Cr ile MgO arasındaki çizgisel ilişki de muhtemelen olivin ve Cr zengin spinel fazın birlikte kristalleşmesini yansımaktadır. MgO ile CaO ve yalnız plajiyoklazın yapısına giren Sr arasındaki pozitif ilişki plajiyoklaz farklılaşmasını göstermektedir.

SiO<sub>2</sub>-Zr, Zr-MgO, Zr-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>t, Zr-Ni, Zr-Cr çiftleri arasında (gösterilmemiştir) Fele ve Akseki volkanikleri birlikte gösterirken Alanözü farklılık sergilemektedir. Antalya örnekleri her iki grupta ama çoğunlukla Fele grubunda yer almaktadır.

Alanözü bazik kayaçları diğer bazik

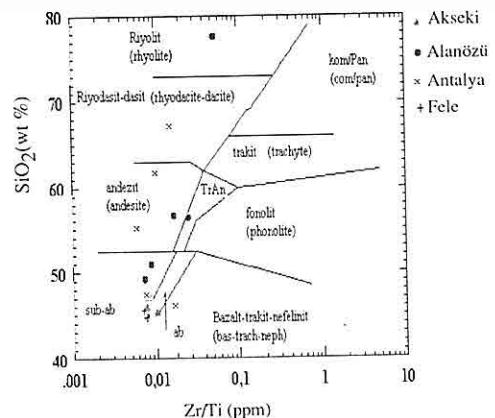
*ORTA-BATI TOROSLARDAKİ MESOZOİK VOLKANİK KLERİNİN JEOKİMYASAL  
ÖZELLİKLERİ*



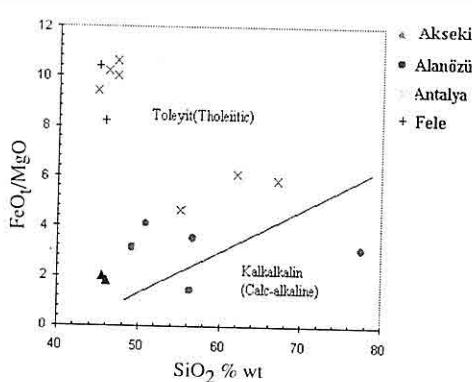
**Şekil 3.**  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ - $\text{SiO}_2$  diyagramında yanardağların adlaması (Cox ve diğ., 1979.)

kayaçlara göre yüksek  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , Pb, düşük  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$   $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{TiO}_2$ , Sr, Zr, Y, içermektedir. Başka bir deyişle düşük HFSE içeren Alanözü yanardağları diğerlerine göre yüksek oksidasyon durumunda (yüksek  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ ) oluşmuştur ki bu durum Gill (1981)'e göre dalma-batma ile ilişkili magmalarda karakteristik bir özelliktir.

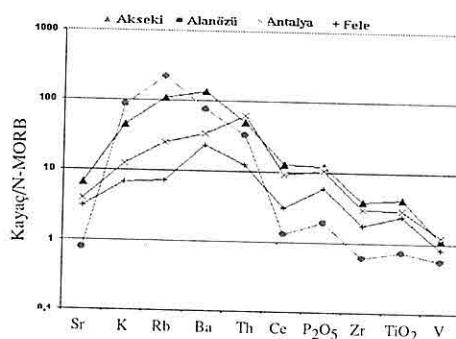
Okyanus ortası sırtı bazaltları (MORB) mantodan yüksek orandaki kısmi ergime ile oluştugundan bunların iz elementlerine oranlanmış değerlerine ait diyagramlar türemiş oldukları manto kaynağını yansıtmaktadır (Şekil 6). Diyagramın sağ



**Şekil 4.**  $\text{Zr}/\text{Ti}$ - $\text{SiO}_2$  diyagramına göre yanardağların adlaması (Winchester ve Floyd, 1977).



**Şekil 5.** Volkaniklerin  $\text{SiO}_2$ - $\text{FeOt}/\text{MgO}$  diyagramı.



**Şekil 6.** Volkanitlerin N-MORB normalize (Pearce, 1983) iz element diyagramı.

tarafında yer alan uyumsuz elementler, kısmi ergime süresince daha az zenginleşmekte ve eğriyi sola doğru kaydırmaktadır. Ayrıca mağma ayrışımından sonra gelişen kristal farklılaşma süreci de bu eğriyi daha yukarı kaldırmaktadır. Bazaltların N-MORB'ta bulunan bazı iz element içeriklerine oranlanmış eğrileri, aşırı miktarda LILE ve nispeten daha az miktarda kahliciliği yüksek elementler (HFSE) içermekte ve yüksek LILE/HFSE oranı oluşturmaktadır.

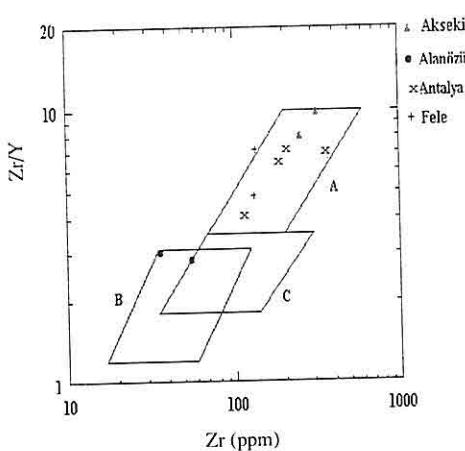
132

Örneklerin (Alanözü hariç) diyagramdaki uyumlu davranışları ise kökensel birlikteliklerini ve kristal farklılaşması sürecine işaret etmektedir. Pozitif  $\text{P}_2\text{O}_5$  ve  $\text{TiO}_2$  anomalileri de kristal farklılaşmasında bu minerallerin yer almadıklarını ve sonuca kayaçta nispi olarak zenginleştiğini ifade etmektedir.

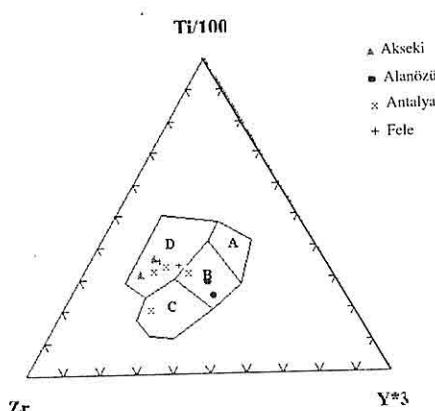
### 3.2. Jeotektonik Konum

Alanözü örnekleri ve Akseki örnekleri dalma-batma ile ilişkili magmalarda tipik olarak yer alan yüksek oranda LILE (özellikle Rb ve Ba) ve düşük oranda HFSE içeriği ile karakterize olmaktadır (Perfit ve diğ., 1980; Morris ve Hart, 1983; Tatsumi ve diğ., 1986; Morris ve diğ., 1990; Hawkesworth ve diğ., 1993). Ayrıca dalma-batma zonu ile ilişkili yaklaşan levha sınırlarındaki lavlara benzer şekilde düşük La/Th (0.71), çok yüksek Ba/La (128.4) içermektedir (Sun, 1980).

Volkaniklerin Jeotektonik konumunun belirlenmesi amacıyla örnekler Zr-Zr/Y diyagramı yapılmış ve Alanözü örneklerinin ada yayı bazaltları, diğerlerinin ise levha içi bazalt bölgesinde yer aldığı izlenmiştir (Şekil 7). Zr-Ti/100-Yx3 üçgen diyagramında ise Alanözü örnekleri ada yayı(okyanus ortası sirti) bazaltları bölgesinde yer almaktadır (Şekil 8). Kalkalkali bazalta karşılık gelen bir Antalya örneğinde gözlenen (%) 1.16'lık apatit ve 361 ppm (volkanikler içerisinde en yüksek değer)'lık Zr içeriği örneğin diyagramda sahip olduğu jeotektonik konumu şüphede bırakmaktadır.



**Şekil 7.** Bazik kayaçların Zr-Zr/Y diagramı (Pearce ve Norry, 1979)  
A: Levha içi bazaltları, B: Ada yayı bazaltları, C: Okyanus ortası sırtı bazaltları.



**Şekil 8.** Volkaniklerin Zr-Ti/100-Yx3 diyagramı (Pearce ve Cann, 1973)  
A: Ada yayı toleyitleri B: Okyanus ortası sırtı bazaltları, Ada yayı toleyitleri C: Kalkalkalı bazaltlar  
D: Levha içi bazaltları.

#### 4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

İncelenen volkanik kayaçlardan Geyikdağı birliğindeler (Fele ve Akseki) bazalt, Alanözü ve Antalya yörenindekiler ise bazalttan riyolite kadar değişen bileşime göstermektedirler.

Genel olarak örneklerin birincil eriyik bileşiminden ( $>400$  ppm Ni,  $>1000$  ppm Cr, Frey ve diğ., 1978) çok daha az Ni ve Co içermesi farklılaşmaya işaret etmektedir. Nitekim Harker değişim diyagramı (Harker, 1909) MgO-Ni, MgO-Cr, MgO-Sr, MgO-CaO ikili diyagramları ve N-MORB'a oranlanmış örümcek diyagramları da kayaçların petrojenezinde kristal (olivin, piroksen, plajiyoklaz ve Cr'ca zengin spinel) farklılaşmasının etkili olduğunu ve apatit ile ilmenit/titanomagnetit farklılaşmasının önemli olmadığını göstermektedir.

Zr-SiO<sub>2</sub>, Zr-MgO, Zr-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Zr-Ni ve Zr-Cr ikili ilişkileri ve N-MORB oranlanmış örümcek diyagramında örneklerin (Alanözü hariç) birbirleri ile olan uyumlu davranışları kökensel bireliliklerini ve kristal farklılaşması ile oluşabileceklerini göstermektedir. Alanözü volkanikleri ilksel magma bileşimine (primitive composition) en yakın kesimi, Akseki örnekleri ise en fazla faklılaşmış kesimi temsil etmektedir.

Jeokimyasal olarak birelilik ve uyumluluk gösteren Fele, Akseki ve Antalya bazaltları levha içi bazaltlarına, Alanözü volkanitleri ise ada yayı toleyitlerine benzerlik gösterirler.

MORB bileşimine sahip olan ( $MgO \sim 8\%$ ) bazaltik kabuğun dalarak kısmi ergimesi ile  $mgf < 0.4$  eriyikler

oluşacaktır( e.g., Rapp ve diğ., 1991). Magnezyumu daha fazla olan Alanözü bazaltları (Al44,Al45) dolayısıyla kama içerisindeki peridotitin kısmi ergimesi ile oluşabilir. Örneklerde hakim olan toleyitik özellik ise yüksek derecelerdeki kısmi ergimelere (%20-30) işaret etmektedir.

Bazaltların N-MORB'ta bulunan bazı iz element konsantrasyonlarına normalize olmuş eğrileri genel olarak aşırı miktarda iri katyonlu elementler (LILE) ve nispeten normal-az miktarda kalıcılığı yüksek elementler (HFSE) içermekte ve sonuçta yüksek LIL/HFSE oranı oluşturmaktadır. Alanözü bazaltlarındaki yüksek HFSE/LILE oranı levhanın dalması ile, bazaltik kabuktan türeyen eriyik veya sıvı ile veya pelajik (organik, karbonat, veya kilce zengin) kıırıntılı sedimentler ile oluşabilmektedir. Deneysel veriler ve yay magmalarındaki iz element içeriklerinin yorumu dalma-batma süreçleri ile ilişkili olarak az miktarda HFSE zenginleşmesi olduğuna (veya hiç olmadığına) ve HFSE çoğunlukla manto kamadan türediğine işaret etmektedir (Tatsumi ve diğ., 1986, Pearce ve Peate, 1995). Yüksek LIL/HFSE oranı, manto haznesinin yüksek derecelerdeki kısmi ergimesinden veya bazı iz elementlerini fazla miktarda içeren tali kalıntı fazlarının (ör. rutil, zirkon ve sfen) manto haznesindeki durayılılığı veya henüz tüketilmiş bir manto haznesinin yeniden ergimesi ile oluşabilmektedir (Pearce, 1982).

$K_2O/P_2O_5$  oranı manto kökenli magmalarda genellikle 2 veya daha az olup kabuk kirlenmesi ve/veya apatit farklılaşması bu oranı artırmaktadır. N-

MORB oranlanmış iz element diyagramında Alanözü örnekleri apatit farklılaşmasının gerçekleşmediğine işaret eden pozitif  $P_2O_5$  anomalisi içermekte olup yüksek  $K_2O/P_2O_5$  oranı ( $> 25$ ) muhtemelen kabuk kirlenmesi ile ilişkilidir. Nitkim  $SiO_2$ 'in uyumsuz elementlerle olan pozitif korelasyonu ve çoğu uyumlu elementlerle ile olan negatif korelasyonu (ör.  $MgO$ , Shinjo et al., 2000), yüksek  $Rb/Sr$  (5.53 'e kadar) ve  $Th/La$  (1.4'e kadar) değerleri de bu öneriyi desteklemektedir. Üst kabuktaki düşük  $Sr/Ce$  (5,47) ve  $Ba/La$  (~18, Taylor and McLennan, 1985) değerleri oranlarına volkaniklerdeki yüksek  $Sr/Ce$  (8.2) ve  $Ba/La$  (128.4) değerleri ile çelişmekte ve sahip olduğundan Magmanın yüzeye yükseltimi sırasında yol üzerinde olması muhtemel ki kabuksal kirlenme ile volkaniklerdeki yüksek  $Sr/Ce$  (9.6 Akseki, 8.2 Alanözü, 12.14 Antalya, 13.6 Fele) ve  $Ba/La$  (22.27 Akseki, 128.4 Alanözü, 69 Antalya) oranlarını açıklamazlığının azaltmaktadır. Kamadan türeyen gazlı sıvılarla zenginleşen mantodan oluşan bazaltlar MORB ve OIB ( $Sr/Ce \sim 10$ ) oluşanlara göre genellikle yüksek  $Sr/Ce$  değerlerine ( $>20$ 'e kadar) sahiptirler (Kapenda et al., 1998). Dolayısıyla magmanın kabuk boyunca yola devam ederken kabuk bileşeni ile kirlenmesinden ziyade manto haznesinin zenginleşmesi Alanözü volkanikler için daha uygun gözükmemektedir.

Fele, Akseki ve Antalya örneklerinin değişen oranlarda  $Rb$ ,  $Ba$ ,  $Th$  ve  $K$ 'ca zenginleşmesi açılmanın dalma-batma

zonunun üzerinde yer alması veya önceki (Hersiniyen?) dalma-batma olayında etkilenen litosferik manto veya alt kabuğun kısmi ergimesi ile ilişkili olabilir. Benzer şekilde Orta ve Güney Yunanistan'da ve açılma ile ilişkili IAT karakterindeki toleyitik bazaltların kökeni içinde aynı öneriler getirilmiştir (Pe-Piper, 1982; Dixon and Robertson, 1993).

Geç Triyas'ta şu anki doğu Akdeniz de kırta açılması (rifting) başlamış ve Mesozoik yaşı Neotetisin oluşumu ile sonuçlanmıştır (Şengör&Yılmaz, 1981). Bu açılma Kıbrıs'ın güneyine doğru pasif kıta kenarı gelişimi ile birlikte Orta Jura'da sona ermiştir. Ancak Neotetisi oluşturan yayılma (spreading) bir bütün olarak Doğu Akdeniz bölgesindeki Tetis, Erken Tersiyer (Eosen-Oligosen) 'e kadar kapanmaya devam etmiş ancak okyanusal kalıntıları olan Doğu Akdeniz ve Karadeniz hala devam etmektedir. Akseki ve Antalya volkaniklerinin yaşı ve jeokimyasal karakteristikleri riftleşmeye işaret etmektedir. Fele örnekleri Üst Jura yaşı olmasına rağmen riftleşme özelliği göstermektedir. Ya Fele formasyonunun yaş belirlemesinde bir hata vardır veya riftleşmenin bu bölgede Üst Jura (dahil) ya kadar sürmüştür olmalıdır. Üst Kretase yaşı olan Alanözü örnekleri ise tektonik ortamın değiştiği ve Tetis okyanusun kapanımı ile oluşan bir ada yayı ortamına dönüştüğüne işaret etmektedir.

Sonuç olarak jeokimyasal birlilikler gösteren Fele, Akseki ve Antalya volkanikleri levha içi konumda önceki dalma batma ile ilişkili olarak olmuştur. Alanözü volkanikleri ise ada yayında ve

zenginleşmiş manto haznesinden kısmi ergime ile oluşmuştur. Tüm volkanikler üst seviyelerde olivin, piroksen ve Cr'ca zengin spinel farklılaşmasına maruz kalmıştır.

## 5. KAYNAKLAR

- Ayhan, A., 2001, *Stratiform barite deposits between Şarkikaraağaç (İsparta) and Hüyük (Konya) in Sultandağı region , Turkey; Chemi. Erde* , 61, 54-66.
- Baş, H., Ayhan, A. ve Atabey, E. , 1986, *Ulukişla-Çamardı (Niğde) Volkanitlerinin Bazi Petrolojik Ve Jeokimyasal Özellikleri, Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, , 26, 26 - 34,
- Baş, H., Koçak, K. Ve Poyraz, N. , 1999, *Ulukişla (Niğde) Volkaniklerinin Mineralojik Özellikleri, Yerbilimleri Dergisi*, , 34, 137 - 150
- Blumenthal, M., 1963, *Le systeme structural du Taurus Sud Anatolien: Livre a la Memorire P., Fallot*, 11, 611-662.
- Cox, K.G., Bell, J.D ve Pankhurst, R.J., 1979, *The interpretation of igneous rocks*, George Allen & Unwin ltd., London, 450s.
- Dixon, J.E. and Robertson , A.H.F. 1993, *Arc signatures in Mediterranean Triassic rift basalts: a lithosphere-hosted inheritance from Hercynian subduction*. Terra Abstr. 5, s. 424.
- Ekmekçi, E. Toker, V. ve Erdoğan, K., 1999, *Dumanlı formasyonunun (Akseki doğusu) planktik Foraminifera biyostratигrafisi ve Kampaniyen-Maastrichtiyen'in degisen siniri, Orta Toroslar-Türkiye, Yerbilimleri*, 21, 17-31.
- Eren , 1990, *Engilli (Akşehir) Ve Bağkonak (Yalvaç) Köyleri Arasında*

- Sultandağları Masifi'nin tektonik Özellikleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, 33, 1, 39 – 49.*
- Frey , F.A., Green, D.H. ve Roy, S.D., 1978, *Integrated models of basalts petrogenesis: a study of quartz tholeiites to olivine melilites from southeastern Australia utilizing geochemical and experimental petrological data, J.Pet., 19, 463-513.*
- Gill, J. B., 1981. *Orogenic andesites and Plate tectonics. Springer-Verlag, New York, 358pp.*
- Gökdeniz, S., 1981, *Recherches Geologiques dans les Taurides Occidentales Centre Karaman et Ermenek Turquie. Les series a iTuffites Vertes Triassiques Stratigraphie Codre Structural Mineralogies Elements de Geochimie; Orsay Uni. de Paris-ud centre Díorsay, Doktora tezi, 202 s., Fransa.*
- Harker, A., 1909, *The natural history of igneous rocks. New York: MacMillan.*
- Hawkesworth, C.J., Gallagher, K., Hergt, J.M. ve McDermott, F., 1993, *Mantle and slab contributions in arc magmas. Annu. Rev. Earth Planet. Sci., 21, 175–204.*
- Koçak, K., Döyen, A., Söğüt, A.R., Zedef, V., Işık, F. ve Özkan, A.,M., 2001, *Tefenni-Yeşilova (Burdur) arasındaki diyabaz daykalarının jeokimyasal özellikleri, Yerbilimleri (Geosound), 38, 81-92.*
- Koçyiğit, A., 1976, *Karaman-ermenek (Konya) bölgesindeki ofiyolitli melanj ve diğer oluşuklar, T.J.K.Bült., 19, 103-116.*
- Koçyiğit, A., 1983, *Tectono-stratigraphic characteristics of Hoyran Lake region (Isparta Bend) (In Geology of the Taurus Belt, Symp. Ed.Tekeli,O. & Göncüoğlu, M.C.),53-67.*
- Kurt, H., 1987, *Habiller-Alanözü-İşıklar(Karaman)yöresinin Jeolojisi ve petrografik incelemesi, S.Ü.Fen Bilimleri Enst.Y.Lisans Tezi(yayınlanmamış)*
- Monod, O., 1977, *Recherches geologiques dans les Taurus occidental au sud de Beyşehir: These Eresente a l'Universite de Paris sud Centre d'Orsa, 442 p.*
- Morris, J.D. ve Hart, S.R., 1983, *Isotopic and incompatible trace element constraints on the genesis of island arc volcanics from Cold Bay and Amak Island, Aleutians, and implications for mantle structure. Geochim. Cosmochim. Acta. 47, 2015-2030.*
- Morris, J.D., Leeman, W.P. ve Tera, F., 1990, *The subducted component in island arc lavas: constraints from Be isotopes and Be systematics. Nature. 344, 31n36*
- Özgül, N., 1976, *Torosların bazı temel jeoloji özellikleri, T.J.K.Bült., 19,65-78.*
- Özgül, N., 1984, *Stratigraphy and tectonic evolution of the Central Taurides., In Tekeli, O and Göncüoğlu, N., 1984, Stratigraphy and tectonic evolution of the Central Taurides., In Tekeli, O and Göncüoğlu, M.C., (eds) Geology of the Tauurus Belt, International Symposium on the geology of the Taurus Belt, Ankara-Turkey, 77-90*
- Pearce , J.A., 1982, *Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In Andesites: orogenic*

- andesites and related rocks, R.S.Thorpe (ed.) , 525-48. Cxhichester: Wiley.*
- Pearce, J. A., 1983, Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: C. J. Hawkesworth (Ed.), Continental basalts and mantle xenoliths. Shiva, Nantwich, pp 230-249.*
- Pearce,J. ve Cann, J.R., 1973, Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses, E.P.S. Letters, 19,290-300.*
- Pearce, J.A. ve Norry, 1979,, Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, Nb variations in volcanic roks, Cont.Min.Pet., 69, 33-47.*
- Pearce, J.A. ve Peate, D.W., 1995, Tectonic implications of the composition of volcanic arc magmas. Ann.Rev.Earth Planet Sci., 23: 251-28*
- Pe-Piper , G. , 1982, Geochemistry, tectonic setting and metamorphism of the mid Triassic volcanic rocks of Greece. Tectonophysics, 85 pp. 23-272.*
- Perfit, M.R., Gust, D.A., Bence, A.E., Arculus, R.J. ve Taylor, S.R., 1980, Chemical characteristics of island-arc basalts: implications for mantle sources. Chem. Geol., 30, 227-256.*
- Reuber, I, 1982, Generations successives de filons grenus dans le complexe ophiolitique de l'Antalya (Turquie): Origine evolution et mecanismes d'injections des liquides: These L'univ. Louis Pasteur. Strasbourg, 246.*
- Rapp, R.P., Watson, E.B. ve Miller, C.F., 1991, Partial melting of amphibolite, eclogite and the origin of Archeann trondhjemites and tonalites. Precambrian Res. 51, 1-25.*
- Robertson, A.H.F. ve Woodcock, N.H., 1980, Strike-slip related sedimentation in the Antalya Complex SW Turkey, E.P.S.Letters, 54, 323-346.*
- Robertson, A.H.F. ve Woodcock, N.H, 1981, Alakırçay Group, Antalya complex, SW Turkey: A deformed Mesozoic carbonate Margin, Sed.Geo., 30, 95-131.*
- Robertson, A.H.F., 1993, Mesozoic – Tertiary sedimentary and tectonic evolution of Neotethyan carbonate platforms, margins and small ocean basins in the Antalya complex, S.W. Turkey. In: L.E. Frostick and R. Steel, Editors, Spec. Publ. Int. Assoc. Sedimentol. vol. 20, pp. 415-465.*
- Streckeisen, A.L., 1974, Classification and nomenclature of plutonic rocks, Geol. Rundsch. Rev., 12, 1-33.*
- Streckeisen, A.L., 1978, Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks, Neues Jahrb Mineral., Abh., 134 (1), 1-14.*
- Sun, S.S. 1980, Lead isotope study of young volcanic rocks from mid-ocean ridges, ocean islands and island arcs. Phil. Trans. R. Soc. London., A297, 409-455.*
- Tatsumi, Y., Hamilton, D.L. ve Nesbitt, R.W., 1986, Chemical characeterisitics of the fluid phase released from a subducted lithosphere and the origin of arc magmas : evidence from high pressure experiments and natural rocks, J.Volcanol. Geot. Res., 29, 293-309.*
- Toker, V., Sonel, N., Ayyıldız, T., ve*

- Albayrak, M., 1993, Akseki kuzeyi-Üzümdere (Antalya) civarının stratigrafisi, T.J.K. Bült., 36, 57-71.
- Turan, A., 1999, Hadim (Konya) Güneybatısında Orta Toroslar'ın Tektonik Özellikleri, C.Ü. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi, 16, 1, 61 - 78.
- Vallance, T.G., 1974, Spilitic degradation of a tholeiitic basalt, J.Pet., 15, 79-96.
- Winchester, J.A. ve Floyd, P.A., 1977, Geochemical distributions of different magma series and their differentiation products using immobile elements, Chem. Geo., 20, 325-343.

**İNLER YAYLASI (ŞEBINKARAHİSAR - GİRESUN) KURŞUN - ÇINKO  
YATAKLARINDA SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ****Ahmet GÖKÇE, Gülcen BOZKAYA***C.Ü., Jeoloji Müh. Bölümü, Sivas/Türkiye*

**ÖZET:** İnler Yaylası Pb-Zn yatakları; Doğu Karadeniz Bölgesi'nin iç kesimlerinde yaygın olarak gözlenen damar tipi yatakların tipik örneklerindendir. Yörede, Geç Kretase yaşı volkanitler içinde, yaklaşık D-B doğrultulu, 3 cevher damarı belirlenmiş olup bu damarlar yaklaşık olarak KB-GD doğrultulu faylarla kesilip ötelemişlerdir.

İncelenen örneklerde cevher minerali olarak; sfalerit, galenit, pirit, kalkopirit, fahlerz ve ender olarak da kalkosin ve kovellin, gang minerali olarak ise kuvars ve kalsit gözlenmiştir. Sfalerit ve galenit en yaygın cevher mineralleridir. Opak cevher mineralleri, kuvarların arasındaki boşluklarda kristalleşmiş olup kuvarlardan daha sonra oluşmuşlardır.

Sivi kapanım incelemeleri kuvars kristallerinde yapılmıştır. Birincil kapanımlar daha yaygın olup, kuvars kristalleri içinde düzensiz olarak dağılmışlardır. İkincil kapanımlar ise kuvars kristalleri içinde, iki farklı çatlak sistemi boyunca dizilmiş olup, morfolojik ve mikrotermometrik özellikleri bakımından da farklılıklar göstermeleri nedeniyle a ve b grubu ikincil kapanımlar şeklinde ayrılmışlardır.

Yapılan ilk erime ( $T_{FM}$ ), son buz erime ( $T_{ICE}$ ) ve homojenleşme sıcaklığı ( $T_H$ ) ölçümleri ve tuzluluk hesaplamalarından; birincil kapanımların oluşumu sırasında sıcaklığı (ort. 312.0 °C) ve tuzluluğu (ort. % 7.0 NaCl eşdeğeri) yüksek, bileşim olarak  $CaCl_2$ ,  $MgCl_2$ ,  $NaCl$  ve  $KCl$  içeren, a grubu ikincil kapanımların oluşumu sırasında sıcaklığı (ort. 272.0 °C) ve tuzluluğu (ort. % 4.0 NaCl eşdeğeri) orta, bileşim olarak  $FeCl_2$ ,  $MgCl_2$  ve  $NaCl$  içeren, b grubu ikincil kapanımların oluşumu sırasında ise sıcaklığı (ort. 131.8 °C) ve tuzluluğu (ort. % 2.6 NaCl eşdeğeri) düşük,  $NaCl$ ,  $KCl$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $NaHCO_3$  ve  $Na_2CO_3$  gibi tuzları içeren, 3 farklı özellikle çözeltinin etkili olduğu anlaşılmaktadır. Birincil kapanımların kuvarların oluşumu sırasında, a grubu hidrotermal çözeltilerin sülfürlü minerallerin oluşumu sırasında, b grubu ikincil kapanımların ise daha sonraki dönemlerde etkili olmuş hidrotermal çözeltileri temsil etikleri kabul edilmiştir.

**FLUID INCLUSION STUDIES OF THE İNLER YAYLASI  
(ŞEBINKARAHİSAR - GİRESUN) LEAD-ZINC DEPOSITS**

**ABSTRACT:** İnler Yaylası lead and zinc deposits are the typical examples of the vein type lead-zinc deposits that occur in the Eastern Black Sea Region in Turkey. Ore veins are hosted by Upper Cretaceous volcanic rocks which were intruded by Tertiary

*granitoids, and Eocene and Plio-Quaternary volcanic rocks. Three ore veins trending E-W were identified during the field investigation of this study. These veins were cut and offset by younger faults.*

*Microscopic studies showed that the ore veins contain sphalerite, galena, pyrite, chalcopyrite, fahlore group minerals, chalcocite and covellite as ore minerals and, quartz and calcite as gangue minerals. Sphalerite and galena are dominated. Opaque minerals occur among the quartz crystals and this indicates that sulfide mineralisation took place later than quartz crystalization.*

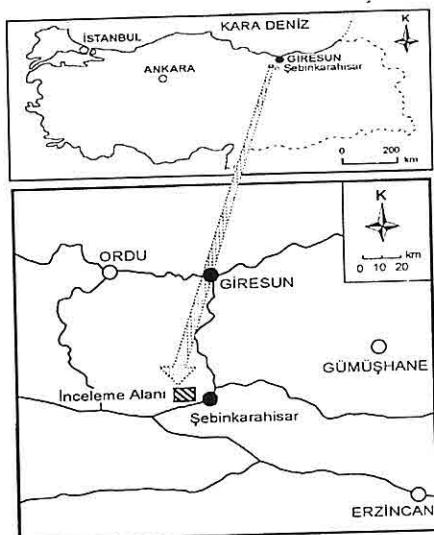
*Fluid inclusion studies were carried out in the quartz crystals. Primary inclusions are more widespread and irregularly dispersed. Secondary inclusions occur along two different crack systems and they also show two different morphologic and microthermometric characteristics, and they were separated into two distinct groups as (a) and (b).*

*First melting ( $T_{FM}$ ), last ice melting ( $T_{ICE}$ ) and homogenisation ( $T_H$ ) temperature measurements and salinity calculations show that the temperature and salinity of the fluids trapped in primary inclusions were high (avr. temp. 312.0 °C and avr. salinity 7.0 % NaCl equiv.) comparing with the secondary inclusions and contain the salts of  $CaCl_2$ ,  $MgCl_2$ ,  $NaCl$  and  $KCl$ , those in a group secondary inclusions were moderate (avr. temp. 272.0 °C and avr. salinity 4.0 % NaCl equiv.) and contain the salts of  $FeCl_2$ ,  $MgCl$  and  $NaCl$ , those in b group secondary inclusions were low (avr. temp. 131.8 °C and avr. salinity 2.6 % NaCl equiv.) and contain the salts of  $NaCl$ ,  $KCl$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $NaHCO_3$  and  $Na_2CO_3$ . These results indicate that hydrothermal fluids with three different characteristics acted as mineralizing fluids during the mineralisation processes. It is assumed that the primary inclusions represent the fluid formed quartz, the first group secondary inclusions represent the fluid responsible for sulfide mineralisations and the other group of secondary inclusions represent the fluids developed during the later episode of mineralisation processes.*

## 1. GİRİŞ

İnler Yaylası Pb-Zn yatakları; Doğu Karadeniz Bölgesi'nin iç kesimlerinde yaygın olarak gözlenen damar tipi yatakların tipik örneklerinden birisi olup, Giresun İline bağlı Şebinkarahisar İlçesi' nin yaklaşık olarak 20 km kuzeybatısında, Tutakdağı yöresinde yer almaktadır (Şekil 1).

İnler Yaylası Pb-Zn yataklarının çeşitli jeolojik özellikleri, Tutakdağı yöresindeki diğer yataklar ile birlikte, değişik araştırmalarca incelenmişlerdir. Çalapkulu ve Ayan (1982) Etir Yaylası florit damarlarının Geç Kretase yaşı andezitik volkanitleri içinde K 10° B – K 40° B doğrultusundaki çatılk sistemlerine yerleşmiş olarak iki aşamada oluştuğunu ileri sürmüşlerdir. Birinci aşamada yeşil florit, sfalerit, galen, tennantit ve



**Şekil 1.** İnceleme alanının coğrafik konum haritası.

kalkopiritlerin, ikinci aşamada ise pembe ve mor floritlerin oluştuğunu düşünmektedirler. Sfalerit ve floritlerde yapmış oldukları sıvı kapanım çalışmalarında,  $150 - 200^{\circ}\text{C}$  arasında değişen homojenleşme sıcaklığı değerleri ölçülmüşlerdir. Karaoğlu (1985) ve Çalapkulu ve Karaoğlu (1987), İnler Yaylası Pb-Zn yataklarında yaptıkları sıvı kapanım incelemelerinde,  $150 - 290^{\circ}\text{C}$  arasında değişen homojenleşme sıcaklığı değerleri ölçümler ve cevher damarlarının mezotermal ve epitermal koşullarda oluştuğlarını ifade etmişlerdir. Şaşmaz (1993), Şaşmaz ve Sağıroğlu (1994 a ve b), Tutakdağı yöresindeki cevherleşmelerin Geç Kretase yaşlı volkanitler içinde, geniş bir alterasyon zonu boyunca damarlar şeklinde oluştuğunu, cevher minerali olarak sfalerit, galenit, pirit, kalkopirit, fahlerz,

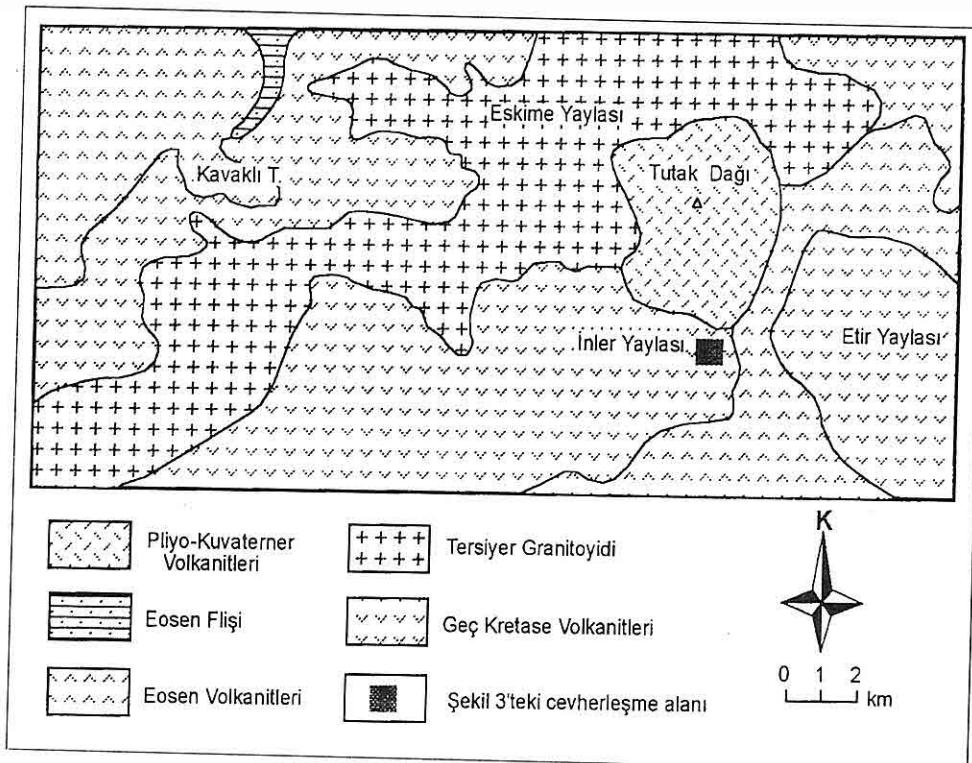
ender olarak da kalkosin, kovellin, enarjít, pirotin, linneit, tetradiomit, klaprotit, altait, nabit Au ve manyetit içerdiklerini, cevherleşmelerin çevresinde yoğun hidrotermal alterasyon gözlendiğini ve hidrotermal çözeltilerin oluşumunda Paleosen yaşlı granitoyitlerin etkili olduğunu belirtmektedirler. Son olarak Gökçe ve Bozkaya (2002) tarafından yatakların yüzeyde ve işletme galerilerinde (1802 m ve 1715 m kat galerinde ve ara katlarında) yapılan gözlemler sırasında cevherleşmelerin jeolojik özellikleri ve yataklanma şekilleri gözden geçirilmiş, alınan örnekler üzerinde mineralojik bileşim, doku, sıvı kapanım ve kararlı izotoplardan jeokimyası özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu yayında, yöredeki cevher damarlarından alınmış örnekler üzerinde yapılan sıvı kapanım incelemelerine ait bulgular tartışılmaktadır, cevher damarlarını oluşturan hidrotermal çözeltilerin tuz içeriği, tuzluluğu ve sıcaklığı gibi kimyasal ve fiziksel özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

## 2. YATAKLAR ÇEVRESİNİN GENEL JEOLOJİK ÖZELLİKLERİ

İnceleme alanı, Pontidler Tektonik Birliği'nin iç doğu bölümünde yer almaktadır. İnceleme alanı yakın çevresinde; Geç Kretase yaşlı volkanitler, Tersiyer yaşlı granitoyitler, Eosen yaşlı volkanitler, Eosen yaşlı filiş çökelleri ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı volkanitler yüzeylemektedir (Şekil 2).

Pontidler boyunca oldukça geniş alanlar kaplayan Geç Kretase yaşlı volkano-



**Şekil 2.** İnceleme alanı yakın çevresinin basitleştirilmiş jeoloji haritası (Şaşmaz ve Sağıroğlu, 1994' dan değiştirilerek alınmıştır).

sedimanter birimler, inceleme alanı içinde yalnızca volkanik bileşenleri (riyodasitik, dasitik ve andezitik bileşimli masif volkanikler, aglomeralar ve tüfler) ile temsil edilmektedir. Yörede yüzeyleyen bu kayaçların, bölge genelinde tanımlanmış Dasitik Seri'ye ait bir seviye olduğu düşünülebilir. Bu birime ait kayaçlar, kısmen açık renkleri ve ileri derecede bozunmuş olmaları ile daha genç birimlerden ayırmaktadırlar.

Tersiyer yaşılı granitoyidler; Tutak Dağı'nın batısında yüzeylemektedir. Genellikle alkali granit, granit ve siyenit bileşimli derinlik kayaçları ile bunların

damar kayaçlarından oluşmaktadır. Bu granitoyidler, Geç Kretase yaşlı volkanosedimanter kayaçları keserken, inceleme alanının dışında kalan yüzeklerinde Eosen yaşlı sedimanter kayaçlar tarafından örtülmektedirler. Bu nedenle, plütonizma yaşı "Eosen öncesi" ve/veya "Geç Kretase sonu - Paleosen" olarak kabul edilebilir.

Eosen yaşlı volkanitler; andezitik, bazaltik ve trakiandezitik bileşimli masif kütleler ve tüflerden oluşmaktadır. Belirtilen kayaç türleri, ardalanmalar ve yanal olarak değişiklikler göstermektedir. Daha yaşlı birimlerin üzerinde uyumsuz olarak gözlenmekte, Pliyo-Kuvaterner

yaşlı volkanitler tarafından örtülmektedir. Eosen volkanitleri, Geç Kretase volkanitlerine göre daha masif görünümlüdürler ve daha az bozunmuşlardır. Andezitik ve bazaltik kesimler koyu renkli iken, trakiandezitik kesimler daha açık renklidirler.

Eosen yaşlı filiş çökelleri; Geç Kretase yaşlı volkano-sedimanter kayaçların üzerinde uyumsuz olarak çökelmiş, sarımsı gri renkli, iyi tabakalanmalı kumtaşı- silttaş - kilitaşı ardalanması şeklinde gözlenmektedir.

Pliyo-Kuvaterner yaşlı volkanitler; Tutak Dağı'nın zirveye yakın kesiminde yüzeylemektedir. Bu birim, kaya türü olarak andezitlerle temsil edilmekte olup daha yaşlı birimler üzerinde uyumsuz olarak yer almaktır ve fazla bozunmamış, taze yüzlekler oluşturmaktadır.

### 3. CEVHERLEŞMELERİN YATAKLANMA ŞEKLİ VE MİKROSKOPİK ÖZELLİKLERİ

#### 3.1. Cevherleşmelerin Yataklanma Şekli

Tutak Dağı güney kesiminde, yaklaşık 1-1.5 km genişlikte ve 5-6 km kadar devam eden, KD-GB doğrultulu geniş bir alterasyon zonu içinde damarlar şeklinde çok sayıda cevherleşme bulunmaktadır. Bu zondaki cevherleşmeler, Şaşmaz (1993) tarafından; İnler Yaylası, Makedüzü, Dereköy ve Sübük cevherleşmeleri şeklinde 4 sektörde ayrılarak incelenmiştir. Bu çalışmanın saha incelemelerinin yapıldığı yıllarda, yalnızca İnler Yaylası yöresindeki cevherleşmeler işletildiği için bu

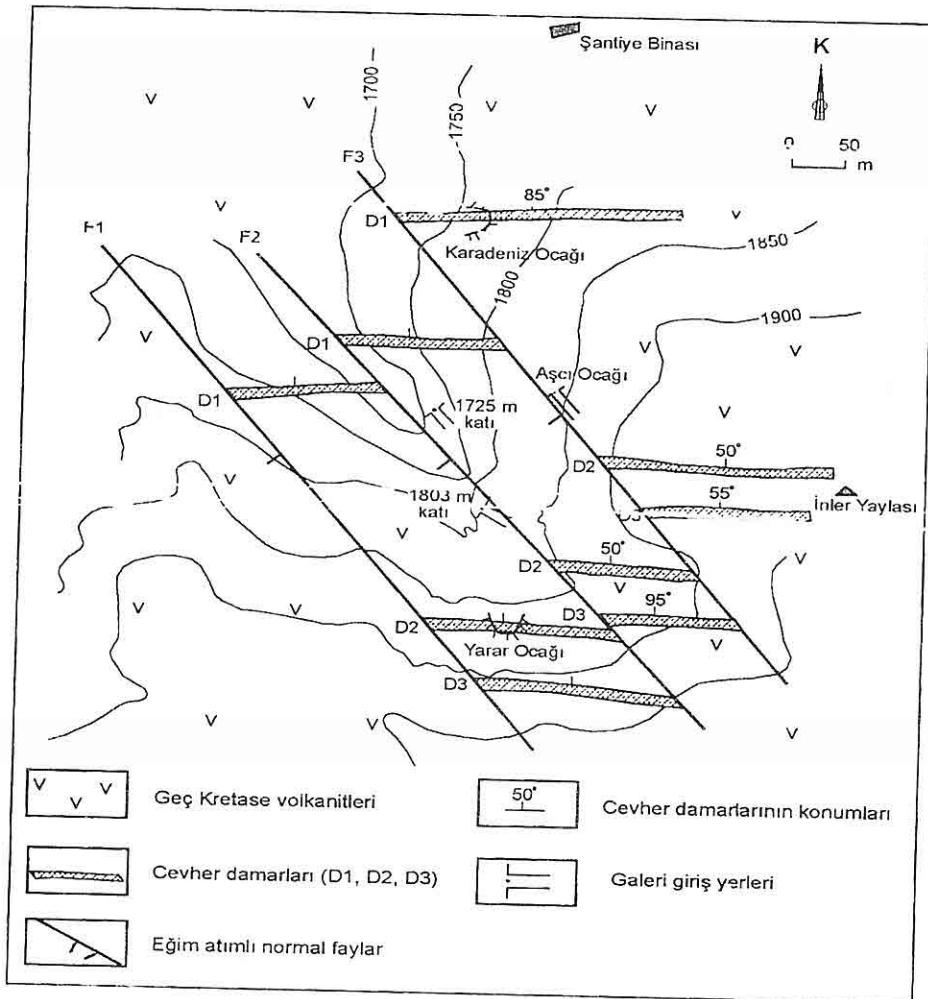
cevherleşmeler incelenebilmişlerdir.

Yörede, Geç Kretase yaşlı volkanitlerin içinde, yaklaşık D-B doğrultulu, 3 cevher damarı belirlenmiş olup bu damarlar yaklaşık olarak KB-GD doğrultulu faylarla kesilip ötelenmiştir (Şekil 3). Cevherleşmeler çevresindeki yan kayaçlar ileri derecede bozunmuş olup silisleşme, limonitleşme, kloritleşme, killeşme ve epidotlaşma gözlenmektedir.

Belirlenmiş cevher damarları Şekil 3 üzerinde D1, D2 ve D3 simgeleri ile gösterilmiş olup, F1 ve F2 fayları arasında kalan kesimlerinde üretim yapılmaktadır. Diğer kesimlerinde üretim faaliyeti bulunmamaktadır.

D1 Damarı; yüzeyde, kuvars, limonit ve hematit içeren sarı-kahverengi renkli bir yüzlek oluşturmaktadır. Karadeniz ocağı olarak isimlendirilmiş kısa mesafeli bir galeri içinde, cevher damarında özellikle pirit ve kalkopiritin zenginleştiği, az miktarlarda galenit ve sfaleritin bulunduğu gözlenmiştir. Bu cevher damarı, yaklaşık olarak D-B doğrultuludur. Eğimi düşeye yakın olup 85°K ile 85°G arasında değişmektedir. Cevher damarının kalınlığı 0.7 m ile 2.0 m arasında değişmektedir. Alt seviyelerinin sondajlarla araştırıldığı ancak işletilebilir özellikle bir zenginleşme saptanmadığı belirtilmektedir (Hasan Bekpınar ile sözlü görüşme, 1992).

D2 ve D3 Damarları; Bu damarlar, Aşçı Ocağı olarak bilinen yerde, aralarında 50 m kadar uzaklık bulunan, birbirine paralel iki cevher damarı şeklidir. Yüzeyde; kuvars, limonit ve hematit içeren bir demir şapka zonu



Şekil 3. İnler Yaylası yöresinde Pb Zn cevherleşmelerinin konumu

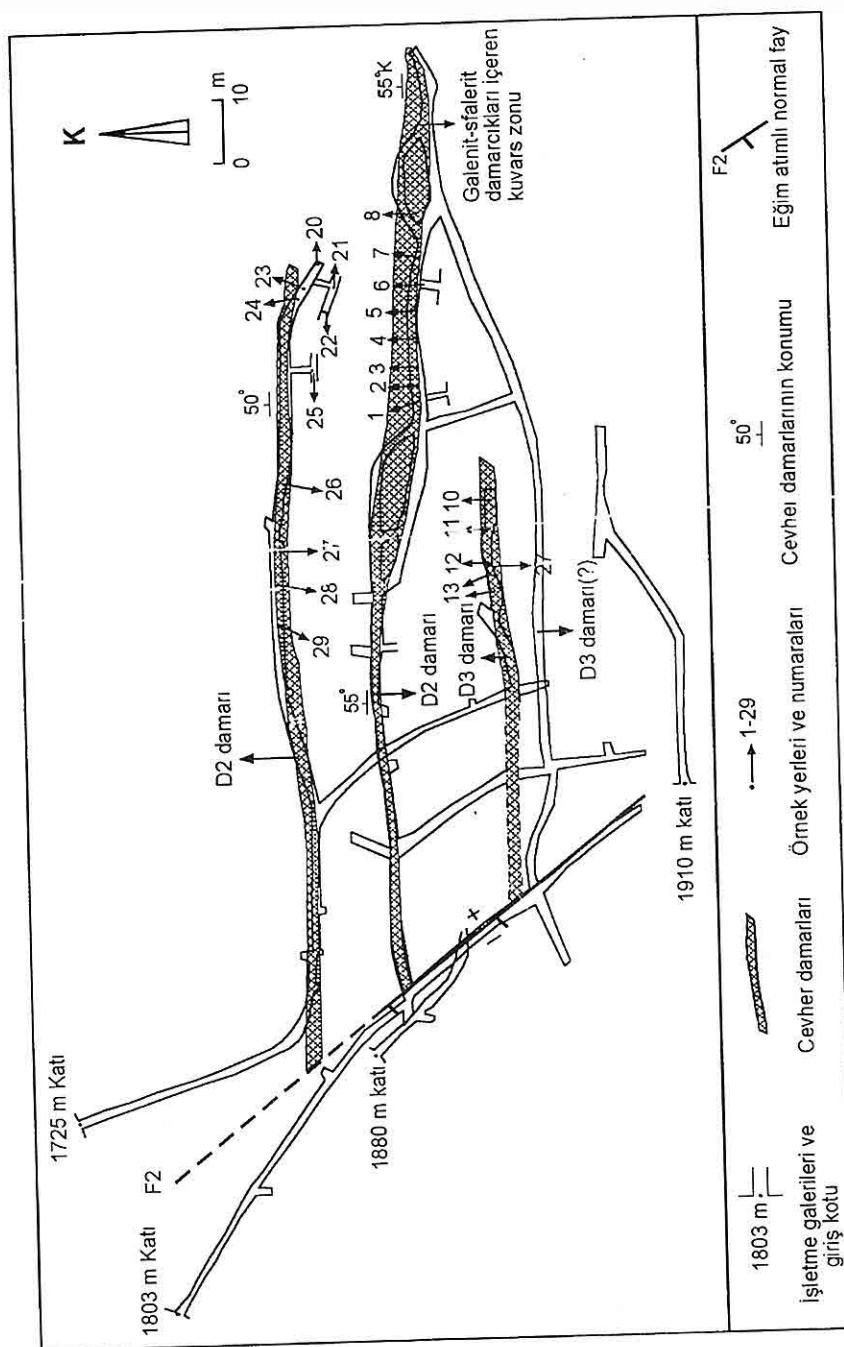
şeklinde gözlenmektedirler. 1910 m, 1880 m, 1802 m ve 1715 m kotlarından açılmış kat galerilerinde yapılmış gözlemler (1992 yılında) Şekil 4 üzerinde görülmektedir.

Bu katlarda cevher damarları, yaklaşık D-B doğrultulu ve 45 ile 60° arasında değişen değerlerle K' ye eğimli, kalınlıkları 0.5 m ile 3.0 m arasında değişen ve sülfürlü mineral

zenginleşmeleri içeren kuvars damarları şeklindedirler. Üst seviyelerinde galenit ve sfalerit hakim iken derine doğru pirit ve kalkopirit içerikleri artmaktadır. Kuvarslı zonların kalınlığı yer yer 8 m' yi bulmaktadır.

### 3.2. Mikroskopik Özellikleri

Saha incelemeleri sırasında yüzeyden



Şekil 4. İşletme galerilerinde D2 ve D3 damarlarının konumu ve örnek yerleri.

ve işletme galerilerinden alınan cevher örneklerinden ince kesit ve parlatma blokları hazırlanarak incelenen örneklerde; cevher minerali olarak sfalerit, galenit, pirit, kalkopirit, fahlerz ve ender olarak da kalkosin ve kovellin gözlenmiştir. Sfalerit ve galenit en yaygın cevher mineralleridir. Kalkopiritler, genellikle sfaleritler içinde benekli ayrılmalar halinde olup, bağımsız ve büyük boyutlu kristalleri ender olarak gözlenmektedir. Fahlerz yer yer çok zenginleşmektedir. Pirit ise öz şekilli kristaller halinde, çok yaygın olarak gözlenmektedir. Şaşmaz (1993); Şaşmaz ve Sağiroğlu (1994a ve b) tarafından yapılan araştırmalarda bu minerallerden başka, enarjıt, pirotin, linneit, tetradiomit, klaprotit, altait, nabit Au ve manyetit gibi minerallerin de bulunduğu belirtilmektedir. Pirit, kalkopirit, galenit ve sfaleritler eş zamanlı olmuş gözükme olup sondaj verilerinden derine doğru inildikçe cevher damarlarının pirit ve kalkopirit içeriklerinin arttığı anlaşılmaktadır. Kalkosin ve kovellinler, kalkopiritleri kuşatan dönüşüm ürünleri şeklinde gözlenmekte ve paleo- yeraltı su seviyesi altında gelişmiş sementasyon zonu oluşumları oldukları düşünülebilirler.

Gang minerali olarak; kuvars ve kalsit gözlenmiştir. Ayrıca, ileri derecede karbonatlaşmış ve limonitleşmiş yankayaç kırıntıları cevher damarlarının yaygın bileşenleridir. Kuvars kristallerinin büyülüklükleri değişmekte olup çatlakların kenar kısımlarından iç kısımlarına doğru boyutları küçülmektedir. Kalsitler ise yer yer büyük kristaller halinde, yer yer ise kuvarslı zonları kesen ince damarcıklar

halinde gözlenmektedir.

Opak cevher mineralleri, kuvars kristalleri arasındaki boşluklarda kristalleşmiş olup kuvarslardan daha sonra oluşmuşlardır.

#### **4. SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ**

##### **4.1. Örnek Alımı ve Yöntem**

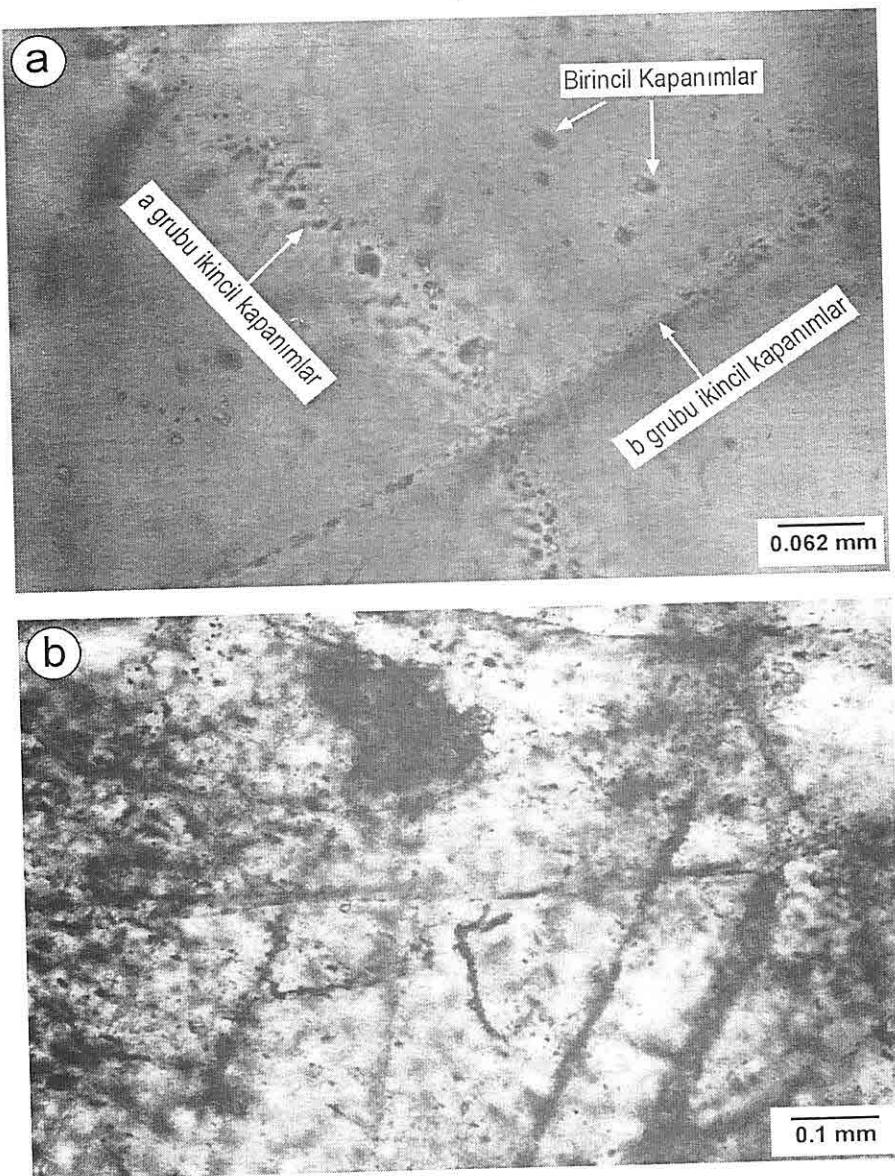
Sıvı kapanım incelemeleri, cevher damarcıklarından alınan örneklerdeki kuvars kristalleri üzerinde yapılmıştır. Örneklerden hazırlanan iki yüzü parlatılmış özel kesitler, Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde bulunan ve NIKON Labophot-pol tipi mikroskoplara monte edilmiş, LINKAM THMS-600 ve TMS-92 tipi ısıtma - soğutma sisteminde incelemiştir. İncelemeler sırasında; ilk erime sıcaklığı ( $T_{FM}$ ), son buz erime sıcaklığı ( $T_{ICE}$ ) ve homojenleşme sıcaklığı ( $T_H$ ) ölçümleri yapılmıştır. Dondurma işlemlerinde sıvı azot gazı kullanılmıştır. Ölçüm sonuçları Çizelge 1'de toplu halde görülmekte olup, tekrarlanmış analiz sonuçlarından sıcaklık ölçümlerinde hata payının  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ' den daha az olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 1'de görülen örneklerden; 01 - 08 arası numaralı örnekler D2 damarının 1803 m katından, 10 ve 12 numaralı örnekler D3 damarının 1725 m katından, 20 - 29 arası numaralı örnekler ise D2 damarının 1725 m katından alınmışlardır.

##### **4.2. Kapanımların Morfolojik Özellikleri**

Kuvars kristalleri içindeki sıvı kapanımları, değişik boyuttarda (5 - 20

um) ve değişik dış şekilli kapanımlar şeklinde dirler. Birincil kapanımlar, kuvars kristalleri içinde düzensiz olarak dağılmış iken ikincil kapanımlar kuvars kristallerini iki farklı doğrultuda kesen çatlaklar boyunca dizilmiş olarak gözlenmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Birincil ve ikincil kapanımların konumları (a) ve ikincil kapanımları kontrol eden çatlak sistemleri (b).

**Çizelge 1.** Sıvı kapanım incelemeleri sırasında birincil ve ikincil kapanımlarda ölçülmüş  $T_{FM}$ ,  $T_{ICE}$ , ve  $T_H$  değerleri.

Örnek No	Birincil kapanımlar			Ikincil kapanımlar		
				a grubu		
	$T_{FM}$	$T_{ICE}$	$T_H$	$T_{FM}$	$T_{ICE}$	$T_H$
STD-01	-52,9	-4,9	293,2	-35,3	-0,2	234,0
	-52,6	-4,2	331,8	-35,1	-0,4	256,0
	-51,0	-3,5	337,2	-35,0	-0,7	257,8
	-50,4	-8,4	350,0			
	-50,4	-2,7	293,1			
	-50,1	-4,2	299,8			
	-50,0	-3,2	299,7			
	-50,0	-2,7	308,8			
STD-02	55,1	-6,5	257,1	-35,2	-4,6	248,2
	-55,1	-4,5	257,9	-35,1	-4,5	250,1
	-55,1	-4,4	258,8	-35,0	-3,7	256,8
	-55,1	-4,3	260,0	-35,0	-3,5	258,4
	-54,8	-4,0	260,8	-35,0	-3,2	262,4
	-54,8	-4,0	260,4		-3,7	264,7
	-54,7	-5,1	283,7		-3,5	279,8
	-53,7	-10,8	286,0		-3,8	284,9
	-52,6	-7,2	293,7			
	-52,0	-5,6	304,8			
STD-05	-54,5	-7,0	296,3			
	-54,1	-6,8	296,5			
	-53,3	-6,5	298,4			
	-52,4	-8,8	326,8			
	-52,4	-6,4	274,2			
	-52,2	-6,4	287,7			
	-52,2	-4,9	281,0			
	-51,8	-6,5	281,1			
	-52,7	-7,1	282,6			
	-49,5	-4,8	265,4			
STD-06	-54,3	-4,6	295,5	-33,4	-3,7	264,7
	-52,1	-4,4	301,7	-33,1	-3,1	276,8
	-52,0	-1,6	303,9	-33,0	-2,6	281,4
	-51,9	-3,7	295,8	-31,4	-2,0	286,2
	-52,4	-6,4	274,2			-20,8
	-52,2	-4,9	281,0			-3,7
	-52,2	-4,9	281,1			134,8
	-51,8	-4,8	282,6			
	-52,7	-7,1	287,7			
	-49,5	-6,5	285,4			
STD-08	-53,8	-5,0	297,6	-33,5	-2,5	288,7
	-52,6	-4,8	308,2	-33,5	-2,2	296,2
	-52,4	-4,3	310,9	-33,4	-2,2	290,5
	-52,2	-3,8	318,3	-33,4	-2,1	286,1
	-52,0	-3,0	308,2	-33,3	-2,0	261,2
				-33,2	-2,0	294,6
				-33,1	-1,4	297,3
				-33,1	-1,2	278,6
STD-10	-50,5	-3,4	354,7	-33,6	-2,2	289,4
	-50,4	-3,5	366,6	-33,6	-2,2	290,1
	-50,0	-2,2	359,1	-33,5	-2,2	
	-51,4	-3,6	344,2	-33,1	-1,8	250,1
	-52,4	-3,6	349,2	-33,1	-1,6	267,3
	-52,2	-3,6	348,5	-33,0	-1,2	273,1
	-52,1	-3,1	345,4	-33,5	-2,1	274,8
	-52,5			-33,1	-2,0	277,9
				-33,0	-1,8	284,5

*İNLER YAYLASI KURŞUN - ÇINKO YATAKLARINDA SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ*

Çizelge 1'in devamı

Örnek No	Birincil kapanımlar			Ikincil kapanımlar					
				a grubu			b grubu		
	TFM	Tice	TH	TFM	Tice	TH	TFM	Tice	TH
STD 12	-52,1	-3,0	229,4						
	-52,0	-2,0	317,0						
	-51,7	-2,4	296,1						
	-51,3	-1,2	316,9						
	-51,3	-3,6	301,4						
	-51,1	-1,1	314,2						
STD-20	-52,7	-4,7	293,3	-33,6	-3,8	268,0	-23,7	-2,0	134,5
	-51,9	-3,9	297,7	-33,4	-2,8	268,5	-23,7	-1,3	154,5
	-51,4	-2,7	297,7	-33,2	-2,8	292,0	-22,7	-1,0	140,5
	-51,0	-2,6	303,3	-31,0	-2,7	297,0	-22,4	-0,8	145,0
	-51,0	-5,4	296,1				-21,6	-0,7	147,5
	-51,7	-5,1	299,5				-21,6	-0,7	148,4
	-50,6	-4,7	305,8				-22,8	-0,7	150,8
	-50,5	-4,5	311,3				-22,6	-0,7	152,6
	-50,5	-4,4	319,8				-22,6	-0,7	147,8
STD-21	-54,3	-9,3	348,7						
	-52,5	-6,9	361,6						
	-51,9	-7,6	363,0						
	-51,7	-7,4	336,6						
	-51,8	-6,1	350,6						
	-51,3	-7,8	353,4						
	-51,4	-6,0	352,8						
	-51,4	-6,4	344,4						
STD-24	-52,2	-6,3	320,0						
	-51,8	-5,4	325,1						
	-52,5	-5,3	328,6						
	-52,2	-4,1	334,2						
	-51,9	-4,2	315,6						
	-52,0	-3,5	329,8						
	-51,6	-2,1	332,4						
STD-27	-51,5	-2,0	332,5						
	-53,6	-5,1	308,9	-33,4	-2,8	258,7			
	-52,4	-4,6	314,6	-33,2	-2,8	283,4			
	-51,7	-3,6	348,9	-33,0	-2,8	283,8			
	-51,0	-3,4	355,4	-32,9	-2,5	305,1			
	-51,0	-2,7	366,9	-32,8	-2,4	283,8			
STD-29	-51,0	-2,1	377,2	-32,7	-1,8	311,1			
	-54,1	-3,3	312,2	-35,7	-1,6	225,4			
	-53,5	-5,8	318,5	-34,9	-1,4	232,5			
	-52,0	-5,5	321,8	-33,8	-1,3	242,1			
	-50,3	-4,3	335,2	-33,1	-1,0	285,4			
	-53,4	-4,7	337,1						
	-52,1	-5,0	340,8						
	-50,0								

Kapanımların çoğu yalnızca sıvı faz içermekte, gaz kabarcıklı iki fazlı kapanımlar (%80-95 sıvı, % 5-20 gaz) az sayıda bulunmaktadır. Bu durum kapanımlarda kaynama geliştiği ve cevherleşmelerin sığ derinliklerde oluşturukları şeklinde yorumlanabilir.

İkincil kapanımlar, iki farklı çatlak sistemi boyunca dizilmiş olmaları yanında,  $T_{FM}$ ,  $T_{ICE}$  ve  $T_H$  değerleri bakımından da farklılıklar göstermekte olup (a) ve (b) grubu ikincil kapanımlar şeklinde ayrılmışlardır. Cevherleşmede gözlenen dokusal özellikler ile aşağıda açıklanacak incelemelerin sonuçları birlikte değerlendirilerek; birincil kapanımların kuvars kristallerini oluşturan hidrotermal çözeltileri, a grubu ikincil kapanımların sülfürlü mineralleri oluşturan hidrotermal çözeltileri, b grubu ikincil kapanımların ise daha sonraki evrelerde ortamda etkili olmuş hidrotermal çözeltileri temsil ettileri kabul edilmiştir.

Diğer yandan, farklı kapanım gruplarına ait  $T_{FM}$ ,  $T_{ICE}$  ve  $T_H$  değerlerinin ortalamaları arasındaki farklar varyans analizi ve t testi yöntemleri ile irdelenerek farklılıklarının önem dereceleri belirlenmiştir.

#### 4.3. İlk Erime Sıcaklığı ( $T_{FM}$ ) Ölçümleri

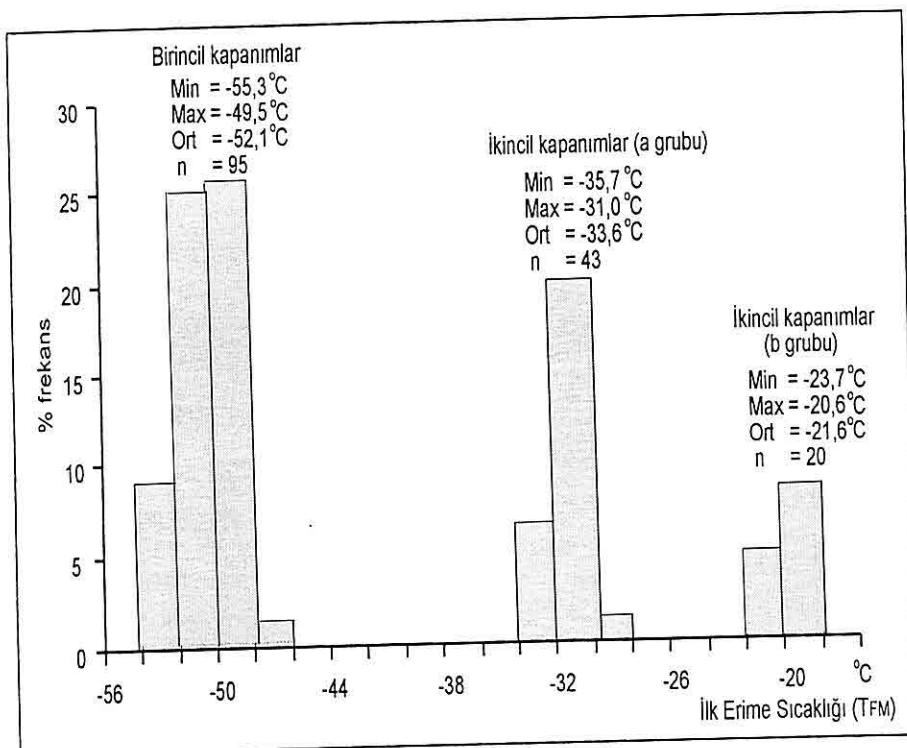
Bilindiği gibi  $T_{FM}$  değerleri çeşitli su - tuz sistemlerinin ötektik sıcaklıklarını ile karşılaştırılarak hidrotermal çözeltiler içinde çözülü tuz cinsleri belirlenmeye çalışılmaktadır. Birincil, a grubu ikincil ve b grubu ikincil kapanımlarda ölçülen  $T_{FM}$  değerleri birbirlerinden belirgin bir şekilde

farklılık göstermektedirler (Şekil 6).

Birincil kapanımlarda  $T_{FM}$  değerleri, -55.3 ile 49.5 °C arasında değişmektedir ( $n=93$ , Ort. = 52.0 °C). Bu değerler çeşitli su - tuz sistemlerinin ötektik sıcaklıklarını ile karşılaştırıldığında;  $H_2O$  -  $NaCl$  -  $CaCl_2$ ,  $H_2O$  -  $MgCl_2$  -  $CaCl_2$ ,  $H_2O$  -  $KCl$  -  $CaCl_2$ ,  $H_2O$  -  $CaCl_2$  sistemlerinin ötektik sıcaklıklarına yakın değerler olup (Shepherd ve dig., 1985; Gökçe, 2000) hidrotermal çözelti içinde  $CaCl_2$ ,  $MgCl_2$ ,  $NaCl$  ve  $KCl$  gibi tuzların bulunduğu anlaşılmaktadır. Birincil kapanımlara ait değerlerin birbirine yakınlığı ve örneklerin alındığı cevher damarına (D2 ve D3) ve derinliğe (1803 ve 1725 m katları) bağlı olarak önemli farklılık bulunmaması hidrotermal çözeltilerin içerdikleri tuz bileşiminin kuvars kristallerinin oluşumu sırasında homojen olduğunu göstermektedir. Çözelti içinde  $CaCl_2$  ve  $MgCl_2$  gibi tuzların bulunması hidrotermal çözeltilerin doğrudan veya dolaylı olarak deniz suyu ile ilişkili olduklarına veya denizel çökellerinden geçiklerine işaret sayılabilir.

a grubu ikincil kapanımlarda  $T_{FM}$  değerleri, -35.7 ile -31.0 °C arasında ( $n=46$ , Ort. = -33.7°C) değişmektedir. Bu değerler çeşitli su - tuz sistemlerinin ötektik sıcaklıklarını ile karşılaştırıldığında;  $H_2O$  -  $FeCl_2$ ,  $H_2O$  -  $NaCl$  -  $MgCl_2$ ,  $H_2O$  -  $MgCl_2$  sistemlerinin ötektik sıcaklıklarına yakın değerler olup (Shepherd ve dig., 1985; Gökçe, 2000) hidrotermal çözelti içinde  $FeCl_2$ ,  $MgCl_2$  ve  $NaCl$  gibi tuzların bulunduğuuna işaret etmektedir.

b grubu ikincil kapanımlarda ise  $T_{FM}$



Şekil 6. Sıvı kapanımlarında ölçülmüş  $T_{Fm}$  değerlerinin istatistiksel değerlendirme grafiği.

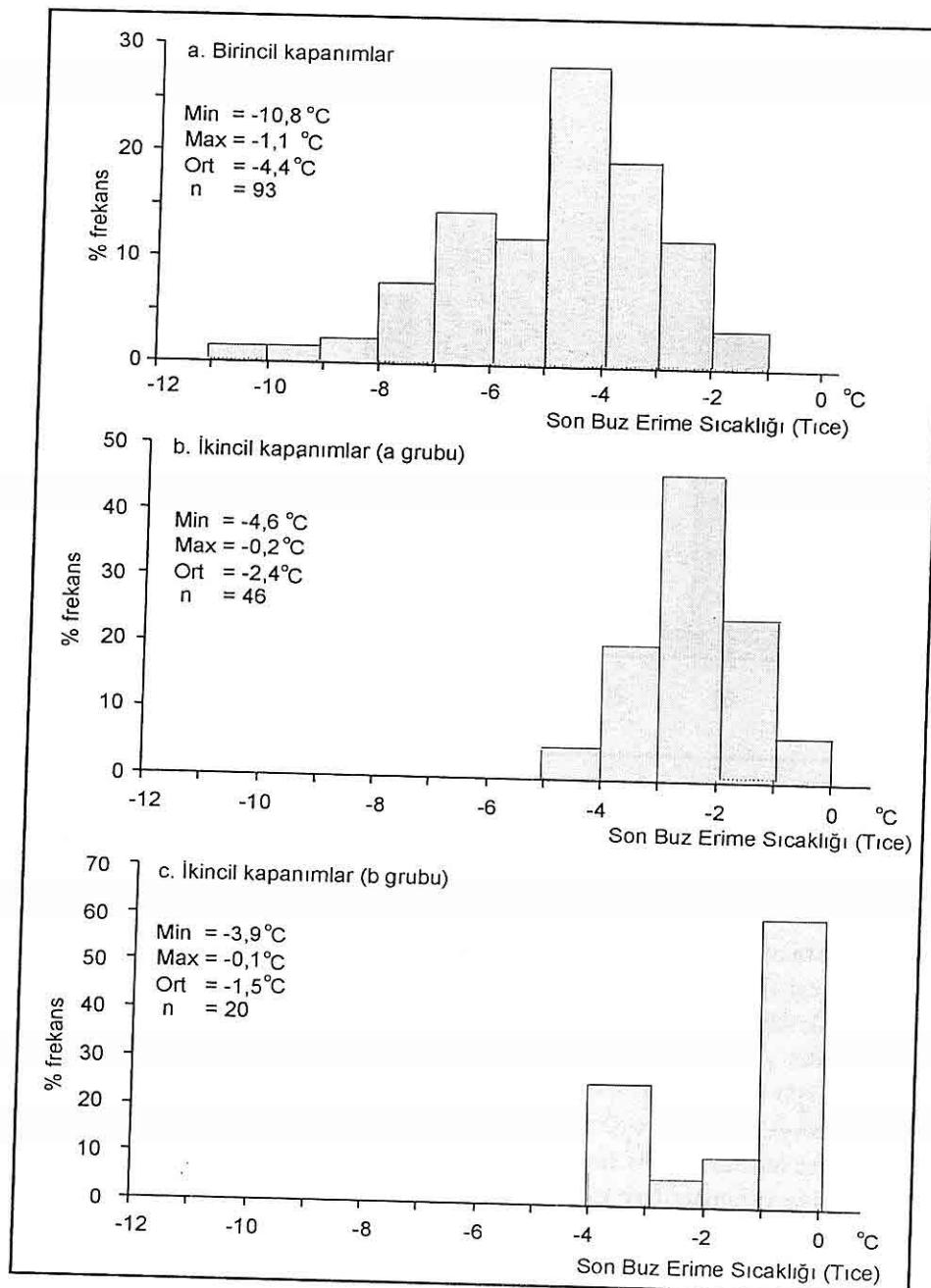
değerleri; -23.7 ile -20.5 °C ( $n = 20$ , Ort. = -21.5°C) arasında değişmektedir. Bu değerler çeşitli su - tuz sistemlerinin ötektik sıcaklıklar ile karşılaştırıldığında;  $H_2O - NaCl - KCl$ ,  $H_2O - NaCl - Na_2SO_4$ ,  $H_2O - NaCl - NaHCO_3$ ,  $H_2O - NaCl - Na_2CO_3$  ve  $H_2O - NaCl$  sistemlerinin ötektik sıcaklıklarına yakın değerler olup (Shepherd ve dig., 1985; Gökçe, 2000, s.34) hidrotermal çözelti içinde  $NaCl$ ,  $KCl$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $NaHCO_3$ ,  $Na_2CO_3$  gibi tuzların bulunduğuuna işaret etmektedirler.

Birincil, a grubu ikinci ve b grubu

ikinci kapanımlardaki çözeltilerin tuz bileşimlerinin farklı olması cevherleşme ortamında tuz bileşimi farklı üç ayrı çözelti sisteminin etkili olduğunu göstermektedir.

#### 4.4. Son Buz Erime Sıcaklığı ( $T_{ICE}$ ) Ölçümleri

Birincil ve ikinci kapanımlarda ölçülen  $T_{ICE}$  değerlerinin frekans dağılımları Şekil 7'de görülmektedir. Bilindiği gibi  $T_{ICE}$  değerlerinden yararlanılarak çözeltilerin tuzluluk değerleri hesaplanabilmekte olup bu çalışma



Şekil 7. Sıvı kapanımlarında ölçülmüş  $T_{ICE}$  değerlerinin istatistiksel değerlendirme grafikleri.

kapsamında tuzluluk değerlerinin hesaplanmasında Bodnar (1993) tarafından geliştirilmiş hesaplama formülü kullanılmıştır.

T<sub>ICE</sub> değerleri birincil kapanımlarda -10.8 ile -1.1 °C arasında (n= 93; Ort. -4.7 °C), a grubu ikincil kapanımlarda -4.6 ile -0.2 °C arasında (n= 46; Ort. -2.4 °C), b grubu ikincil kapanımlarda ise -3.9 ile -0.1 °C arasında (n=20; Ort. -1.5 °C) değişmektedir. Bu değerlere karşılık gelen tuzluluk (% NaCl eşdeğeri) değerlerinin ise birincil kapanımlar için % 14.8 ile % 1.9 aralığında (ort. % 7.0), a grubu ikincil kapanımlar için % 7.3 ile % 0.4 aralığında (ort. % 4.0), b grubu ikincil kapanımlar için ise % 6.3 ile % 0.2 aralığında (ort. % 2.6) değiştiği hesaplanmıştır.

Yapılan varyans analizleri, birincil kapanımlara ait T<sub>ICE</sub> değerleri ortalaması ile a ve b grubu ikincil kapanımlara ait T<sub>ICE</sub> değerlerinin ortalamaları arasındaki farkların p < 0.001 (p hata payı olmak üzere) derecesinde, a ve b grubu ikincil kapanımlara ait değerlerin ortalamaları arasındaki farkın ise p < 0.05 derecesinde anlamlı olduğunu göstermekte olup T<sub>ICE</sub> değerleri ve tuzluluk bakımından cevherleşme sahasında 3 farklı özellikle çözeltinin etkili olduğu anlaşılmaktadır. Bu bulgular, kuvars kristallerini oluşturan (birincil kapanımlarda hapsolmuş) çözeltilerin tuzluluğunu daha yüksek (ort. % 7.0), sülfürlü mineraleri oluşturan (a grubu ikincil kapanımlarda hapsolmuş) çözeltilerin tuzluluğunu orta (ort. % 4.0), daha sonra ortama gelmiş (b grubu ikincil kapanımlarda hapsolmuş) çözeltilerin tuzluluğunu ise daha düşük (ort. % 2.6)

olduğunu göstermektedir.

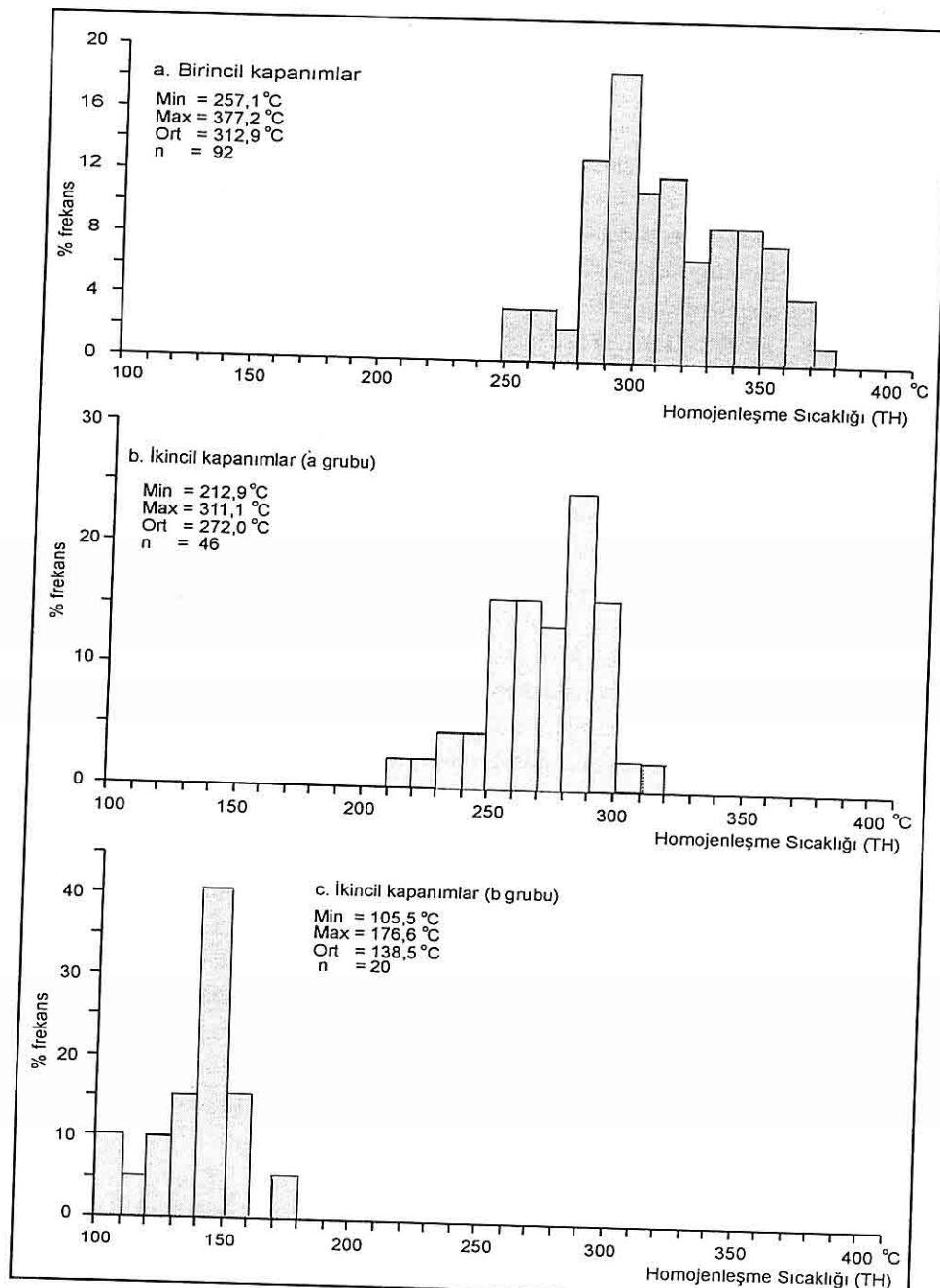
Örneklerin ait olduğu cevher damarları dikkate alındığında; D2 ve D3 damarlarından alınan örneklerdeki birincil kapanımlarda tuzluluk bakımından farkın önemli olduğu (D2 damarından alınan örnekler için ortalama tuzluluk % 8.0, D3 damarından alınan örnekler için ortalama tuzluluk ort. % 4.7, fark = % 3.3, anlamlılık p < 0.001) belirlenmiş olup D2 damarındaki kuvarsları oluşturan çözeltilerin tuzluluğunun D3 damarındaki kuvarsları oluşturan çözeltilerinkinden daha yüksek olduğu şeklinde yorumlanabilir. D2 ve D3 damarlarından alınan örneklerdeki a ve b grubu kapanımlar arasında tuzluluk bakımından fark ömensiz (p > 0.05) bulunmuş olup sülfürlü mineral oluşum evresinde ve sonrasında ortama gelen çözeltilerin tuzluluklarının birbirine yakın olduğu söylenebilir.

D2 damarından 1803 ve 1725 m katlarından alınmış örneklerde ait tuzluluk değerleri birbirleri ile karşılaştırıldığında; tüm kapanım türleri için ortalama değerler arasındaki farkın (birincil kapanımlar için % 0.7, a grubu ikincil kapanımlar için % 0.4, b grubu ikincil kapanımlar için % 1.5) ömensiz olduğu (p > 0.05) görülmüş olup derinliğe bağlı olarak çözeltilerin tuzluluğunu değiştirmedigine işaret etmektedir.

#### 4.5. Homojenleşme Sıcaklığı (T<sub>H</sub>)

##### Ölçümleri

Birincil ve ikincil kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklığı değerlerinin frekans dağılımları Şekil 8'de toplu halde



Şekil 8. Sıvı kapanımlarında ölçülmüş  $T_H$  değerlerinin istatistiksel değerlendirme grafikleri.

görülmektedir. Oluşum derinlikleri bilinemediği için  $T_H$  değerlerinde basınç düzeltmesi yapılamamıştır.

$T_H$  değerleri, birincil kapanımlarda 257.1 ile 377.2°C arasında (n= 93, Ort. 312.0 °C), a grubu ikincil kapanımlarda 212.9 ile 311.1 °C arasında (n= 46, Ort. 272.0°C), b grubu ikincil kapanımlarda ise 105.5 ile 176.6 °C arasında (n= 11, Ort. 131.8°C) değişmekte olup farklı kapanım gruplarının ortalamaları arasındaki farklar (sırasıyla; 39.96 °C, 180.2 °C ve 140.3 °C) anlamlı ( $p < 0.001$ ) bulunmuştur. Ortamda etkili olmuş çözeltiler, diğer özelliklerinde olduğu gibi  $T_H$  değerleri bakımından da farklılıklar göstermektedirler.

1725 m katında D2 ve D3 damarlarından alınan örneklerde ait  $T_H$  değerlerinin ortalamaları karşılaştırıldığında aralarındaki farkların her üç kapanım grubu için de önemsiz olduğu ( $p > 0.05$ ) görülmüş olup damarları oluşturan çözeltilerin sıcaklıklarının birbirine yakın olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

D2 damarından 1803 ve 1725 m katlarında alınmış örneklerde ait  $T_H$  değerlerinin ortalamaları karşılaştırıldığında; 78 m'lik kot farkı için; birincil kapanımlar için farkın (37 °C) önemli ( $p < 0.001$ ) olduğu, a ve b grubu ikincil kapanımlar için ise önemsiz ( $p > 0.05$ ) olduğu anlaşılmıştır.

Ortalama değerler dikkate alındığında; birincil kapanımları oluşturan çözeltilerin sıcaklıklarının yüksek (kata-mezotermal), a grubu ikincil kapanımları oluşturan hidrotermal çözeltilerin orta (mezotermal), b grubu ikincil kapanımları oluşturan

cözeltilerin ise daha düşük (epitermal) sıcaklıkta oldukları görülmektedir.

#### 4.6. Tuzluluk ve Homojenleşme

##### Sıcaklığı İlişkisi

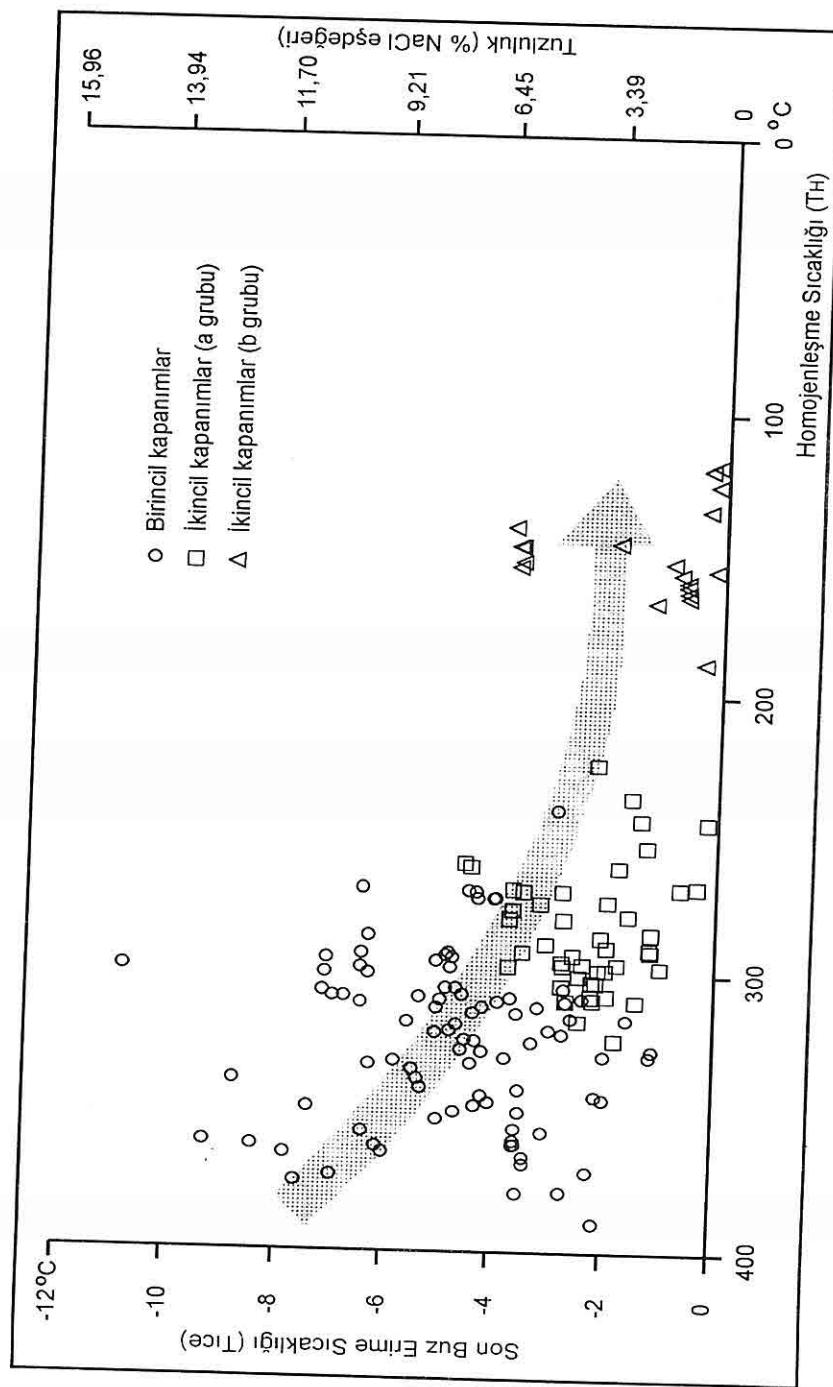
Birincil ve ikincil kapanımlarda tuzluluk ve homojenleşme sıcaklığı ilişkisi incelendiğinde; bağıl olarak birincil kapanımların tuzluluğu ve sıcaklığı yüksek, a grubu ikincil kapanımların sıcaklığı ve tuzluluğu orta, b grubu ikincil kapanımların ise sıcaklığı ve tuzluluğu düşük kapanımlar olduğu görülmektedir (Şekil 9).

#### 5. SONUÇLAR

İnler yayası yöresindeki Pb-Zn yatakları, Geç Kretase yaşlı volkanik kayaçlar içinde, fay zonları boyunca oluşmuş damar tipi yataklardır. Birbirine paralel olarak oluşmuş, D-B doğrultulu, 3 cevher damarı belirlenmiş olup bu damarlar KD-GB doğrultulu faylarla kesilmiş ve ötelenmişlerdir.

Cevher damarlarında gang minerali olarak kuvars ve kalsit, cevher minerali olarak ise sfalerit, galenit, pirit, kalkopirit, fahlerz ve ender olarak ta kalkosin ve kovellin gözlenmiştir. Opak cevher mineralleri kuvars kristalleri arasındaki boşluklarda kristalleşmişlerdir.

Sıvı kapanım incelemeleri sırasında kuvars kristallerinde gözlenen kapanımlar; birincil kapanımlar, a grubu ikincil kapanımlar ve b grubu ikincil kapanımlar şeklinde ayrılmışlardır. Birincil kapanımlardaki çözeltiler kuvars kristallerinin oluşumu sırasında hidrotermal çözeltileri temsil etmektedir.



*Şekil 9. Sıvı kapanımlarında tuzluluk ve homojenleşme sıcaklığı ilişkisi.*

kapsamında tuzluluk değerlerinin hesaplanmasında Bodnar (1993) tarafından geliştirilmiş hesaplama formülü kullanılmıştır.

T<sub>ICE</sub> değerleri birincil kapanımlarda -10.8 ile -1.1 °C arasında (n= 93; Ort. -4.7 °C), a grubu ikincil kapanımlarda -4.6 ile -0.2 °C arasında (n= 46; Ort. -2.4 °C), b grubu ikincil kapanımlarda ise -3.9 ile -0.1 °C arasında (n=20; Ort. -1.5 °C) değişmektedir. Bu değerlere karşılık gelen tuzluluk (% NaCl eşdeğeri) değerlerinin ise birincil kapanımlar için % 14.8 ile % 1.9 aralığında (ort. % 7.0), a grubu ikincil kapanımlar için % 7.3 ile % 0.4 aralığında (ort. % 4.0), b grubu ikincil kapanımlar için ise % 6.3 ile % 0.2 aralığında (ort. % 2.6) değiştiği hesaplanmıştır.

Yapılan varyans analizleri, birincil kapanımlara ait T<sub>ICE</sub> değerleri ortalaması ile a ve b grubu ikincil kapanımlara ait T<sub>ICE</sub> değerlerinin ortalamaları arasındaki farkların p < 0.001 (p hata payı olmak üzere) derecesinde, a ve b grubu ikincil kapanımlara ait değerlerin ortalamaları arasındaki farkın ise p < 0.05 derecesinde anlamlı olduğunu göstermekte olup T<sub>ICE</sub> değerleri ve tuzluluk bakımından cevherleşme sahasında 3 farklı özellikle çözeltinin etkili olduğu anlaşılmaktadır. Bu bulgular, kuvars kristallerini oluşturan (birincil kapanımlarda hapsolmuş) çözeltilerin tuzluluğunun daha yüksek (ort. % 7.0), sülfürlü mineralleri oluşturan (a grubu ikincil kapanımlarda hapsolmuş) çözeltilerin tuzluluğunun orta (ort. % 4.0), daha sonra ortama gelmiş (b grubu ikincil kapanımlarda hapsolmuş) çözeltilerin tuzluluğunun ise daha düşük (ort. % 2.6)

olduğunu göstermektedir.

Örneklerin ait olduğu cevher damarları dikkate alındığında; D2 ve D3 damarlarından alınan örneklerdeki birincil kapanımlarda tuzluluk bakımından farkın önemli olduğu (D2 damarından alınan örnekler için ortalama tuzluluk % 8.0, D3 damarından alınan örnekler için ortalama tuzluluk ort. % 4.7, fark = % 3.3, anlamlılık p < 0.001) belirlenmiş olup D2 damarındaki kuvarsları oluşturan çözeltilerin tuzluluğunun D3 damarındaki kuvarsları oluşturan çözeltilerinkinden daha yüksek olduğu şeklinde yorumlanabilir. D2 ve D3 damarlarından alınan örneklerdeki a ve b grubu kapanımlar arasında tuzluluk bakımından fark önemsiz (p > 0.05) bulunmuş olup sülfürlü mineral oluşum evresinde ve sonrasında ortama gelen çözeltilerin tuzluluklarının birbirine yakın olduğu söylenebilir.

D2 damarından 1803 ve 1725 m katlarından alınmış örneklerde ait tuzluluk değerleri birbirleri ile karşılaştırıldığında; tüm kapanım türleri için ortalama değerler arasındaki farkın (birincil kapanımlar için % 0.7, a grubu ikincil kapanımlar için % 0.4, b grubu ikincil kapanımlar için % 1.5) önemsiz olduğu (p > 0.05) görülmüş olup derinliğe bağlı olarak çözeltilerin tuzluluğunun değişmediğine işaret etmektedir.

#### 4.5. Homojenleşme Sıcaklığı (T<sub>H</sub>) Ölçümleri

Birincil ve ikincil kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklığı değerlerinin frekans dağılımları Şekil 8'de toplu halde

- point depression of  $H_2O-NaCl$  solutions. *Geochimic et Cosmochimica Acta*, 57, 683-684.
- Çalapkulu, F. ve Ayan, Z. 1982. Etir yaylası Şebinkarahisar fluorit zehurunun mineralojisi ve oluşumunun sıvı kapanımı yöntemi ile incelenmesi. *Jeoloji Mühendisliği*, 15, 29-36, Ankara.
- Çalapkulu F., ve Karaoglu, N., 1987. *İnler Yaylası kurşun-çinko-bakır cevherleşmesinin metalojenik incelemesi*. *Türkiye jeoloji Kurultayı*, 1987, Bildiri Özleri, s.31.
- Gökçe, A., 2000. *Maden Yatakları (Yeniden Düzenlenmiş II. Baskı)*, Cumhuriyet Üniv. Yayımları No: 85, 335s.
- Gökçe, A. ve Bozkaya, G., 2002. *Tutakdağı (Şebinkarahisar-Giresun) Pb-Zn Yatağının Oluşum Koşullarının ve Kökeninin Araştırılmasında Sıvı Kapanım, İz Element ve İzotoplar Jeokimyası İncelemeleri*. C. Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı Projesi. Proje No: M-194, 41 s.
- Karaoglu, N., 1985. *İnler Yaylası (Şebinkarahisar) Pb-Zn-Cu yataklarının jeolojisi*. Dokuz Eylül Üniv., Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lisans Tezi, (yayınlanmamış), İzmir.
- Shepperd, T.J., Rankin, A.H., and Alderton, D.H.M., 1985. *A practical guide to fluid inclusion studies*. Blackie, London, 235p.
- Şaşmaz, A., 1993. *Tutak Dağı güneybatısındaki Pb-Zn yatakları*. Fırat Üniv. Fen Bilimleri Enst. Doktora tezi, 98s., (yayınlanmamış), Elazığ.
- Şaşmaz, A. ve Sağiroğlu, A., 1994a. *Tutakdağı güneybatısındaki (Şebinkarahisar-Giresun) Pb-Zn yatakları*. MTA Dergisi, No: 116, s. 51-64.
- Şaşmaz, A. ve Sağiroğlu, A., 1994b. *İnler yaylası (Şebinkarahisar -Giresun) Pb-Zn yatakları*. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 37, 13-28.

**ORTAKONUŞ (ANAMUR/MERSİN) KURŞUN-ÇINKO  
CEVHERLEŞMELERİNİN  
MİNERALOJİSİ VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

Nil YAPICI, Mesut ANIL

*Ç.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye*

**ÖZET:** Ortakonus Pb-Zn cevherleşmeleri Anamur(Mersin')in kuzey ve kuzeydoğusunda yer almaktadır. Yörede temeli Permiyen öncesi yaşı metamorfik serilerden meydana gelen ve Alanya Birliği'ne ait düşük dereceli metamorfizma izleri taşıyan Mahmurlar formasyonu, üstte Çekiçdağı formasyonu ve en üst birimi ise Paleosen-Eosen yaşı Kişi ve Pınarlar formasyonları oluşturmaktadır. Bunların üzerine KB yönlü ve tektonik olarak üzerleyen Aladağ Birliği bünyesinde Demirkazık formasyonu gelmektedir. Cevherleşmeler, Aladağ Birliğine ait Örendüzü üyesine bağlı dolomitik kireçtaşları bünyesinde damar ve mercekler şeklinde yerleşmiştir. Cevherleşmenin ana minerali galenit, sfalerit, daha az miktarda pirittir. Dönüşüm ürünü olarak markazit, smitsonit, serizit, anglezit, hidrozinkit, götit, limonit, flumbo jarosit, lepidokrodit bunlara eşlik etmektedir. En yaygın gang minerali kalsit ve ankerittir.

Ana sülfitler çokluk sırasına göre PbS, ZnS ve FeS<sub>2</sub>'dir. Cevher parajenezlerine ait oluşan bu mineraller ve bunların optik özellikleri ile sfalerit bünyesinde, % 0.03-1.45 aralığında değişen Fe, 2-32 ppm aralığında bulunan Ni, 11-165 ppm'lik Ag, ortalama 700 ppm'lik Cd, 200 ppm'lik Mn, galenitte 38-55 ppm Ag ve 0.7 ppm Ni ve 213 ppm'lik Sb element oranlarının varlığı ve ayrıca Ba, Sr zenginleşmesi görülmektedir.

Bölgede kaynak teşkil edebilecek herhangi bir magmatik getirim veya volkanik bir harekete rastlanılmamıştır. Yankayaçalar içerisinde bulunan metal iyonlarının remobilize olarak çeşitli süreksızlık zonlarına yerlesiği söylenebilinir.

**THE MINERALOGY AND GEOCHEMICAL FEATURES OF  
ORTAKONUŞ (ANAMUR/MERSİN) LEAD - ZINC DEPOSITS**

**ABSTRACT:** The Ortakonus lead-zinc deposit is located in the N and NE of the Anamur/Mersin. The basement in the region is represented by the low-grade metamorphics of the Mahmurlar formation consisting of Pre-Permian metamorphic rocks forms the oldest unit and Çekiçdağı formation and the youngest unit is Kişi and Pınarlar formation of Alanya tectonic unit. The Aladağ unit tectonically overlying with the Alanya tectonic unit begins with Demirkazık Formation.

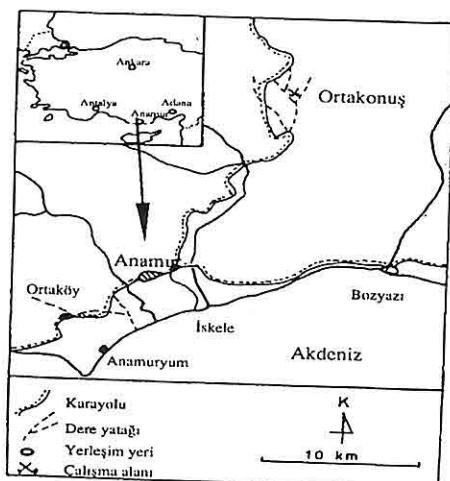
The lead-zinc deposits occur in Jurasic aged Örendüzü members which are limestone and dolomite. The ores are generally vein and in lenticel form. The main minerals of the

ores are galena and sphalerite. This mineral accompaniet in lesser amount by pyrite. Sphalerite is converted to smithsonite and galenite is converted to anglesite and serüsite, pyrite is converted to marchasite and goethite, hydrozinkite, lepidocrochite, limonite and flumbo jarosite. The gangue minerals are calcite and ancherite. The abundance order of the components are as PbS, ZnS and FeS<sub>2</sub>. Analytical data indicated that sphalerite contained 0.74 %Fe, 13.3 ppm of Ni, 86 ppm of Ag, 700 ppm of Cd, 200 ppm of Mn and galena contained 38-55 ppm of Ag, 0.7 ppm of Ni, 213 ppm of Sb, and Ba and Sr are also detected.

All the evidences indicate that the main mineralization source has no relation with magmatism and volcanic processes. The ions set up could result in such mineralization along with the previously formed fractures and the faults during and shortly after the emplacement of the carbonates. Later events, such as, atmospheric and hydrothermal interactions, should shape the mineralization resulting in the formation of the carstic structures and remobilizations.

## 1. GİRİŞ

Çalışma alanı, Orta Toroslar'da, Alanya P<sub>29</sub>C<sub>2</sub>-P<sub>29</sub>C<sub>3</sub> paftaları içerisinde, yaklaşık 150 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsamaktadır. Yerleşim birimleri; Anamur İlçesi, Malaklar Mah. (2 km), Karaca mah., Evciler Köyü, Kaş Yayla (35 km), Gerçebahış Köyündür (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanının yerbulduru haritası.

Toroslar'ın orta kesiminin güneyinde yer alan inceleme alanı, bugünkü yapısını, Geç Alpin evresinde kazanmıştır. Bölgede temeli, Alanya Birliği'ne ait kristalize kireçtaşısı, arakatmanlı şisti metamorfik kayaçlar ile Aladağ Birliği'ne ait Mesezojik'e ait platform karbonatları niteliğindeki Demirkazık formasyonu oluşturmaktadır (Yetiş, 1991).

Mesozojik karbonatları bünyesinde bulunan magmatik kayaçlarla herhangi bir ilişkisi saptanamamış tabakalanmaya bağlı kırık, çatlak ve karstik boşluklar içerisinde yataklanmış olan Ortaköy Pb-Zn yatağı Ülkemiz'de 1. Dünya Savaşı sırasında işletilmeye alınmış oldukça eski bir yataktır.

Ortaköy Pb-Zn cevherleşmeleri üzerinde uzun yillardan beri aralıklı olarak jeolojik çalışmalar yapılmış olup, bu çalışmaların bir çoğu MTA tarafından gerçekleştirılmıştır. Çalışmaların çoğu bölgenin genel jeolojisi üzerindedir. Günümüzde cevherleşme yönünden

detaylı araştırma sayısı azdır. Bu çalışma da bölgenin jeolojisi ve mevcut cevherleşmeler mineralojik - jeokimyasal olarak incelenmiş ve cevherleşmelerin yankayaçlarla olan ilişkisi üzerinde durulmuştur.

## **2. JEOLOJİ**

### **2.1. Stratigrafi**

İnceleme alanında farklı ortam koşullarında çökelmiş Permiyen öncesi Kuvaterner aralığında yerleşmiş kayaç birimleri bulunmaktadır. Büyük bir bölümü allokon konumlu olan bu kayaç birimleri, birbiri üzerinde naplı yapılar oluşturmaktadır.

Araştırma alanında, Alanya Birliği (Permiyen öncesi-Eosen), Aladağ Birliği (Mesezoik) ve Kuvaterner alüvyonları yer almaktadır (Şekil 2).

En alt birimi, Permiyen öncesi yaşı metamorfik serilerden oluşmuş Alanya Birliği'ne ait düşük dereceli metamorfizma izleri taşıyan Mahmütler formasyonu oluşturmaktadır. Bunlar üzerine açısal diskordansla Üst Permiyen yaşı kilitası ara bantlı kireçtaşı, killi kireçtaşı, dolomit ve kuvarsitlerden oluşan Çekiçdağı formasyonu gelmektedir. Daha üst seviyelerde Paleosen-Eosen yaşı kırıntıları kayaçlar topluluğu Pınarlar ve Kışla formasyonu görülmektedir. Alanya Birliği'ne ait bu birimler üzerine KB yönünü takip eden ve tektonik olarak üzerleyen Aladağ Birliği gelmektedir. Bu birlik, bölgede Yetiş (1987) tarafından Demirkazık formasyonu olarak da adlandırılan Mesezoik yaşı birimlerle temsil edilmektedir. Bölgedeki en üst

birim ise Kuvaterner yaşı alüvyonlar oluşturmaktadır (Şekil 3).

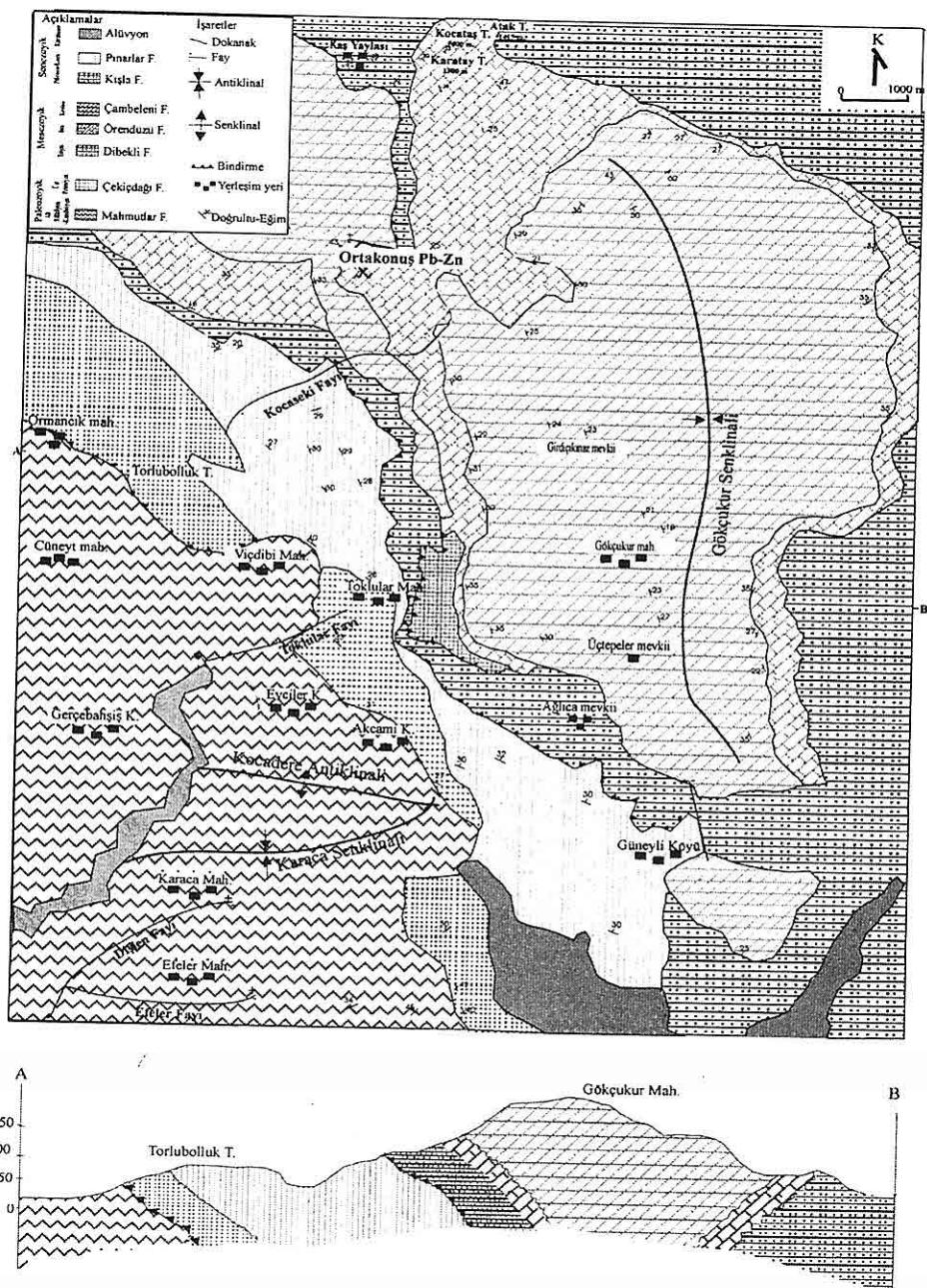
### **2.1.1. Mahmütler Formasyonu**

Çalışma alanının güney ve güneybatısında yüzeylenmektedir. Alanya metamorfikleri olarak da isimlendirilmiş, çeşitli sistlerden oluşan bu birim, alttan üste doğru muskovit+kloritist, kuvars-serisit-kloritist ve kalkistinden oluşmaktadır.

KB-GD doğrultulu, GB eğimli pelitik özellikteki bu kayaçlar, yayvan ve yumuşak bir topografya sunmaktadır. Foliyasyon düzlemleri boyunca iri taneli muskovit gelişimi tipiktir.

### **2.1.2. Çekiçdağı Formasyonu**

Çalışma alanında yaklaşık 100-250 m'ye ulaşan bir kalınlıkta güney ve kuzeybatı yönünde yüzlek vermektedir. Aladağ Birliği'ne ait formasyon, ilk kez Özgül (1976) tarafından isimlendirilmiş olup, bölgede Toklular Mah. kuzeyinde gözlenmiştir. Üst Permiyen yaşı bu birim, kuvarsit, alg'lı kireçtaşısı ve dolomitlerden oluşmuş, kırmızı, kırmızılı kahve renkli kuvarsitlerle başlamakta, yaklaşık 10-15 m. kalınlık sunan bu kuvarsitlerin üzerine gri, açık/koyu gri, boz renkli, çatlaklı, kalsit dolgulu, yer yer çörtlü, ince killi kireçtaşı bantlı, eklemli, orta-kalın tabakalı, bol fosilli kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşlarından oluşturmaktadır. Üstte ise gri, sarımsı gri, kırkı beyaz krem, sarımsı pembe, kırmızılı pembe yer yer çört yumrulu, orta-kalın katmanlı bol fosilli oolitik kireçtaşı gelmektedir. Bölgede, yüzeyleyen diğer formasyonlarla uyumsuzdur.



Şekil 2. Anamur / Ortakonuș alanının jeoloji haritası ve AB Kesiti (Usta 2000 'den güncelleştirilmiştir).

## **ORTAKONUŞ (ANAMUR/MERSİN) KURŞUN-ÇINKO CEVHERLEŞMELERİNİN MİNERALOJİSİ VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

Renkleri, fosillerin bolluğu, oolitik görünümleri, görünüş olarak benzer görünen Örendüzü kireçtaşlarına karşı ayırt edicidir.

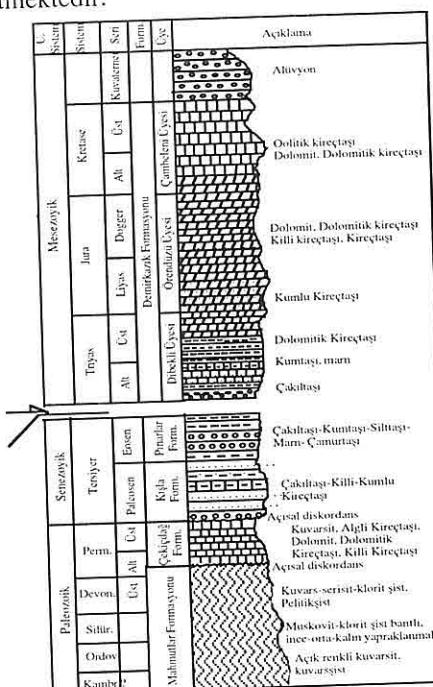
kumlu kireçtaşısı ise şelf ortamlarını ifade etmektedir.

### 2.1.3. Kışla Formasyonu

Paleosen yaşlı bu formasyon ismini Bozyazı'nın KB'sındaki Kışla Mahallesi'nden almıştır. Formasyon, çakıltası seviyesiyle başlayıp, killi-kumlu kireçtaşlarıyla devam etmektedir. Araştırma bölgemizde KB-GD istikametinde başta Vinçdibi Mah. yüzlek vermektedir. Genelde Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı birimlerin sınır alanlarında katmanlaşmışlardır.

#### **2.1.4. Pınarlar Formasyonu**

Eosen yaşı bu formasyon Alanya Birliği'nin en üst kesimi olup, çalışma alanımızda KB-GD doğrultu bir koridor boyunca izlenilir. İsmini bölgemizde bulunan Pınarlar dereden almaktadır. Çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı, killi kireçtaşlarından oluşmaktadır. Üye, Usta (2000), tarafından olistostrom üyesi olarak tanımlanmaktadır. Birim çakıltaşı ve kumtaşı ile başlamaktadır. Bunların üzerine sarı, yeşilimsi gri, sarı, keskin köşeli orta-kalın tabakalı killi kireçtaşları, üzerine sıkı tutturılmış Alanya Napından türemiş tanelerin oluşturduğu çakıltaşları bulunmaktadır. En üstte ise sarı, kahve, kalsit damarlı kireçtaşları ardalanması gelmektedir. Birimde fosil gözlenmemiştir. İyi yuvarlaklaşmamış çakıllardan oluşan seviyeler; yüksek enerjili, karadan beslenmenin yoğun olduğu yamaç ortamlarını, silttaşları; killi-



**Şekil 3.** Çalışma alanının genelleştirilmiş  
düsey stratigrafik dikme kesiti  
(ölçeksiz).

#### 2.1.5. Demirkazık Formasyonu

Çalışma alanında, Alanya birliği üzerine açısal uyumsuzlukla gelen bu seri, tek bir formasyan adı altında Yetiş (1987) tarafından "Demirkazık formasyonu" olarak toplanmıştır. Geç Triyas - Erken Kretase evresinde çökelmiş olan formasyonlar 3 temel üyeye ayrılarak incelenmiştir. Bunlar :

- a) Kit kıritılı, seyrek dolomit, dolomit arkatmanlı kireçtaşı yapılmışlı Dibekli üyesi,
  - b) Dolomitik Örendüzü üyesi,
  - c) Fosilli kireçtaşı yapılmışlı Çambeleni

uyeleridir.

Mesezoyik istif, genellikle karbonat yapılışlıdır.

#### *Dibekli kumtaşı-marn-dolomit Üyesi;*

Demirkazık formasyonunun alt birimi olarak gözlemlediğimiz birim, Permiyen yaşlı Çekiçdağı formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Ortakonuş mevkiinde ise birim Örendüzü üyesi ile tektonik dokanak sunmaktadır. Bölgede özellikle paleotopografik çukurlarda konglomeratik bir seviye ile başlayıp, kumtaşı ve marna geçmekte, istifin daha üst kesiminde ise, dolomit ara katmanlı kireçtaşı hakim bulunmaktadır. Ortalama 22 km<sup>2</sup>'lik bir alanda yayılım göstermekte, yaklaşık 200 - 350 m kalınlık sunmaktadır.

#### *Örendüzü kireçtaşı-dolomit Üyesi;*

Ortakonuş Pb-Zn yataklarının tümü bu formasyon bünyesinde bulunmaktadır. Üye, altta Dibekli, üstte Çambeleni arasında bölgesel ölçekte yaygın yayılmıştır. Dolomitik seviyeler bej, kirli beyaz renkli iken kireçtaşı seviyeleri açık gri rengi ve belirgin katmanlanması ile dikkati çeker. Bölgede sık bir şekilde deformasyon izlerine rastlanılmıştır. İstifin en iyi gözlenebildiği Kaş Dere mevkiinde, tabanda yaklaşık 4 m. kalınlığında gri, sarımsı gri, bej renkli, kumlu kireçtaşı, çamurtaşılı kireçtaşı yapılışlı ayrılmış bir zon ile başlayıp üzerinde yaklaşık 10 m kalınlığında açık kahverengi-gri çatlaklı, kırıkları sparikalsit dolgulu, eklemli, karstik boşluklu, yer yer petrol kokulu, ince-orta-

kalın tabakalı, dolomit- dolomitik kireçtaşları, birimin en üst seviyelerinde ise gri, sarımsı gri, bej-kül renkli, nispeten som görünüşlü dolomitik kireçtaşları gelmektedir (Anıl, M., ve Yıldırım, M., 1984). Dolomitik Örendüzü formasyonundan alınan örneklerin kimyasal analizlerinde CaO değerinin % 23.00-54.00 arasında ve MgO değerinin % 1.16-20.00 arasında değiştiği, MgCO<sub>3</sub> değerinin % 2-42 aralığında bulunduğu tespit edilmiştir (Çizelge 1).

**Çizelge I.** Ortakonuş Pb-Zn cevherleşmelerinin içinde bulunduğu kireçtaşı vedolomitik kireçtaşları içindeki MgCO<sub>3</sub> içerikleri.

Örn. No	Lokasyon	MgCO <sub>3</sub> (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)
N1	Karaatay T.	4.20	93.5
N2	Ortakonuş B.	9.75	46.3
N3	1 No'lu ocak	39.225	57.93
N4	2 No'lu ocak	24.48	65.01
N5	5 No'lu ocak	41.84	44.6
N6	5 No'lu ocak	28.72	41.04
N7	3 No'lu ocak	2.12	96.39
N8	4 No'lu ocak	2.43	87.4
N9	Kaş dere	10.50	48.19
N10	Kaşdere	7.63	80.307

Karbonatlardan yapılan ince kesitlerin incelenmesi sonucu kireçtaşlarının özellikle cevher bölgelerinde dolomitleştiği gözlenmiştir. Bölgede Pb-Zn yataklarının bulunduğu Ortakonuş mevkiinde formasyon, koyu mavi/bej/gri renkli, orta/kalın katmanlı, bitümlü, iri kristalli, makro fosilli dolomit/kireçtaşı ardalanması ile başlamaktadır. Bu

## ORTAKONUŞ (ANAMUR/MERSİN) KURŞUN-ÇINKO CEVHERLEŞMELERİNİN MİNERALOJİSİ VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

bölgeden derlenen örnekler mikroskop altında, oolitli, pelletli, intraklastlı biyomikrit, biyosparit, dolosparit olduğu görülmektedir.

Usta (2000), bu formasyonda bulunan, *Globigerina* sp., *Orbitopselle* sp., *Valvulina* sp., *Haurania* sp., *Mesoendothyra* sp., *Textularia* sp., *Nummoloculina* sp., *Lituosepta* sp., *Valvulammina* sp., *Trocholina* sp., *Cuneolina* sp., *Neotrocholina* sp., *Pseudocyclammina* sp., *Valvulina* sp., *Dicyclina* sp., *Orbitoides* sp. formlarını dikkate alarak Liyas'tan Maestrihiyen'e kadar yaş vermiştir.

### *Çambeleni oolitik kireçtaşı-dolomit-dolomitik kireçtaşı Üyesi*

Yüksel (1985) tarafından Çambeleni üyesi olarak incelenmiştir. Bej, krem renkli çatlaklı, kalsit dolgulu, eklemli, karstik boşluklu, oolitli, bol fosilli ortakalın tabakalı kireçtaşısı - dolomitik kireçtaşısı ile başlar, üzerine gri, sarımsı gri, siyahımsı gri, kirli beyaz, bej renkli, kalsit dolgulu, belirsiz tabakalanmalı, yer yer som görünüşlü, kumlu dolomitler gelir. Bitümlü ve dağılıgan olan bu dolomitlerde bazı seviyelerde kuvarsitik dolomit görünümü mevcuttur.

Bünyesinde miliolid, ostrakod, foraminifer kapsayan, biyomikrit-biyopelmicrit olağandır. Buna göre formasyon Kretase evresinde yer yer değişkenlik gösteren enerji şartları altında gel-git altı ortamı temsil etmektedir (Yetiş, 1991).

### 2.1.6. Alüvyon

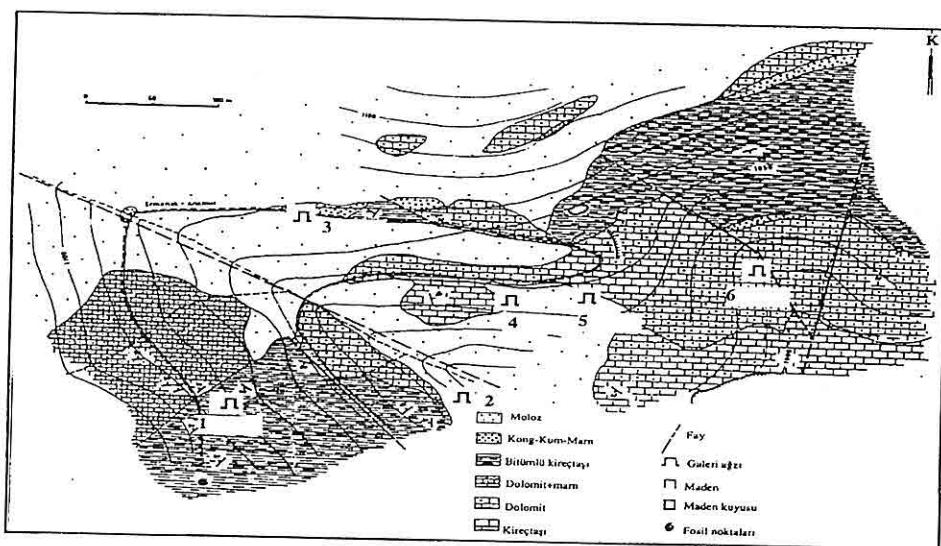
Akarsu dere yataklarında genelde az tutturılmış blok, çakıl, kum, silt ve çamurdan yapıldır.

## 3. ORTAKONUŞ Pb-Zn CEVHERLEŞMELERİ

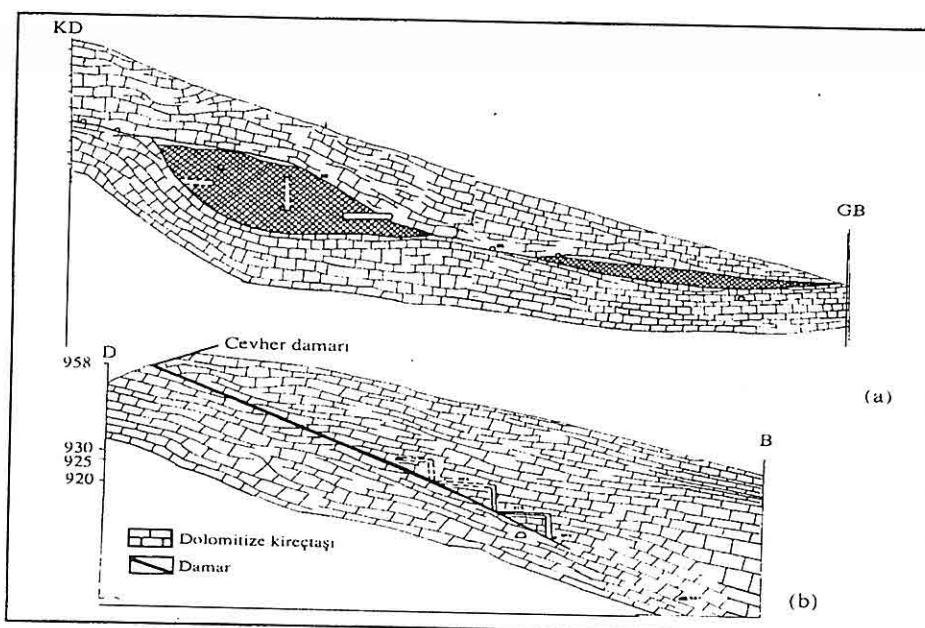
### 3.1. Cevherin Jeolojik Konumu

Ortakonuş Pb-Zn cevherleri, Anamur-Ermenek yolu üzerinde, Örendüzü karbonatları içerisinde yer almaktadır (Şekil 4). Bu cevherleşmeler, yataklanma şekli ve zamanı birbirlerinden farklı, fakat jenetik yönden birbirleri ile ilişkili olup, oldukça düzensiz bir şekilde iki farklı yataklanma ile kendini göstermektedir.

Bunlardan biri kireçtaşları içerisinde mercekler şeklindeki kireçtaşları içindedir. Bu mercekler yanal devamlılığa kısmen sahip ve sıralanmışları dolomitik kireçtaşının tabakalanışına kısmen paraleldir. Bulundukları formasyonun gözeneklilik özelliklerinden ve erime kabiliyetlerinden dolayı meydana gelen boşluklara metal iyonlarının yerlesip yataklanma oluşturmaları ile meydana gelmişlerdir. (3,4,5,6 no'lu ocak). Diğer bir cevherleşme şekli ise damarlardır (Şekil 5). Damarlar yerleşme bölgesinde gözlenen küçük ölçekli faylarla paralel olup, KD istikametinde ve 30-50° ekonomik değeri olanlar), fayların oluşturduğu makaslama zonlarında bulunmaktadır (1,2 nolu ocak). Bu cevherli makaslama zonları doğudaki Kretase formasyonlarının, Alpin kıvrımlanma eksenlerine paralel bulunmaktadır. Bunun sonucunda cevherleşme, muhtemelen düşük sıcaklıklı hidrotermal eriyiklerin kireçtaşlarının



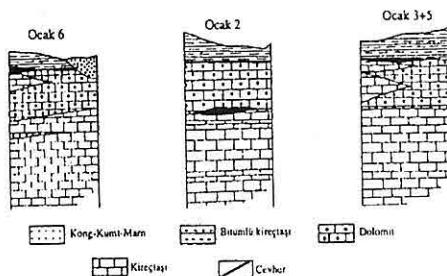
**Şekil 4.** Ortakonuş Pb-Zn cevherleşmelerinin jeolojik harita üzerinde konumları (Blümel 1965).



**Şekil 5.** Ortakonuş Pb-Zn yataklarının adese ve filon türü yataklanma (Stratabound) şekilleri (ölçeksız) a) Merceksi b) Damar tipi (Blümel, 1965).

kısmen metazomatik değiştirmesi ve kısmende kendine uygun bir yer teşkil eden çatlak, fay ve makaslama zonlarını doldurması ile oluşmuştur. Yayılma, yaklaşık 2 km uzunluğunda 500-700 m genişliğinde ve D-B istikametindedir. M.T.A. bünyesinde 1935-85 yılları arasında yapılan çalışmalar sonucu bu ocaklardaki en büyük rezervi (yaklaşık 15.000 ton) en fazla oksitli cevher içeren 2 ve 5 no'lu ocak vermiştir (Şekil 6; Levha 1, Şekil 1-2).

Bünyelerinde bulundukları kireçtaşları orta-koyu renkte genelde düzenli tabakalıdır. Dolomitler ise, yer yer şekerimsi dokuda gözlenilmiş olup, genelde bitüm içermektedir.



**Şekil 6.** 6,2,5 No'lu ocaktan alınmış dikme kesitler (ölçeksiz).

### 3.2. Mineral Parjenezi

Galenit, sfalerit birincil cevher mineralidir. Parajenez, birincil mineral bakımından oldukça kısır olup, dönüşüm mineralleri bakımından zengindir. Başlıca sülfidli mineraller; galenit + sfalerit + az miktarda pirit + markazit + az miktarda kovellin görülür. Oksitli ve karbonatlı mineral dönüşüm ürünü olarak başlıca

smitonit + serütit + anglezit + hidrozinkit + limonit + flumbo jarosit + götit + lepidokrodit + az miktarda da psilomelan görülmektedir. Sülfatlardan barit, gang minerali olarak ankerit, siderit, kalsit tespit edilmiştir.

#### *Galenit /Anglezit/Serütit;*

Beyazımsı, grimsi, yarı ve özçekilsiz kristaller halinde sıkça sfaleritlerle beraberliği mevcuttur. Galenin piritlerle ilişkileri fazlaca belirgin değildir, daha çok piritin dönüşüm ürünü olarak markazitle birlikte bulunmaktadır. Damar tipi cevher örneklerinde üçgen şekilli kırılım boşlukları ve plastik deformasyonlar oldukça fazladır (Levhा 1, Şekil 3). Gözlenilen kama (üçgen) şekillerin varlığı Ramdohr (1980)'a göre yüksek sıcaklığı ifade etmektedir. Özellikle bu özelliğin damar tipi cevherleşmelerde mevcut olması, oluşum sıcaklıklarının diğer tip yataklanmaya göre daha fazla olduğunu kanıtlamaktadır. Merkeksi yataklanmalarda ise galenitin, yarıklarda, intergranürlerde ve çatlaklarda dönüşüm ürünleri, anglezit ve serütin yaygınlığı çoğu zaman galenin relikt olarak kalmasına sebeb olmuştur. Dönüşüm ürünleri daha çok (111) dilinimleri boyunca konsantrik kabuğumsu, böbreğimsi şekillerde gözlenilmekte olup, merkezden dışarıya doğrudur. Anglezit izotropisiyle, serütit anizotropisiyle jel dokulu görünümüyle belirgindir (Levhा 1, Şekil 4).

*Sfalerit/Smitsonit;*

Sfalerit gözlenilen en yaygın primer minerallerden biri olup, grimsi, kahverengi tonlarında, çoğu zaman smitsonitleşmiş olarak gözlenmiştir (Levha 1, Şekil 5). Yer yer radyal, işinsal, jel dokulu ve kolloform olarak izlenebilmektedir. Smitsonitleşme, kenarlar, dilinimler boyunca gerçekleşmiştir. Fe'ce fakirdirler ve iç yansımaları beyaz-sarımsı renk tonlarındadır. Bünyelerindeki Fe içeriği oluşum sırasında kükürt basıncı ile kontrol edilmektedir ve buna göre basınç yükseldikçe Fe'rin taşınması kolaylaşmaktadır.

Sfalerit bünyesinde kalkopirit exsolusyonlarına rastlanılmamıştır. Mekanik zorlanma sonucu sert reaksiyon gösteren sfalerit gevrek şekillerde kırılmış daha çok mozayik dokusu göstermiştir. Damar tipi cevher örneklerinde kataklastik doku oldukça yaygındır.

*Pirit/Markazit;*

Öz, yarıöz ve özeksiksiz taneler halinde yer yer süngerimsi, özellikle serüzit + aglezit içerisinde en fazla 300 m'a varan boyutlarda ve oldukça az miktarda bulunmaktadır. Blümel (1965), yaptığı çalışmalarda gözlemlediği tek tek pirit kristallerinden oluşan 150-200 m büyüklüğündeki oluşumlara "cevherleşmiş bakteriler" terimini kullanmıştır. Bazın böyle küçük kürecikler daha büyük yapıllara bürünen bu pirit framboïdlerine bol miktarda rastlanılmıştır. Piritlerin dönüşüm ürünü olan markazit minerali, tüm kesitlerde gözlenmiştir. Markazitler

kuvvetli anizotropisi ve mavimsi iç yansımılarıyla, mızrak biçiminde veya (001)-(010) yüzeyleri gözlenen, özsekilli olarak 250-300 m uzunlukta, 75-80 m genişlikte olup, kataklazma göstermektedirler (Levha 1, Şekil 6; Levha 2, Şekil 1). Ramdohr (1980)'e göre markazit, özellikle kükürtlü dairesel akış sonucu bazı yatak sahalarında oksitlenme süreci içindeki bozuşmaya bağlı olarak ortaya çıkmaktadır.

*Hidrozinkit;*

Karbeyaz renkleri ile dikkati çeken ve böbreğimsi görünümde olan hidrozinkitler, smitsonitlerin kovuklarında dolgu halinde, smitsonit ile ritmik olarak veya diğer cevherleri kabuk şeklinde sarılmış olarak bulunmaktadır. Hidrozinkit, nötüre yakın Eh ve pH değerlerine sahip ortamlarda kararlı olup, asitli çözeltilerle çözünen sfaleritlerin açığa çıkan Zn iyonlarının oksidasyon zonu ortamlarında seyrelerek asitliğini kaybetmesi ve okside olarak çökelmesiyle oluşmaktadır.

*Flumbo Jarosit;*

Tüm kesitlerde, götitlişme ve limonitleşmeye eşlik etmektedir. Kırmızı rengiyle ayırtman olup, konsantrik olarak bazı kesitlerde ise, işinsallığı ile belirgindir. Oldukça belirgin bir içyansıma sunmaktadır (Levha 2, Şekil 2).

*Götit;*

Çatlak dolusu şeklinde, piritin dönüşüm ürünü olarak gözlenmektedir (Levha 2, Şekil 3).

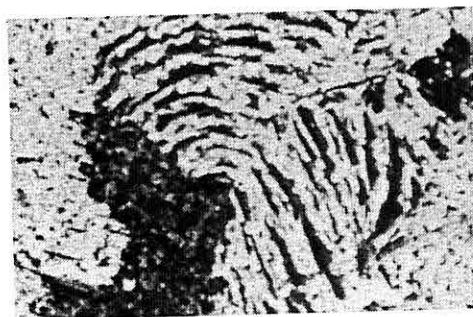
LEVHA 1



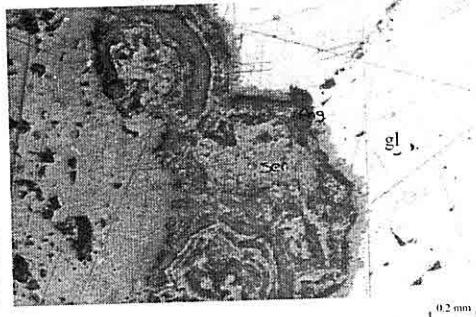
Şekil 1. Cevher üretimi durdurulmuş olan Pb-Zn cevher ocağı (ölçeksiz).



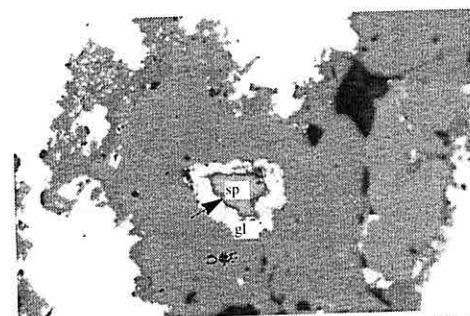
Şekil 2. 6 no'lu cevher bölgesi (ölçeksiz).



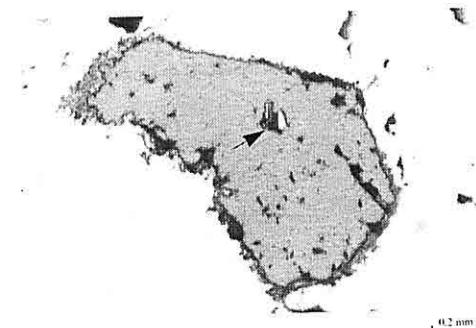
Şekil 3. Plastik deformasyon sonucu galenitte gözlenilen kıvrılmış kama şeklinde kirilim boşlukları. Parlak kesit, IIN, no:18, kuru ortam.



Şekil 4. Beyazımsı-gri renkli galenit (gl) kenar ve çatlaklar boyunca serütit ve anglezite dönüşmüştür. Parlak kesit, IIN+Kesit No :19, kuru ortam.



Şekil 5. Mavimsi bir yansıtma sunan bozuşmamış sfalerit (sp) ve kenar zonlarında kısmen serütüleşmiş galen (gl). IIN+Kesit No: 38, kuru ortam.



Şekil 6. Piritin dönüşüm ürünü olarak sfalerit bünyesinde gözlenilen markazit kapanımı.IIN+Kesit No: 33, kuru ortam.

**Lepidokrozit:**

Özellikle götit ile beraber bulunan bu mineral, yüksek anizotropisi ile, beyaz ve açık rengiyle belirgindir. Kırmızıya yakın hafif bir iç yansması mevcuttur.

**Barit:**

Özellikle stratigrafik seviyeleri takip ederek yan kayaca uygun olarak yerleşmiş cevherleşmelerden alınmış örneklerde büyük latalar şeklinde gözlenilen barit kristalleri oldukça belirgin anizotropiye sahiptir (Levhə 2, Şəkil 4).

**Ankerit:**

Kahverengimsi-kırmızımsı iç yansımısi belirgin olup, zonlu yapı sunmaktadır. Gang minerali olarak tüm kesitlerde mevcuttur (Levhə 2, Şəkil 5).

**Mangan:**

Detritik olarak keçemsi görünümüyle ayırtmandır. Çoğu zaman amorf ve koyu renklidir. Çatlak ve boşluk dolgusu şeklinde, kuvvetli, beyaz-gri tonlarda anizotropi sunmaktadır (Levhə 2,Şəkil 6).

**3.3. Jeokimyasal İncelemeler**

İnceleme alanında derlenen yankayaç ve cevherli örnekler üzerinde Pb-Zn cevherleşmesinin kökeninin tespiti için metamorfik ve karbonatlı kayaçlar bünyesinde Pb, Zn, Fe ve cevherler içerisinde ise, toplam 41 element araştırılmıştır. Temeli oluşturan metamorfiklerden yapılan kimyasal bulgular Pb-Zn konsantrasyonları normal sınırlar içerisinde gözlenmektedir. Yankayaç analiz sonuçlarında da yine

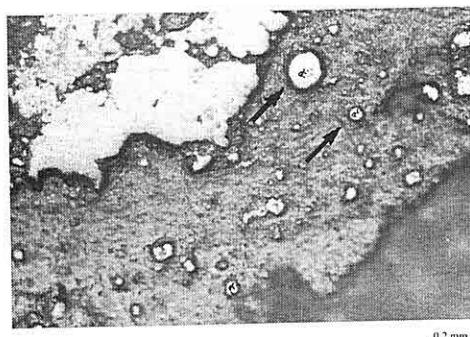
herhangi bir anomalisi rastlanılmamıştır (Çizelge 2).

12 cevher örneği, ACME Analytical Laboratories KANADA'da ICP/MS yöntemiyle analiz yaptırılmıştır (Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Bi, Ag, Ba, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, Tl, U, V, W, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ha, Er, Tm, Yb, Lu) (Çizelge 3 ve 4). Mercek ve damar tipi cevherden alınan örneklerin Pb-Zn sonuçları ortalama %26 Pb - % 22 Zn (mercek tipi) ; % 19 Pb-%18 Zn (damar tipi) olarak tespit edilmiştir.

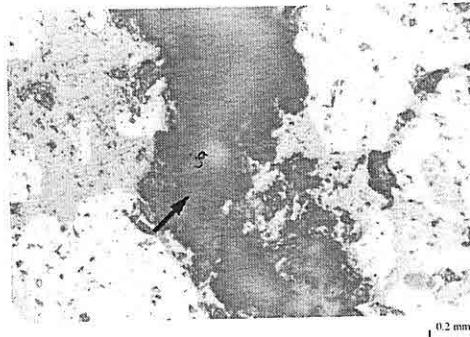
**Nikel:** Genelde ofiyolitik kayaçların bünyesinde gözlenilen Ni, bölgemizde ortalama 13.3 ppm'lik düşük bir değer sunmaktadır. Magmatik orijinli yataklanmalarda özellikle piritlerin bünyesinde bulunan Ni bu tür yataklarda 10.000 ppm'e varan değerler sunarken, sedimanter piritlerde 200 ppm olan Ni, bölgemizdeki oluşum sıcaklığının düşük olduğunu göstermektedir.

**Gümüş :** Galenitlerin bünyesinde bulunan Ag, bölgemizde ortalama 86.3 ppm'dir.

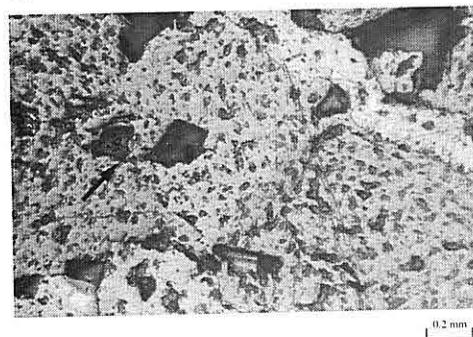
**Bakır:** Ortakonuş Pb-Zn yataklarında sfaleritler bünyesinde Cu, 35 ppm'lik bir oran sunmaktadır. Bu element, ülkemizde karbonatlı kayaçlar içerisinde yer alan ve asidik intrüzyonlarla yakın ilgisi bulunmayan yataklanmalarda, 20-500 ppm aralığında değerler sunmaktadır. Hidrotermal yataklarda ise, 700 ppm'e kadar yükselmektedir. Yüksek sıcaklıktaki çözeltiler içinde yer alan Cu, çözeltilerin soğumasıyla birlikte sfaleritler içinde katı kalkopirit kapanımları şeklinde kristalleştiğinden sfaleritin oluşum



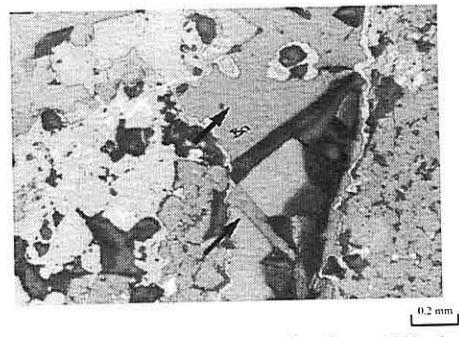
Şekil 1. Küresel pirit framboidleri. Parlak kesit, IIN+ Kesit No: 45, kuru ortam.



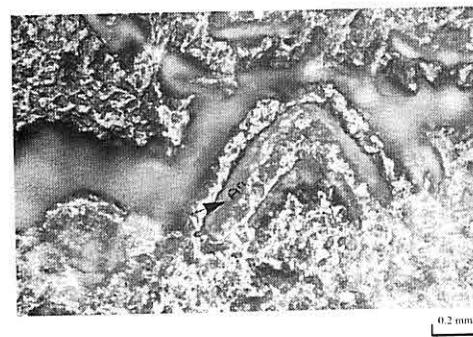
Şekil 2. Çatlak dolgusu olarak gözlenen flumbo jarosit. Parlak kesit, IIN+ Kesit No: 45, kuru ortam.



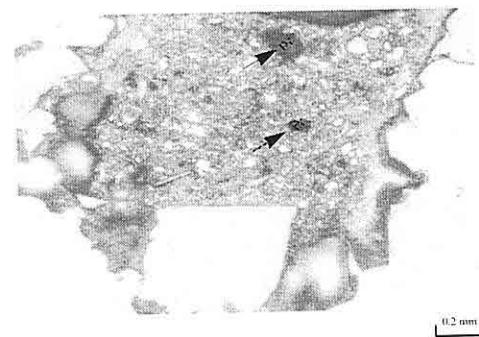
Şekil 3. Piritin dönüşüm ürünü olarak  
gözlenen götit. Parlak kesit, IIN+ Kesit  
No: 45, kuru ortam.



Şekil 4. Gri renkte, uzun latalar şeklinde  
gözlenen barit. Parlak kesit, IIN+ Kesit  
No: 58, kuru ortam.



Şekil 5. Zonlu ankeritler. Parlak kesit,  
IIN+ Kesit No: 33, kuru ortam.



Şekil 6. Koyu rengiyle belirgin boşluk  
dolgusu mangan. Parlak kesit, IIN+ Kesit  
No: 55, kuru ortam.

**Çizelge 2.** Anakayaç olan Örendüzü kireçtaşı- dolomitik kireçtaşı üyesinden alınan 10 örnek üzerinde yapılmış kimyasal analiz sonuçları (%).

	Zn	Pb	Cu	Fe	SiO <sub>2</sub>	Na	K	CaO	MgO
1	0.02	-	-	0.19	0.20	0.87	0.05	52.40	2.01
2	0.015	-	-	0.97	22.37	1.13	0.62	25.95	4.66
3	0.02	-	-	0.16	0.62	0.50	0.11	32.46	18.75
4	0.51	0.2	-	5.11	0.57	0.83	0.16	36.43	11.70
5	0.32	0.15	-	0.50	0.45	1.3	0.60	25.00	20.00
6	0.05	0.4	-	3.50	0.53	0.75	0.52	49.00	1.16
7	0.7	-	-	0.15	0.20	0.83	0.62	54.00	1.26
8	0.45	-	-	0.95	21.5	1.02	0.56	27.00	5.02
9	0.03	-	-	0.15	0.65	0.45	0.15	45.00	3.65
10	0.02	-	-	0.85	21.35	1.00	0.65	23.00	13.73

sıcaklığı ile Cu değeri arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. Biga yarımadası Yenice-Arapuçuradere Pb-Zn cevherleşmelerinde Mezotermal karakterli filon tipi yataklar içindeki sfaleritler ortalama 4000 ppm'lik Cu tenörü (Anıl, 1992); nispeten yüksek sıcaklık ürünü Horzum (Kozan-Adana) Pb-Zn yataklarındaki sfaleritlerde 1204 ppm'lik Cu konsantrasyonu (Temur, 1996); buna karşılık düşük sıcaklıkta oluşan Serguza (Irak) yataklarındaki ortalama 850 ppm'lik Cu tenörü (Al-Bassam ve diğ., 1982) bulunmaktadır.

**Arsenik :** Pirit oluşumunda sıcaklık artışı ile azalma gösteren As değerleri, Mississipi tipi yataklarda piritlerde 10 ile 15.000 ppm arasında değişmektedir (Mercer, 1976). Bu aralığın oldukça geniş olması piritlerin oluşum sıcaklıklarının belirlenmesinde iyi bir kriter olmamaktadır. Türkiye'deki masif

sülfit yataklarındaki pirit kristali içerisinde bu oran, 755 ppm dolaylarında (Güleç ve Erler, 1983), Horzum-Kozan Pb-Zn yataklarında 51 ppm, diyajenetik piritlerde ortalama 47 ppm (Raiswell ve Plant., 1980) bulunmakta olup, bölgemizde ise As konsantrasyonu ortalama 130 ppm olarak tespit edilmiştir.

**Baryum :** Ba, bölgemizde 12 örnek içinde 30-1200 ppm aralığında değer sunmaktadır.

**Antimuan :** Ortakonus piritleri içindeki Sb konsantrasyonu çok farklı sonuçlar vermiştir. Ortalama 15 ppm'lik değer sunmaktadır. Diyajenetik piritlerde 16 ppm (Raiswell ve Plant, 1980), sedimanter piritlerde 10 ppm'in altında, hidrotermal piritlerde 4070 ppm (Ayhan ve diğ., 1992), Horzum (Kozan-Adana), 1268 ppm (Temur, 1996), Bolkardağ'ı 7420 ppm'e kadar Sb konsantrasyonu çıkmaktadır (Temur, 1992).

*ORTAKONUŞ (ANAMUR/MERSİN) KURŞUN-ÇINKO CEVHERLEŞMELERİNİN  
MINERALOJİSİ VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ*

**Çizelge 3.** Ortakonuş cevherli numuneler üzerinde yapılan kimyasal analiz sonuçları.

Örnek	Pb (%)	Zn (%)	Mo (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	As (ppm)	Cd (ppm)	Sb (ppm)	Bi (ppm)	Ag (ppm)
S1	23	28	193	51	32	49	1375.9	<.5	1.1	170.8
S2	24	25	1	2	6	187	99.5	136.7	<.5	3.4
S3	23	18	3	5.2	8	448	102.05	5.2	<.5	5.4
S4	23	3	6	76	2	43	22.7	7.4	<.5	93.0
S5	23	5	22	31	6	52	44.5	7.1	1.5	93.0
S6	25	28	4	6	23	457	1207.0	<.5	2.2	42.6
S7	25	6	24	36	6	53	44.6	6.7	<.5	95.0
S8	24	6	23	34	6	50	44.0	6.3	<.5	94.0
S9	21	10	25	68	7	47	1205.0	<.5	<.5	53.0
S10	26	30	3	36	28	45	1285.0	3.2	<.5	145.0
S11	22	12	125	45	31	51	1274.6	<..5	1	154
S12	25	5	21	35	5	51	43.5	5.4	<.5	87.0
Ort	24	15	38	35	13	128	562.36	15	0.75	86
Std.S.	1.6	10	57	22	11	150	599.4	36.8	0.56	52

**Çizelge 4.** Ortakonuş Pb-Zn cevherleşmelerinden alınan 12 numune üzerinde yapılan jeokimyasal iz element analiz sonuçları (ppm) (ACME/Kanada)

	Ba	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta
197	2.2	0.2	2.4	<0.5	<0.5	1.6	>1	263.4	>0.1	
30	0.9	0.2	1.0	1.0	<0.5	1.8	2	26.3	<0.1	
42	0.7	0.1	0.4	<0.5	<0.5	0.7	<1	220.1	<0.1	
52	0.8	0.1	0.6	<0.5	<0.5	0.9	<1	208.1	<0.1	
1130	7.2	1.3	1.7	<0.5	1.3	10.1	<1	51.5	0.1	
247	<0.5	0.2	1.1	<0.5	<0.5	0.9	<1	446.3	<0.1	
235	0.6	0.2	1.3	<0.5	<0.5	0.5	<1	250.0	<0.1	
192	1.9	1	0.8	<0.5	1.1	1.5	<1	210.2	<0.1	
63	0.6	0.1	0.5	<0.5	<0.5	0.7	<1	230.0	<0.1	
1020	5.5	1.2	1.1	<0.5	1.2	9.5	<1	62.0	0.2	
220	<0.5	0.1	1.5	<0.5	1.1	9.4	<1	235.0	<0.1	
950	6.5	1.2	1.7	<0.5	1.2	8.5	<1	435.0	<0.1	
Ort	365	2.3	0.5	1.2	0.5	0.7	3.8	0.8	220	0.2
Std.S.	395	2.4	0.5	0.6	0.2	0.4	3.9	0.4	126	0.3

Çizelge 4'ün devamı

	<b>Th</b>	<b>Tl</b>	<b>U</b>	<b>V</b>	<b>W</b>	<b>Zr</b>	<b>Y</b>	<b>La</b>	<b>Ce</b>			
	0.1	0.1	1.0	8	1	2.7	0.5	0.5	0.7			
	<0.1	0.1	0.8	9	<1	2.4	0.2	<0.5	0.5			
	0.1	<0.1	2.5	29	<1	2.1	0.1	<0.5	0.5			
	1.4	0.5	0.8	22	<1	11.4	2.6	3.0	4.5			
	0.7	0.1	3.3	145	<1	2.1	0.8	2.2	4.9			
	0.6	0.4	2.2	28	<1	2.3	0.6	2.7	4.3			
	0.5	0.4	2.1	35	<1	2.4	1.5	2.6	4.1			
	0.2	0.4	3.1	27	<1	2.6	0.4	2.5	0.6			
	0.5	0.2	3.4	85	<1	3.5	0.4	3.1	4.1			
	<0.1	0.3	2.7	92	<1	2.8	0.6	<0.5	3.2			
	0.5	0.1	0.9	110	<1	3.2	2.7	1.2	4.2			
	1.2	0.4	3.1	132	<1	2.4	2.3	2.6	4.9			
Ort	0.5	0.3	2.2	60	0.8	3.3	1.1	1.7	3			
Std.S.	0.4	0.2	1	47	0.1	2.5	0.9	1.2	1.8			
	<b>Pr</b>	<b>Nd</b>	<b>Sm</b>	<b>Eu</b>	<b>Gd</b>	<b>Tb</b>	<b>Dy</b>	<b>Ho</b>	<b>Er</b>	<b>Tm</b>	<b>Yb</b>	<b>Lu</b>
	0.11	<0.4	<.1	<.05	.16	.01	.12	<.05	<.05	<.05	<.05	<.01
	0.08	<0.4	<.1	<.05	.09	<.01	.07	<.05	<.05	<.05	<.05	<.01
	0.15	<0.4	<.1	<.05	.5	<.01	<.05	.21	<.05	.25	.05	<.01
	0.11	<.0.4	<.1	<.05	<.05	<.01	<.05	<.05	<.05	<.05	<.05	<.01
	0.72	3.3	0.6	.06	.60	.09	.49	.12	.35	<.05	.33	.04
	0.55	1.6	0.2	<.05	.31	.05	.16	<.05	.06	<.05	<.05	.01
	0.45	<0.5	0.1	<.05	.23	.05	.06	<.05	.06	>0.1	<.05	<.01
	0.12	<0.4	0.5	<.05	.07	.04	.05	<.05	<.05	.20	.25	<.01
	0.70	2.5	0.5	.06	.5	.05	<.05	<.05	<.05	<.05	<.05	<.01
	0.10	<.4	<.1	<.05	<.05	<.01	<.05	<.05	<.05	<.05	<.05	<.01
	0.07	<.4	<.1	<.05	.05	<.01	.06	<.05	<.05	<.05	<.05	<.01
	0.15	2.3	0.5	<.05	.07	<.01	.49	.10	.30	<.05	<.05	0.02
Ort	0.28	1	0.2	<.05	0.25	0.023	0.1	0.07	0.07	0.1	0.1	0.014
Std S.	0.24	1.1	0.2	0.01	0.2	0.01	0.2	0.05	0.05	0.1	0.1	0.01

**Demir:** Çalışılan alandan derlenen sfalerit örneklerindeki Fe içerikleri %0.03-1.45 aralığında oldukça düşük değerler sunmaktadır. Illinois Kentucky'de 20900 ppm, Batı Kanada da 23000 ppm, Macaristan Nagybörzönsy hidrotermal cevher yataklarından alınan örneklerin elektronprob ile yapılan analizlerinin sonuçlarına göre sfalerit içerisindeki Fe dağılımı %10'un üzerindedir (Panto,1972).

Demir, daha çok sfalerit bünyesinde gözlenilen ve artışıyla oluşum sıcaklığının ani artışlara neden olabileceği bir elementtir. Atomik yerdeğiştirmeler iyonik

çap ve oluşum sıcaklığı ile yakından ilişkilidir. Demirin sfalerit bünyesinde doygunluğu erişmesi oluşum sıcaklığının yüksekliğini ifade etmektedir.

**Kadmium :** Sfaleritlere bağlı olarak ortaya çıkan diğer bir elemen Cd, ortalama 710 ppm'lik bir değer sunmaktadır. Cd ( $R^{+2}=0.97 \text{ \AA}^{\circ}$ ), sfaleritin  $Zn^{+2}$  ( $R^{+2}=0.74 \text{ \AA}^{\circ}$ ) yerine geçerek sübsitusyon oluşturabilmektedir. Bu iki katyon arasındaki yerdeğiştirme hem iyon yarıçaplarının birbirine yakın ve hem de elektrik yüklerinin eşit olmasından kaynaklanmıştır. Sfalerit kristalleri içindeki Cd değerinin artışı ve azalışı Zn

## ORTAKONUŞ (ANAMUR/MERSİN) KURŞUN-ÇINKO CEVHERLEŞMELERİNİN MINERALOJİSİ VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

miktarına bağlı olarak değişmektedir. Herhangi bir plütonla yakın bir ilişkisi olmayan ve karbonatlı kayaçlar bünyesinde görülen Pb-Zn yataklarındaki Cd konsantrasyonu 100-1000 ppm arasında değer sunmaktadır (Aslaner, 1977).

**Kobalt:** Bu tür cevherleşmelerde daha çok pirite bağlı bir element olan Co,< 0.5-7.2 ppm aralığındadır. Oluşum sıcaklıkları ile doğru orantılı olarak gelişmektedir (Temur, 1992). Missisipi tipi ve stratabound tipi yataklarda piritlerin 20-10 000 ppm arasında Co içerikleri bilinmektedir. Özellikle piritlerin oluşum sıcaklıklarının hakkında bilgi veren Co/Ni oranı diyajenetik piritlerde 0.2'den düşük, karbonatlı kayaçlarda bulunan ve plütonik kayaçlarla görünür bir bağlantısı bulunmayan yataklarda bu oran 0.1 ile 1.5 arasında değişmektedir.

### 4. KÖKENSEL YORUM VE SONUÇLAR

Çalışma alanımızın batı kısımlarında Gazipaşa bölgesinde incelemelerde bulunan Ayhan (1978), Çopuroğlu (1996), gerek arazi çalışmalarında gerek mikroprop analiz sonuçlarında bölge cevherleşmesini sinsedimanter olduğunu vurgulamıştır. Herhangi bir magmatik faaliyete rastlanmayan bölgede cevher, Örendüzü karbonatlarının içerisinde, iki farklı yerleşim modeli sunmaktadır. Bunlardan biri kireçtaşları içerisindeki mercek şeklindeki yataklamalardır. Bulundukları formasyonun gözeneklilik özelliklerinden ve erime kabiliyetlerinden dolayı meydana gelen boşluklara metal iyonlarının gelip yerleşmesi ile oluşmuşlardır. Diğer bir yerleşme şekli ise damarlardır. Genelde küçük ölçekli faylara

paralel olup muhtemelen düşük sıcaklıklı eriyiklerin çatlak, fay ve makaslama zonlarını doldurması ile oluşmuştur. Karbonatlar bünyesinde damar ve mercekler şeklinde yataklanmış cevher, anakayaç içinde ön konsantrasyon halinde olan elementlerin remobilizasyonu sonucu oluşmuştur. Her iki tipi cevher tiplerinden alınan örneklerin Pb-Zn sonuçları ortalama %26 Pb - % 22 Zn (mercek tipi) ; % 19 Pb-%18 Zn (damar tipi) olarak tespit edilmiştir.

Jeokimyasal bulgular sonucu, Ni-13.3 ppm; Ag-8.63 ppm; Cu-35 ppm; As-130 ppm; Ba-364.8 ppm; Sb-14.96 ppm; Fe-%0.03-1.45; Cd-710 ppm; Co- 0.5-7.2 ppm aralığında bulunmuştur. Cevherli numunelerden yapılan 50 adet parlak kesit incelenmiş, birincil mineralerin; galenit, sfalerit, pirit, ikincil mineralerin ise; markazit, smitsonit, serüvit, anglezit, hidrozinkit, limonit, flumbo jarosit, götit, lepidokrodit, az miktarda psilomelan; baritten olduğu tespit edilmiştir. Özellikle majör mineral konsantrasyonunun oldukça fakir, dönüşüm mineralerinin ise, fazla olduğu görülmektedir.

Elde edilen verilerle, cevherleşme sürecinde remobilizasyonun önemli rol oynadığı ve cevher depolanmasının daha çok karbonatların bünyesindeki süreksizlik zonlarına giren çözeltilerle olduğu ve daha çok stratabound özellikler taşıdığı söylenebilir.

### 5. KAYNAKLAR

- Al-Bassam,K.S., Hak, J., ve Watkinson, D.H., 1982. Contribution to origine of the Serguza lead-zinc-pyrite deposits, Northen Iraq: Mineralium deposita, 17, 133-149.  
Anıl, M., ve Yıldırım, M., 1984.

- Ortakonus Kurşun-Çinko Madeninin yeraldığı Aladağ Birliğinin Petrografik ve jeokimyasal İncelemesi, Madencilik dergisi, 3, 15-19.*
- Anıl, M., (1992), *Engizek Baritli-Kurşun-Çinko Yataklarının Jeolojik, Metalojenik ve Ekonomik İncelemesi* Tübitak Raporu YBAG-005.
- Aslaner, M., 1977. *Türkiye Bakır-Çinko-Kurşun Yataklarının Jeolojisi ve Bölgesel Sintflamasıyla Plaka Tektoniği yönünden İncelenmesi. K.T.Ü. yayınları, No:85, 70s.*
- Ayhan, A., 1978. *Aladağ Yöresi Karbonatlı Pb-Zn Yataklarının Kökeni, TJK Bülteni, 26, 2, 103-116.*
- Ayhan, A., Küpeli, Ş. ve Amstutz, G.G., 1992, *Attepe (Feke-Adana) demir yatağının bitişigindeki pirit oluşumları; MTA derg., 114, 85-94.*
- Blümel, R., 1965. *Die Blei-Zinklagerstaette von Anamur (Türkei) und ihr geologischer Rahmen, vorgelegt von Geog Friedrich Blümel aus Dachau (Doktora tezi).*
- Çopuroğlu, İ., 1996. *Karalar-Gazipaşa (Antalya) Galenit - Barit Yatağının Mineralojik- Petrografik ve Jenetik İncelenmesi, MTA derg. 118.*
- Güleç, N., ve Erler, A., 1983. *Masif sülfit yataklarındaki piritlerin karakteristik iz element içerikleri, Türkiye Jeol. Kur.Bült., 26,2,145-152.*
- Özgül, N., 1976. *Torosların bazı temel özellikleri: Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 19, 65-78.*
- Mercer, W., 1976, *Minor elements in metal deposits in sedimentary rocks, A review of the resent literature: Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits. K.H.Wolf (ed.), Elsevier, Amsterdam, 4, 396-425.*
- Panto, G., 1972. *Electron-probe check of Fe distribution in sphalerite grains of the Nagybörzsony hydrothermal ore deposits, Hungary: Min. Deposita, 7, 126-140.*
- Raiswell, R., and Plant, J., 1980. *The incorporation of trace elements into pyrite during diagenesis of black shales, Yorkshire, England. Econ. Geol., 75, 684-699.*
- Ramdohr, P., 1980. *The ore minerals and their intergrowths, Pergamon press, Oxford, 1200 s.*
- Temur, S., 1992. *Bolkardağ (Ulukışla-Niğde) Pb-Zn Yataklarının Mineralojik İncelemesi M.T.A. Der. Sayı 112.74-81 s.*
- Temur, S., 1996. *Horzum (Kozan-Adana) ve Bolkardagi (Ulukışla-Niğde) yoresi Zn-Pb yataklarına ait piritlerin iz element konsantrasyonlarının karşılaştırılması. K.T.Ü. Jeol. Müh. Böl. 30.yıl Semp., Bildiriler 67-82 syf.*
- Ulu, Ü., 1989. *Gazipaşa (Antalya ili) bölgesinin jeolojisi: doktora tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enst., 209, İstanbul.*
- Usta, D., 2000, *Anamur-Bozyazı dolayının jeolojisi, MTA Raporu., 108 syf., Ankara.*
- Yetiş, C., 1987, *Paleozoic-Mesozoic Stratigraphy of the Feke-Fekedağ (Adana) area (Eastern Taurus). Geosound, 16, 29-51.*
- Yetiş, C., 1991., *Aydincık - Karaseki (Mersin) Dolayının Mesezoik Stratigrafisi ve Mesezoik dolomitlerinin Jeteknik Özellikleri Ç.Ü. Arş. Fonu (M.M.F. 90-3), 51 s.*
- Yüksel, M., 1985, *Geology of the Aydincık (Mersin) Region, Central Taurus, Turkey. M.E.T.U., dept. of Geology Master Thesis 70 p.*

**DOĞU SILİVANKA (KD BATMAN) SAHASINDA BELOKA FORMASYONU  
PETROL-SU DOKANAĞININ KONUMU**

Erdal COŞKUN

*T.P.A.O. Bölge Müdürlüğü, Batman / Türkiye*

**Cavit DEMİRKOL, Ulvi Can ÜNLÜGENÇ, Alican KOP**

*Ç.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye*

**ÖZET:** İnceleme alanı, Batman ilinin 35 km kuzeydoğusunda Oyuktaş ile Silivanka üretim sahaları arasında bulunmaktadır. Bu çalışma ile, Doğu Silivanka sahasında, Beloka formasyonundaki suyun tuzluluğu ile petrolün içerisindeki suyun kökeni ve petrol seviyesinin kalınlığı saptanmıştır. Mardin Grubu karbonatları üzerinde uyumsuz olarak yer alan birim Bozova formasyonu tarafından uyumlu olarak üzerlenmektedir. Ancak, Silivanka-1 kuyusunun bulunduğu bölgede Beloka Formasyonu üzerinde bulunan Kıradağ Formasyonu ile uyumsuzdur. Orta-Üst Kampaniyen yaşılı Beloka Formasyonu, sığ deniz-bank/bank dolayı-yamaç-derin deniz ortamında oluşmuş olup, iki üyeden oluşmaktadır. Alt kesimdeki killi, glokonili kireçtaşlarından oluşan seviyeler "Dirik üyesi"; biyoklastik kireçtaşlarından oluşan üst kesimi ise, "Bada üyesi" olarak adlandırılmış olup, rezervuar olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada birimdeki hidrodinamik koşullar ve rezervuar basınçları yardımıyla, formasyon içerisindeki suyun piezometrik konumu ile su yükseltim farklıları bulunmuştur. Derinliğe karşılık formasyon basınçları ile rezervuar basınç grafiği çizilmiştir. Bu grafikle Beloka Formasyonu'nun düşük basınç alanında kaldığı belirlenmiştir. Bu verilerin sonucunda, Doğu Silivanka sahasında Beloka Formasyonu petrol-su dokanağının konumu ile belirtilen saha ve çevresindeki üretim sahalarında formasyon suyunun tuzluluk dağılımları ortaya konulmuştur. Ayrıca, incelemeye konu olan formasyondaki hidrodinamik koşulların etkileri, su yükseltim haritaları ile suyun rezervuara giriş ve hareket yönü bulunmuştur. Sismik haritalardan elde edilen bilgilere göre, Doğu Silivanka sahasında Beloka Formasyonu, kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu fayla kontrol edilen tektonik ve stratigrafik yapılar oluşturmaktadır.

**PETROLEUM-WATER CONTACT CONDITION OF THE BELOKA  
FORMATION AT THE EAST SILIVANKA FIELD (NE BATMAN)**

**ABSTRACT:** Investigation area is located between Oyuktaş and Silivanka oil field 35 km to the northeast of Batman city. Salinity of the water in the Beloka formation and the origin of the water found within the petroleum and the thickness of the petroleum level have been recognized with this study. The unit, which discordantly rest on the Mardin group, is conformably overlain by Bozova formation. Nevertheless, Beloka

*formation is discordantly overlain by Kiradağ formation around the area of Silivanka-1 well. The Beloka formation is of Middle-Upper Campanian in age is mainly made up of two members and is mainly formed within a shallow marine-bank/bank surroundings-slope and deep marine environment conditions. The lower part, which mainly made up of clayey-glaucoclastic limestone, is called "Dirik member"; while the upper part, the "Bada member", which is considered to be reservoir, is made up of bioclastic limestone. Piezometric status of the formation water and water rising differences have been revealed with the support of hydrodynamic conditions and reservoir pressures within this study. Formation pressures and reservoir pressure versus deepness graphics have drawn. This graphic shows that the Beloka formation is in the low pressure field. According to data obtained from East Silivanka field, petroleum-water contact conditions and distributions of the formation water salinity all around the oil production field have been recognized. Besides, effects of hydrodynamic conditions in the Beloka formation, water rising maps and entrance and movement direction of the water into reservoir have been revealed. According to the data obtained from seismic maps, Beloka formation presents tectonic and stratigraphic structure that controlled with northwest-southeast trending fault system around East Silivanka area.*

## 1. GİRİŞ

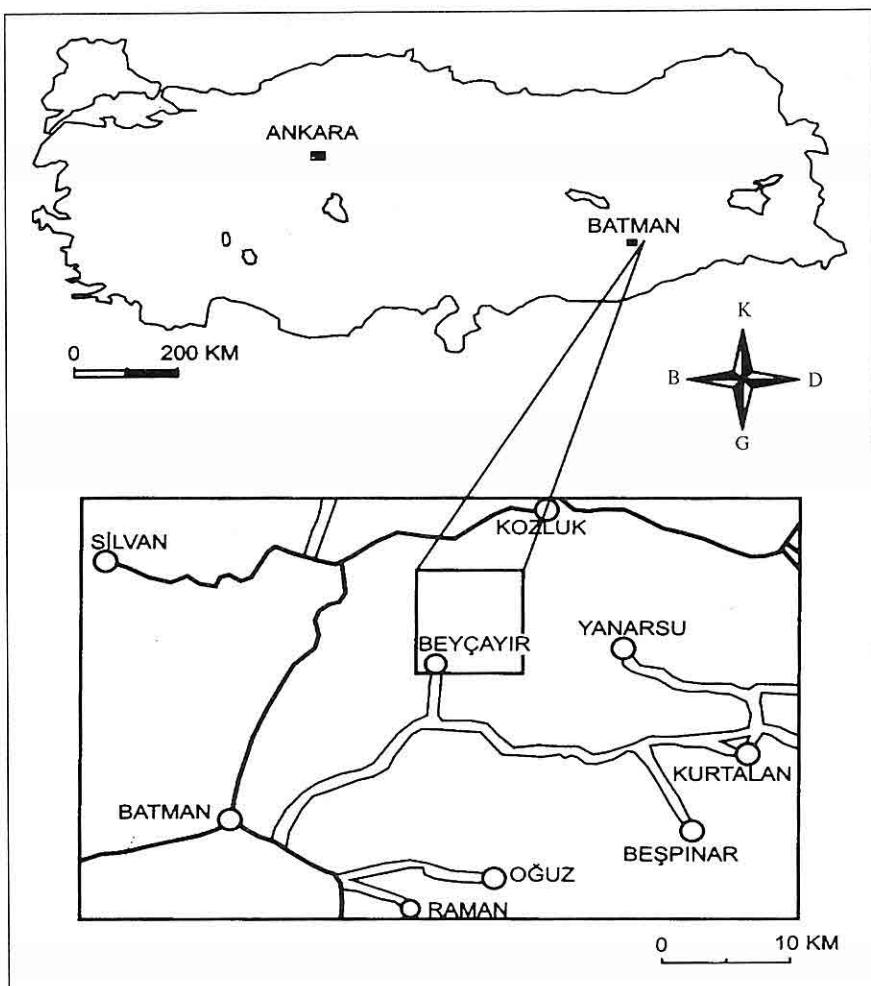
Doğu Silivanka sahası Güneydoğu Anadolu'da X. Petrol bölgesinde Oyuktaş ile Silivanka Petrol sahaları arasında bulunup, Batman ilinin yaklaşık 35 km kuzeydoğusunda yer almaktadır. Çalışma alanı 1/25.000 ölçekli topografik haritada yaklaşık olarak, Muş L46 c3 paftasını kapsamaktadır. Yüzey koordinatları ise, enlem (N)  $38^{\circ}00'00"-38^{\circ}07'30"$  arası ile boylam (E)  $41^{\circ}22'00"-41^{\circ}30'30"$  aralarındaki alanı kapsamaktadır (Şekil 1). Bu çalışmada kesinti örnekleri TPAO Batman Bölge Müdürlüğü arşivlerinden, Drill Stem Test'ler ve karotlar TPAO Arama Grubu Arşivlerinden alınarak incelenip değerlendirilmiştir. Çalışma alanı ve yakın civarlarında hidrokarbon aramaya yönelik petrol şirketlerinin, özellikle Türkiye Petrolleri Anonim

Ortaklıği'nın önemli araştırmaları ve uygulamaları bulunmaktadır (Duran ve Pekcan, 1980; Araç ve Öncü, 1988; Namoğlu ve diğ., 1997; İş ve Aydemir, 1997). Bu incelemedeki esas amaç, çalışma bölgesi ve çevresinde bulunan kuyu verilerinin değerlendirilerek, Beloka formasyonunun hidrokarbon potansiyelini incelemek ve bununla beraber Türkiye'deki orta-iyi graviteli petrol sahalarımız arasında bulunan Doğu Silivanka sahasının geliştirilebilme olanaklarının araştırılmasıdır.

## 2. BÖLGENİN GENEL JEOLOJİSİ

Güneydoğu Anadolu'da biri Geç Kretase'de, diğerleri Eosen ve Miyosen sonunda olmak üzere üç büyük tektonik aktivitenin varlığı, stratigrafik istiflerdeki izleriyle belirgindir.

*DOĞU SİLİVANKA (KD BATMAN) SAHASINDA BELOKA FORMASYONU  
PETROL-SU DOKANAĞININ KONUMU*



**Şekil 1.** Çalışma alanının yer bulduru haritası.

Bölgедe gözlenen ilk önemli tektonik hareket, Geç Kretase'de Neotetisin güney kolunu oluşturan okyanusun kapanmaya başlaması ve Bitlis/Pötürge kıtacığı ile Arap/Afrika plakasının çarşımıası sonucunda oluşmuştur. Bu çarşımın sonucunda, Arap/Afrika platformunun kuzey kenarı boyunca, okyanus kabuğu (Koçalı Karmaşığı) ve derin deniz çökelleri (Karadut Karmaşığı)

Kampaniyen sonu ile Mestrihiyen başında bölgeye yerleşmiştir. Bu, aynı zamanda güneye doğru ilerleyen allokton kütelerin altında ve önünde gelişen Kastel baseninin oluşumunun bir verisidir. Kuzeydeki çarşımın etkisi ve allokton kütelerin Arap plakasının pasif kıta kenarı olan karbonat platformu üzerine yerleşmesiyle, karbonat platformunu da beraberinde deformasyona uğratmış ve güneye doğru

birlikte sürüklənmişlerdir. Bunun sonucunda tüm Güneydoğu Anadolu'da kuzeyden güneye doğru; "Kuzey Yükselim Alanı", "Yığışım Alanı", "Binik Yapı Alanı", "Alçalım Alanı" ve en güneyde "Ana Yükselim Alanı" ni oluşturan yapısal kuşaklar oluşmuştur (Açıkbaba ve diğ., 1981).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Arap platformunun kuzey kenarına ait olan alanda çökelen Paleozoik yaşılı birimler, genellikle sıç denizel-gelgit ortam ürünü ince-orta taneli kırıntıları ile temsil edilmektedir. Pre-Kambriyen'den Permiyen'e kadar uzanan geniş zaman aralığında oluşan bu birimler arasında, epirogenik hareketler sonucu meydana gelen uyumsuzluklar nedeni ile birimlerin bir kısmı grup aşamasında isimlendirilmiştir. Bölge Permiyen sonunda Hersiniyen orojenik fazı ile yükseltik kara haline gelmiştir.

Triyas döneminde bölgede tekrar denizel ortam koşulları olmuş ve sıç denizel sabkha çökellerinden oluşan Cudi Grubu karbonat-evaporit istifi, Paleozoik birimlerini uyumsuzlukla üzerlemiştir. Kuzey kesimde yeralan Tetis okyanusunda ise Cudi eşdegeri olarak değerlendirilen Hezan Grubu çökelmıştır. Jura sonunda Kimmerid fazıyla bölge peneplen halini almış ve Arap platformunun kuzey kesimlerinde yer yer Cudi Grubu'nun tamamı ile Paleozoik istifinin bir kısmı aşınmıştır.

Kretase döneminde, Güneydoğu Anadolu bölgesi, Mardin Grubu çökelleri ile temsil edilen bir karbonat şelfi konumundadır. Şelf alanı kuzeye doğru

Neo-Tetis okyanusunun güney koluna ait kita kenarı ve okyanus havzalarına geçiş göstermektedir. Kita yamacında Mardin Grubu'nun daha derin kesiminde çökelen eşleniği olan türbiditik Karadut birimi çökelmıştır. Şelf alanının deniz düzeyindeki statik değişimler, epirogenik alçalma ve yükselmeler nedeniyle havzanın sıç kesimlerinde Mardin grubunun karbonatları ve daha derin kesimlerde ise pelajik foraminiferlerce zengin Derdere Formasyonunun karbonatları çökelmıştır.

Kampaniyen'de Anadolu ve Arap levhalarının çarpışmasıyla gelişen yoğun tektonik hareketler, havzada sonradan çökelen birimlerin fasiyes ve dağılımını kontrol etmiştir. Arabistan levhasının Anadolu levhası altına dalmasıyla oluşan yaklaşık doğu-batı uzanımlı Kastel Çukuruğu, kuzeyden naplar halinde gelen Kretase yaşılı allokton küteleri (Koçalı ve Karadut karmaşığı) ve bunlardan türeyen kırıntılarından oluşan Kastel formasyonu (Geç Kampaniyen-Erken Maestrichtiyen) tarafından doldurulmuştur.

Geç Maestrichtiyen döneminde güney kesimde kalan platform alanında Kastel-Bozova formasyonları ile uyumlu olarak şeyl-kumtaşı ardalanmasından oluşan Alt Germav formasyonu bulunurken, kuzey alanlarda Kastel-Karadut-Koçalı formasyonları üzerine taban çakıltaları ile başlayan Terbüze formasyonu ile birlikte sıç denizel karakterli ve başlıca kireçtaşından oluşan Besni formasyonu gelmektedir. Paleosen döneminde derinleşen ortam şartlarında Üst Germav

formasyonu çökelirken, aynı dönemin sonunda, Germav formasyonunun karasal fasiyesi olan ve başlıca çakıltısından oluşan Gercüş formasyonu çökelmiştir.

Orta Eosen-Alt Miyosen döneminde hemen hemen bütün Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde sık denizel karbonatların oluşumuna uygun ortam koşullarında Hoya, Gaziantep ve Fırat formasyonları ile Midyat karbonatları çökelmiştir. Alt Miyosen'e kadar devam eden bu Midyat karbonatlarının çökelimi sürerken, Anadolu-Arap levhalarının çarpışma sürecinde şiddetli bir dönem başlamış ve Kastel çukurluğu benzer yeni bir havza oluşmuştur. "Lice Çukuruğu" adı verilen bu dar ve derin havza, başlıca şeylkumtaşı birimlerinden oluşan Lice formasyonu ve kuzeyden naplar halinde gelen allokton birimlerle doldurulmuştur.

Üst Miyosen-Pliyosen döneminde bölge kara haline gelmiş ve bu dönemde kuzeydeki yüksek alandan taşınan kırıntılar, bölgenin en genç birimi olan karasal nitelikli Şelmo formasyonunu oluşturmuştur (Şekil 2).

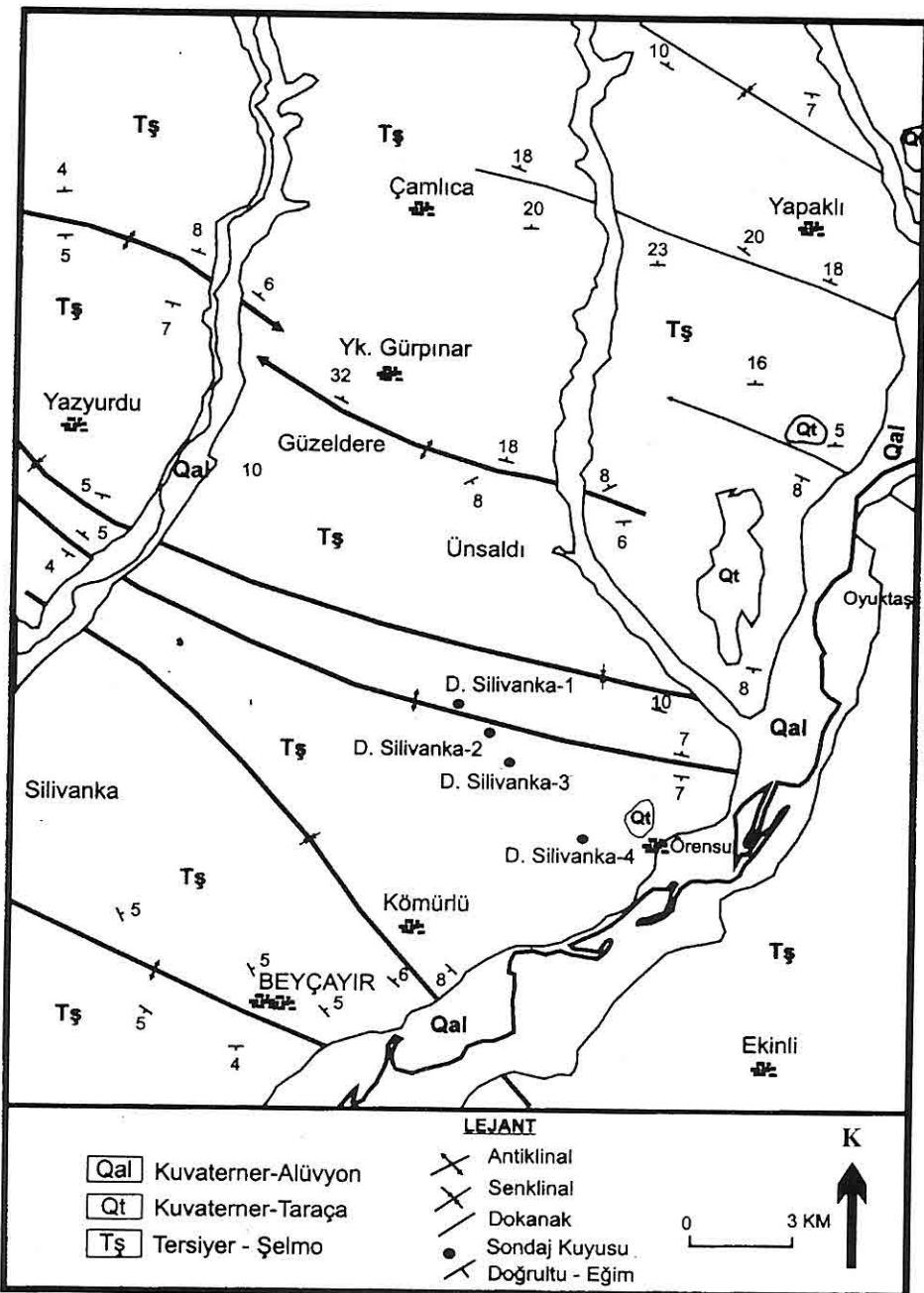
Kampaniyen'de Anadolu-Arap levhalarının çarşılması sonucu Güneydoğu Anadolu'da iki ana tektonik kuşak oluşmuştur. Bunlar; kuzey kesimde Kampaniyen ve geç Miyosen dönemlerinde olmak üzere iki evrede gelip yerleşen ve allokton birimlerin yeraldığı, tektonizmanın yoğun olduğu "Şaryaj Alanı" ile güneyde alloktonların sıfır hattının hemen öneyinde yer alan ve tektonizmadan daha az etkilenmiş olan "Foreland Alanı"dır (Açıkbaba ve diğ.; 1981).

## **2. BELOKA FORMASYONU (Kb)**

Güneydoğu Anadolu bölgesinde Körkandil dağı çevresinde, İspandika ve Mardin ili civarında sınırlı alanlarda yüzeylenmektedir. Birimin tip kesit yeri ise Mardin ilinin batısında yeralan Derik ilçesinin doğusundaki Beloka köyü civarındadır. Formasyon, tabanda başlıca krem, kirli beyaz renkli, orta-kalın tabakalı, ince-kaba taneli, sert, keskin kırıklı, mikro-makro fosilli ve üst seviyelerde çortlü kireçtaşlarından oluşmaktadır (Şekil 3). Kuyularda ise formasyon iki üyeden oluşmaktadır. Bunlardan alt kesimi oluşturan Dirik üyesi killi, glokonili kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Üst kesimde ise genellikle biyoklastik kireçtaşlarından oluşan Bada üyesi yer almaktadır.

Beloka Formasyonu; Mardin ili batısında ve Mazıdağı ilçesi dolaylarında, Soğuktepe, Sarıncamış, Evciler köyü dolaylarında, Mardin ili Derik-Mazıdağı yolunda, Siirt ili Eruh ilçesinin batısındaki İspandika antiklinalinde, Körkandil dağında, Şırnak ili Uludere ilçesi civarı, Cudi dağı antiklinalının kuzey kanadında ve Üçkiraz köyü civarında sınırlı alanlarda yüzlekler vermektedir.

Beloka Formasyonu'nun her iki üyesi de çalışma bölgesinde Mobil şirketi tarafından 1962 yılında Batman ilinin yaklaşık 28 km kadar kuzeydoğusunda yer alan ve  $41^{\circ}21'47''$  D,  $38^{\circ}02'22''$  K koordinatında açılan Silivanka-1 kuyusunda kesilmiştir. Bu kuyuda formasyonun tabanında yer alan "Dirik üyesi" yaklaşık 90 m kalınlığındaki beyaz, krem, bej, açık bej, kahve, koyu kahve



Şekil 2. Çalışma alanının jeoloji haritası (Açıkbaba ve diğ. 1981).

SANATONİYEN	ÜST KAMPANIYEN	MESTRİHT.	YAŞ	ŞIRNAK	GRUP	KIRADAG	FORMASYON	ÜYE	KALINLIK (m)	LITOLOJİ	AÇIKLAMALAR
MARDİN	ADIYAMAN							BADA			ŞEYL : Cam göbeği yeşil, mavimsi yeşil, bordo renki, setçe, sıkı dokulu KUMTAŞI-ÇAKILTAŞI: Saydam, beyaz renkli genellikle kuvars elemanlı.  KIREÇTAŞI : Kirli beyaz, grimsi beyaz, krem renkli, sertçe, mikro ve makro fosilli, seyrek petrol ve asfaltlı.
KARABAŞA-C											KIREÇTAŞI : Bej, açık bej, koyu bej, grimsi bej, kahvesi bej renkli, killi, alt seviyesi bol ve iri glokonili.
											KIREÇTAŞI : Beyaz, kirli beyaz, Açık bej renkli sertçe, tebeşirli.

Şekil 3. Beloka Formasyonu'nun hipostratotipi (Silivanka-1 kuyusu; Duran ve Pekcan, 1980'den yararlanılarak hazırlanmıştır; ölçeksizdir).

renkli, orta-kalın tabakalı, sert-sağlam, kırılınan, mikro kristalinen, yer yer killi, bol planktik foramlı, az çatlaklı ve boşluklu, boşlukları asfalt dolgulu, dolomitik, yer yer marn geçişli, glokonili ve opak mineralli kireçtaşlarından oluşmaktadır. "Dirik üyesi" üzerinde yaklaşık 20 m kalınlıkta kesilen "Bada üyesi" ise, bej, açık bej, kirli krem, sert-gevrek, kırılınan, kısmen killi, bol biyoklastik malzemeli ve nadir iri bentik foramlı, boşluklu, boşlukları petrol dolgulu, ince çatlaklı, yeniden kristalleşmeli kireçtaşlarından oluşmaktadır.

Birim, Santoniyen yaşlı Mardin Grubu'nun Karababa formasyonu "C" üyesi karbonatları üzerinde uyumsuz olarak yer alırken, bölgesel ölçekte Bozova Formasyonu tarafından da uyumlu ancak, Silivanka-1 kuyusunda Mestrihiyen yaşlı Kıradağ Formasyonu tarafından açısal uyumsuzlukla üzerindenmektedir (Duran ve Pekcan, 1980).

Güven ve diğ., (1991)'nin birimden derledikleri paleontolojik amaçlı örneklerden Orta-Üst Kampaniyen yaşı belirlenmiştir.

Birim içeriği fosil ve litolojik özelliklerine göre sıg deniz-bank/bank dolayı-yamaç-derin deniz ortamında çökelmiş olmalıdır (Yılmaz ve Duran, 1997; Duran ve Pekcan, 1980. Erenler, 1989).

### 3. FORMASYON SUYU TUZLULUĞU

Doğu Silivanka sahasında Beloka Formasyonu su kolonu tuzlulukları, çevredeki petrol üretim sahalarına göre daha düşük olarak ölçülmüştür. Örneğin;

Silivanka sahasında 30.000-65.000 ppm, Çelikli sahasında 20.000-30.000 ppm, Beyçayır sahasında 43.000-70.000 ppm olarak ölçülmesine rağmen Doğu Silivanka sahasında tuzluluk değerleri 1.318-29.170 ppm olarak ölçülmüştür.

Beloka Formasyonu su kolonu tuzlulukları, Doğu Silivanka-1 kuyusunda 12.525 ppm, Doğu Silivanka-2 kuyusunda 29.170 ppm, Doğu Silivanka-3 kuyusunda 1.318 ppm ve Doğu Silivanka-4 kuyusunda 5.603-9.559 ppm olarak ölçülmüştür. Değişken olarak ölçülen tuzluluk değerlerinin nedeni, petrol içerisindeki mevcut su oranlarıdır. Doğu Silivanka-3 kuyu verilerini incelediğimiz zaman tuzluluk miktarının düşüş nedeni daha iyi anlaşılabilir.

Doğu Silivanka-3 kuyusunda kuyu tamamlama işlemleri sırasında alınan numuneler:

<b>Su Oranı (%)</b>	<b>Tuzluluk (ppm)</b>
15	17.000
35	7.200
60	6.400
80	4.070
90	3.120
98	1.300

Buna göre; petrol içerisindeki su yüzdesi arttıkça tuzluluk değerleri düşmektedir. Bu durum bize formasyona meteorik kökenli su girişinin olduğunu göstermektedir. Meteorik kökenli su girişinin olmadığı formasyonlarda, petrol içerisindeki su yüzdesi artsa bile tuzluluk değerlerinde çok fazla sapmalar olmamaktadır. Çünkü alınan su, kapan oluşurken mevcut alanda bulunan formasyonun orijinal suyudur.

#### **4. HİDRODİNAMİK KOŞULLAR VE PETROL-SU DOKANAĞININ KONUMU**

Doğu Silivanka sahasında Beloka Formasyonu içerisinde yapılan DST (Drill Stem Test)'lerden elde edilen orijinal rezervuar basınç değerleri ile su tuzluluklarından yararlanılarak su yükselim hesaplamaları yapılır (Aydemir, 1998). Su yükselim hesaplamalarında aşağıdaki formülden yararlanılır.

$$P = C * SG * h$$

P : DST tablolarından ölçülen orijinal formasyon basıncı (psi).

C : 1.42 psi/m (Saf su kolonundaki basınç gradyanı sabiti).

SG : Spesifik Gravite (yoğunluk/su yoğunluğu, birimsiz).

h : Petrolün veya suyun tabandan itibaren yapabileceği yükseklik (m).

Su yükselim hesaplamaları sonucunda suyun; Doğu Silivanka-1 kuyusunda +428 m'ye, Doğu Silivanka-2 kuyusunda +448 m'ye, Doğu Silivanka-3 kuyusunda +455 m'ye, Doğu Silivanka-4 kuyusunda +465 m'ye yükseldiği saptanmıştır. KB-GD uzanımında açılmış olan Doğu Silivanka kuyularında piezometrik yüzey, Doğu Silivanka-4 kuyusundan, Doğu Silivanka-1 kuyusuna doğru düşerek uzanmaktadır (Şekil 4). Beloka Formasyonu'na yüksek kotta girilmesine rağmen Doğu Silivanka-4 kuyusundan petrol yerine meteorik kökenli su alınması, Doğu Silivanka-4 kuyusuna göre 15 m aşağıda girilen Doğu Silivanka-3 kuyusunda yüksek su miktarı ile birlikte bir miktar petrol alınması, 22 m

aşağıda girilen Doğu silivanka-2 kuyusundan petrol üretilmesi ve 39 m aşağıda girilen Doğu silivanka-1 kuyusundan petrol bulaşımı su alınması, petrol-su dokanağının eğimli olduğunu göstermektedir (Çoban ve Namoğlu, 1996).

#### **5. SU YÜKSELİM FARKI**

Beloka Formasyonundaki rezervuar basıncının yükseltebileceği su düzeyi yükselimine karşılık, su kolonu tuzluluğuna bağlı olarak aynı rezervuarda olacak basınç ve bu basınçla karşılık su yükseliimi aşağıdaki formül ile hesaplanır.

Formasyon basıncı (psi)

$$\text{Su Yükselimi} = \frac{\text{Su basıncı gradyanı (1.42)}}{\text{Su basınç gradyanı}}$$

-- + Recorder derinliği (kot derinliği)

Recorder : DST (Drill Stem Test) dizisine ait en alta bulunan basınç saatı.

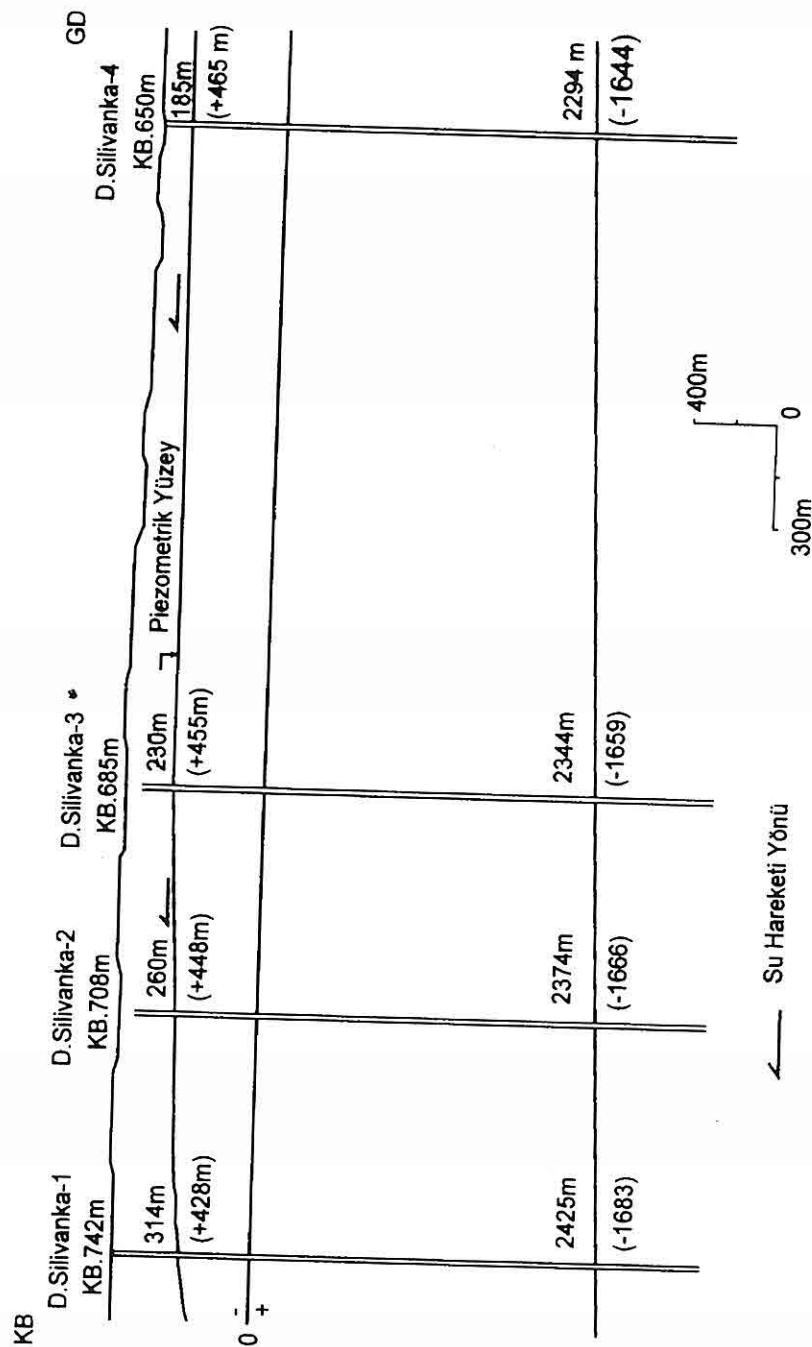
Su kolonu tuzluluğuna bağlı rezervuar basıncı ise aşağıdaki formül ile bulunur.

$$P = 1.42 * SG * h$$

SG : Tuzlu suyun yoğunluğu.

Su kolonu ile ilgili bulunan rezervuar basıncı içinde su yükseliimi böylece hesaplanır.

Formasyona meteorik su girişinin olup olmadığı tespit edilerek su yükselim farkı haritaları hazırlanır. Rezervuar basıncının yükseltebileceği suyun yüksekliğinden, su kolonu tuzluluğu basıncının yükseltebileceği suyun yüksekliği çıkartılarak su yükselim farkı bulunur. Bulunan bu farkın pozitif olması



Sekil 4. Doğu Silivanka sahası Su Yüksekimi Korelasyonu.

## DOĞU SILİVANKA (KD BATMAN) SAHASINDA BELOKA FORMASYONU PETROL-SU DOKANAĞININ KONUMU

durumunda, formasyon basıncının yükseltebileceği su miktarı su kolonu tuzluluğu basıncının yükseltebileceği su miktarından büyük olacağını rezervuardan yüzeye doğru su girişi olacaktır. Aksi durumda yükselim farkının küçük yani negatif olması durumunda da yüzeyden rezervuara doğru su girişi olacaktır (Çoban, 1996; İş ve Aydemir, 1997).

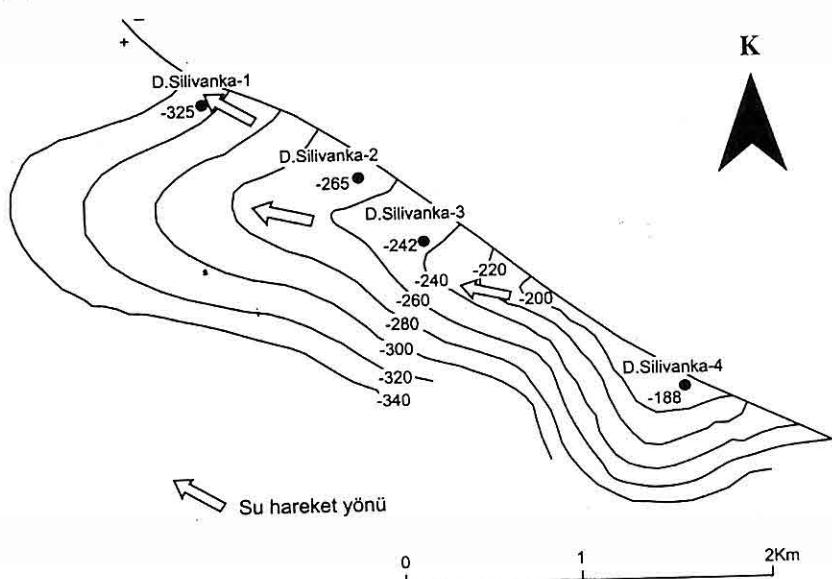
Doğu Silivanka sahasında su yükselim değerleri negatif olarak bulunmuştur. Su yükselim farkı Doğu Silivanka-4 kuyusunda -188 m, Doğu Silivanka-3 kuyusunda -242 m, Doğu Silivanka-2 kuyusunda -265 m, Doğu Silivanka-1 kuyusunda ise -325 m olarak bulunmuştur. Rezervuara meteorik su girişi, Doğu Silivanka-4 kuyusundan Doğu Silivanka-1 kuyusuna doğru olmaktadır (Şekil 5).

Bu durum, Doğu Silivanka sahasındaki mevcut yapının en yüksek yerinde petrolün bulunmayıp, yapının kanatlarında petrolün toplandığına işaret etmektedir.

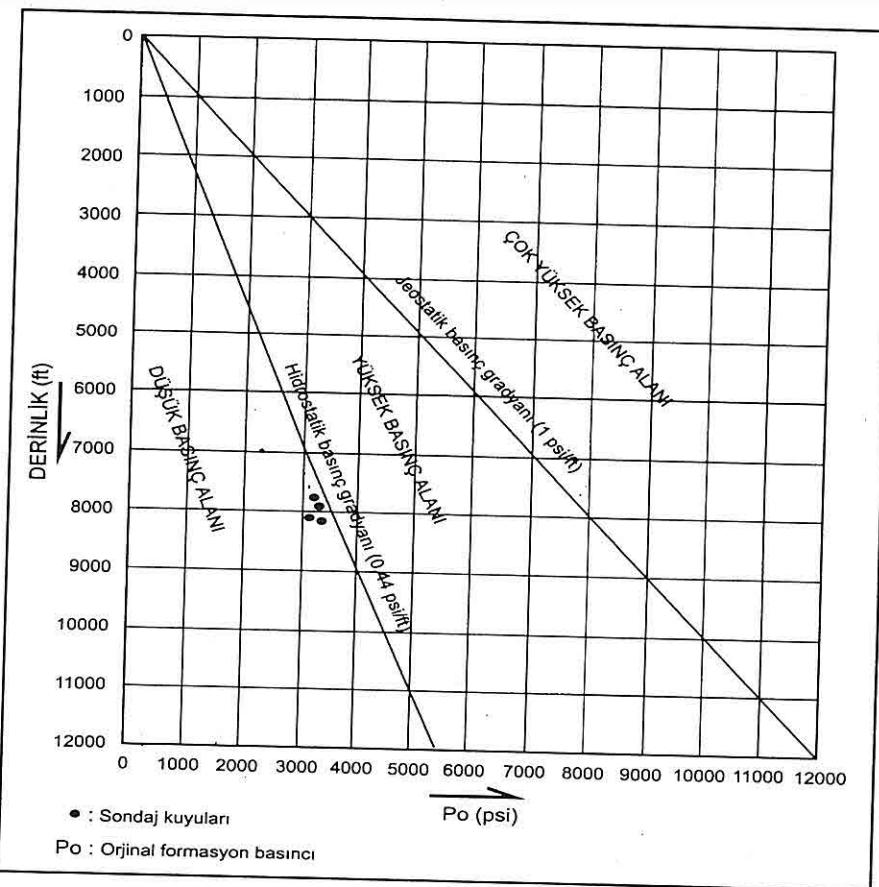
### 6. REZERVUAR BASINÇ DEĞERLENDİRMESİ

Beloka Formasyonu'nda yapılan DST (Drill Stem Test)'lerden elde edilen formasyon basınçları; Doğu Silivanka-1 kuyusunda 3100 psi, Doğu Silivanka-2 kuyusunda 3080 psi, Doğu Silivanka-3 kuyusunda 3074 psi, Doğu Silivanka-4 kuyusunda 3040 psi'dır.

Derinliğe karşılık orijinal formasyon basıncı diyagramında, Doğu Silivanka kuyuları hidrostatik basınç gradyanının altında (0.39-0.41 psi/ft) bulunmuştur (Şekil 6; Çoban ve Namoğlu, 1996). Subnormal basınç, yapının yükseğinden dalın tarafına doğru azalmaktadır. Bunun



Şekil 5. Doğu Silivanka Sahası Beloka Formasyonu Su Yükselimi Haritası.



**Şekil 6.** Doğu Silivanka Sahası Beloka Formasyon Rezervuar Basınçları Grafiği.

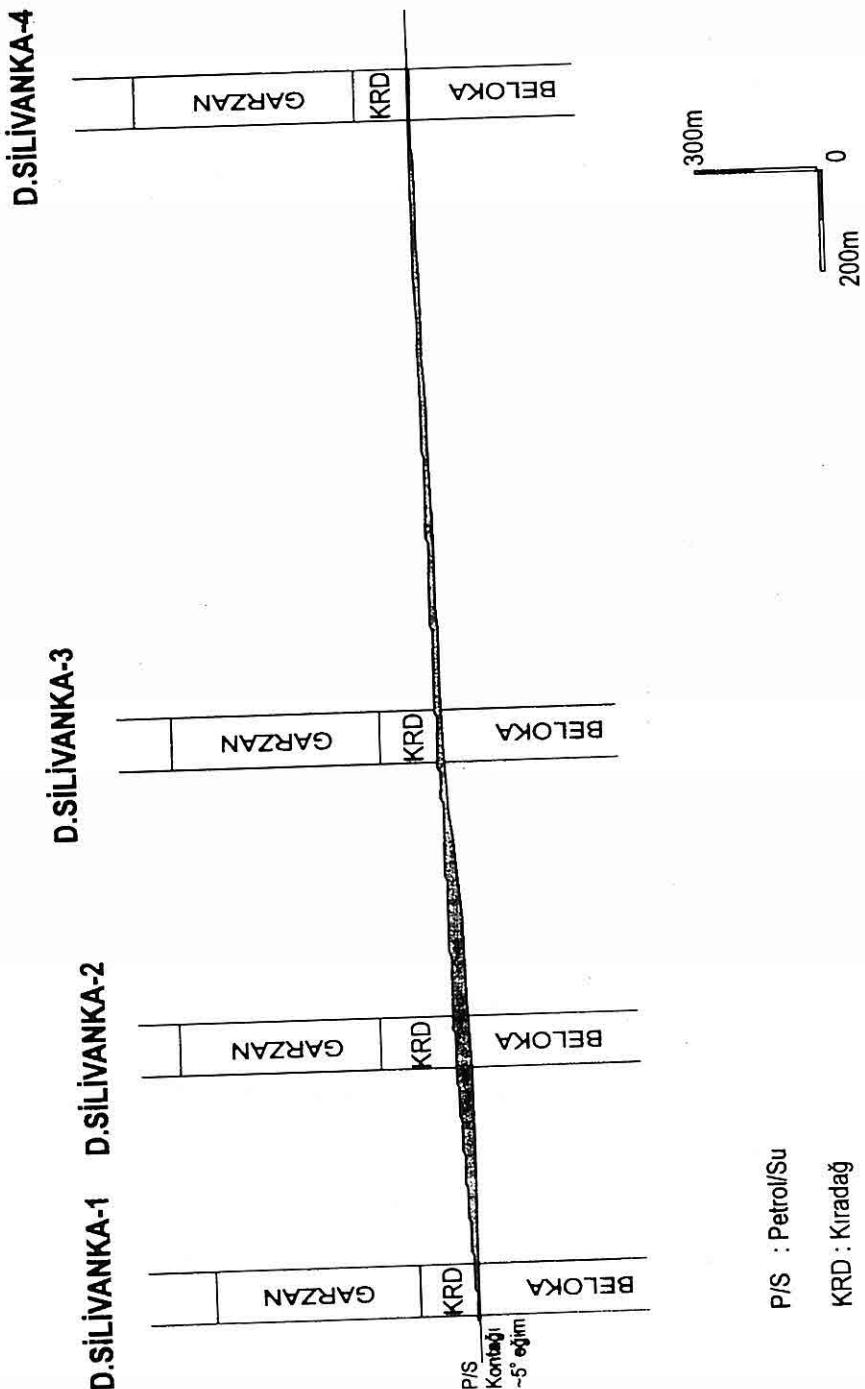
doğal sonucu olarak en fazla dengeye ulaşma çabası (vakum=emis yaparak dengeye ulaşma çabası)ının yüksek kesimindedir. Tatlı su ağır petrole göre daha hareketli olduğu için en fazla çekim yapılan alana daha çok su gitmektedir. Tatlı su örtüsünün (seal) altında da (flanklarda) petrol birikebilmektedir.

## 7. PETROL-SU DOKANAĞI

Üretim testleri sırasında Doğu Silivanka-3 kuyusunda petrol ile birlikte alınan suyun tuzluluğu en fazla 17.000

ppm civarında olup, artan su yüzdesine bağlı olarak 1300 ppm civarına kadar düşmüştür. Doğu Silivanka-2 kuyusundan petrolle birlikte alınan suyun tuzluluğunun en fazla 45.000 ppm olduğu ve üretim esnasında artan su yüzdesine bağlı olarak 20.000 ppm civarına kadar düşlüğü görülmektedir. Su yüzdesinin artarak tuzluluğunun düşmesi, bize bu kuyuda petrol kolonu kalınlığının yeterli olmayıp petrol-su dokanağı arasındaki geçiş zonunda yer aldığı göstermektedir (Şekil 7).

*DOĞU SILİVANKA (KD BATMAN) SAHASINDA BELOKA FORMASYONU  
PETROL-SU DOKANAĞININ KONUMU*



*Sekil 7. Doğu Silivanka Sahası Beloka Formasyonu Kuyulararası Korelasyon.*

## 8. SONUÇLAR

Doğu Silivanka sahasında ölçülen tuzluluk miktarları, çevre sahalarda ölçülen tuzluluk miktarlarına göre çok değişken değerler sunmaktadır.

Doğu Silivanka sahasında üretilen petrolün içerisindeki su yüzdesi arttıkça tuzluluk değerleri düşmektedir. Bunun nedeni ise; formasyona giren meteorik kökenli sulardır.

Doğu Silivanka sahasında bulunan piezometrik yüzey, Doğu Silivanka-4 kuyusundan Doğu Silivanka-1 kuyusuna doğru giderek düşmekte ve GD-KB doğrultusunda uzanım sunmaktadır.

Çalışma bölgesinde petrol-su dokanağının eğimli olduğu anlaşılmıştır.

Yapının en yüksek kotunda açılan Doğu Silivanka-4 kuyusundan su alınmasına karşın, yapının kanadındaki daha düşük kotta açılan Doğu Silivanka-2 kuyusundan düşük su yüzdesi ile birlikte petrol üretilmektedir.

Doğu Silivanka-2 kuyusunda petrol ile birlikte bir miktar suyunda üretilmesi, petrol kolonunun yeterli kalınlığa sahip olmadığını göstermektedir.

## 9. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TPAO Genel Müdürlüğü ve Batman Bölgesi arşivlerinden destek alınarak tamamlanmış olup ilgili kuruluşla teşekkürlerimizi sunarız. İncelemelerimiz sırasında yardım ve desteklerini gördüğümüz TPAO Arama Grubu çalışanlarından İlhami SARIALTIN ve Saffet DÜLGER'e, ve büro çalışmalarımız sırasında yardımlarını esirgemeyen Ç.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü Araştırma

190

Görevlisi Ulaş İnan SEVİMLİ'ye ve makalenin değerlendirilmesinde olumlu katkıları bulunan Dr. Yılmaz GÜNEY (TPAO) ve Prof.Dr. Cengiz YETİŞ'e (Ç.Ü.) teşekkürlerimizi sunarız.

## 10. KAYNAKLAR

Açıkbaba, D., Akgül, A. ve Erdoğan, L. T., 1981, *Güneydoğu Anadolu'nun Hidrokarbon Olanakları ve Baykan-Sirvan-Pervari Yöresinin Jeolojisi*, TPAO Arama Grubu, Rapor No: 1543, Ankara.

Araç, M., ve Öncü, H., 1988, X. Bölge Oyuktaş-Bada sahaları ile D. Silivanka-1 ve Hayat-1 kuyuları arasında kalan alanda Kampanyen-Mestrihtiyen yaşılı birimlerin yeraltı jeolojisi ve hidrokarbon potansiyeli: TPAO Arama Grubu, Rapor No: 2541, 99s, Ankara.

Aydemir, V., 1998, *Rezervuar Jeolojisi*, TPAO Kurum içi Ders Notu, 66 s, Ankara.

Çoban, M. K., 1996, *Petrol Aramaları ve Üretiminde Yeraltı Sularının İncelenmesi ve Yorumlanması*, TPAO Rapor No:3600, Ankara.

Çoban, M. K., ve Namoglu, C., 1996, *Doğu Silivanka Sahasi Beloka Formasyonu Eğimli Petrol-Su Dokanağı*, TPAO, Rapor No:3684, 40 s, Ankara.

Çoban, M. K., Güngör, H., ve Namoglu, C., 1996, X. Bölge Tuzluluk Çalışması Tuzluluk Verileri.

Duran, O. ve Pekcan, İ., 1980, *Silivanka-Oyuktaş-Bada-Çelikli-Dodan Sahalarındaki Kiradağ ve Beloka (Raman) Formasyonlarının Litoloji ve Mikrofaziyes İncelemesi*, TPAO Araştırma Merkezi Grubu, Rapor No, 1533, 22s, Ankara.

Erenler, M., 1989. XI-XII. Bölge Güney

*DOĞU SILİVANKA (KD BATMAN) SAHASINDA BELOKA FORMASYONU  
PETROL-SU DOKANAĞININ KONUMU*

- Alanlarındaki Kuyularda Mesozoyik Çökel İstifin Mikropaleontolojik İncelemesi, TPAO Araştırma Grubu, Rapor No, 2641, 44s, Ankara.*
- Güven, A., Dinçer, A., Tuna, M.E. ve Çoruh, T., 1991, Güneydoğu Anadolu Kampaniyen-Paleosen otokton istifinin stratigrafisi : TPAO Arama Grubu, Rapor No: 2828, 133 s, Ankara.*
- İş, L. ve Aydemir, V., 1997, Doğu Silivanka Sahası ve Civarının Rezervuar Değerlendirmesi, TPAO, Rapor No: 3714, 39 s, Ankara.*
- Namoğlu, C., Öncü, H., Aydın, M., Can, H., 1997, Doğu Silivanka sahası ve civarı Garzan ve Beloka formasyonlarının petrol olanakları, TPAO Arama Grubu, Rapor No: 3803, 44s, Ankara.*
- Yılmaz, E. ve Duran, O., 1997, Güneydoğu Anadolu Bölgesi Otokton ve Allokton Birimler Stratigrafi Adlama Sözlüğü, TPAO Araştırma Grubu, Eğitim Yayınları No, 31, 460s, Ankara.*



**ÇAYBAĞI HAVZASI MINERALOJİK VERİLERİNİN İSTATİSTİKSEL  
YÖNTEMLERLE DEĞERLENDİRİLMESİ****Dicle Bal AKKOCA, Ahmet SAĞIROĞLU***F.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ/Türkiye*

**ÖZET:** Çalışmada 54 tümkayaç ve 27 kil fraksiyonu verilerine istatistiksel yöntemler uygulanarak havza analizi yapılmış ve bu çalışmanın bulguları sedimentolojik verilerle karşılaştırılmıştır. Örneklerin mineral içerikleri ve bağıl çoklukları XRD yöntemi ile saptanmıştır. İlk aşamada örnekler bir birel (populasyon) olarak ele alınmış, daha sonraki aşamada ise kayaç grupları tek başına değerlendirilmiştir. Minerallerin istatistiksel dağılımlarında kalsit ve kil normal dağılım, dolomit, kuvars, opal ve feldispat logaritmik dağılım, killerde ise illit, klorit normal, smektit ve S-C (korensit) logaritmik dağılım göstermiştir. Korelasyon analizinde kalsit-kil, feldispat-kuvars arasında pozitif, kalsit-dolomit, kalsit-feldispat, dolomit-kil mineralleri arasında negatif korelasyon, killerden smektit, illit, klorit, korensit arasında pozitif korelasyon görülmüştür. Anakitle ortalamaları tahmin teorilerinde havzada en yüksek mikardaki mineral kalsittir. Killerdən en yüksek mineral smektit ve en düşük mineral illittir. Ölçülü kesitlerde yapılan varyans analizleri (ANOVA), kil dışı minerallerin kesitlerde farklı, kil minerallerinin benzer olduğunu göstermiştir. Bu sayısal verilerle killerin volkanik malzeme ağırlıklı kökene sahip olduğu, kalsitin bolluğuundan dolayı ortamin alkalen göl ortamı olduğu, mineral çokluk değişimlerinin ortamin zaman zaman göl ve nehir rejimlerinin etkisinde olduğu saptanmıştır. Bu bulgular sedimentolojik çalışma bulguları ile uyum sağlamaktadır.

**STATISTICAL EVALUATION OF THE MINERALOGIC DATA FROM  
ÇAYBAĞI BASIN**

**ABSTRACT:** Whole rock analysis data of samples and clay fraction data of 27 samples are evaluated using statistical methods and findings are correlated with sedimentological data. Mineral associations and relative abundances are investigated employing XRD techniques. The study is conducted accepting the whole data as a single population first and then evaluating data of every rock group individually. Distribution patterns of calcite and clay are of normal distribution, those of dolomite, quartz, opal and feldspar logarithmic and clay minerals; illite, chlorite, smectite and S-C (corrensite) logarithmic. There are strong positive correlations between calcite-clay, feldspar-quartz and clay minerals, and, negative correlations between calcite-dolomite, calcite-feldspar and dolomite-clay minerals. The population mean guess theories indicate that the dominant mineral of the basin is calcite. The most common clay mineral is smectite and

*the least common is illite. The variance analysis (ANOVA) of measured sections show that clay minerals are similar and the other minerals are different in the sections. The data indicate that the basin environment was alkalic lacustrine and changed into fluvial from time to time and those changes were reflected to the geochemistry and that in turn reflected to the mineralogical changes in the basin.*

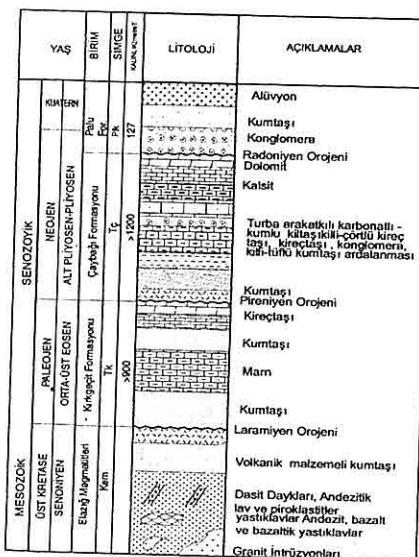
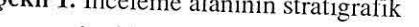
## 1.GİRİŞ

Bu çalışma, Çaybağı (Elazığ) Havzası'ndan alınan XRD tümkayaç ve kil fraksiyonu verilerinin istatistiksel analizlerini yapmakta ve analiz sonuçlarını incelemektedir. İstatistiksel yöntemler olarak önce tek değişkenli, sonra çift değişkenli analizlerden yararlanılmıştır. Sıklık dağılımı, korelasyon analizi ve varyans analizinde SPSS adlı istatistik program kullanılmıştır (Özdamar, 1999).

## 2. JEOLOJİK KONUM

İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti Şekil 1'de gösterilmiş olup, Çaybağı Formasyonu çevresinde Elazığ Magmatitleri (Koniasiyen-Maastrichtian), Kırkçeşit Formasyonu (Orta-Üst Eosen) ve Palu Formasyonu (Kuvatner) yer almaktadır (Şekil 2) (Türkmen, 1988). Çalışmanın asıl konusunu oluşturan Çaybağı Formasyonu göl ve nehir çökellerinden oluşmaktadır. Kireçtaşları; killi çörtülü kireçtaşı, kalsit, dolomit, kalsitli dolomit bileşiminde olup formasyonun baskın kayaç birimlerini oluşturmaktadır. Kilitları ise karbonatlı kumlu kilitası, gri, bordo, beyaz, beyazimsi sarı renklidirler. Karbonatlı kilitları beyaz, sert, kalın tabakalı yada dağılgan laminalı olarak bulunurken kumlu kilit gri - yeşil - gri - bordo renkli olarak

bulunmaktadır. Her iki şekilde bulunan killi-karbonatlı kayaçlar turba arakatkıları içermektedir.

YAS	KUM/TEN	NEOGEN	ALT PLIOCEN-PLIOSEN	OLIGOCEN FORMASYONU	TURBA ARAKATKI	LITOLOJİ	ACIKLAMALAR	
							BIRIM	OLIGOCEN
MESOZOİK	PALEOEN	ORTA-ÜST EOSEN	- Koraçılı Emriye	Tk	>1200		Alüvyon Kumtaşı Konglomerat Radoniyen Orajeni Dolomit Kalsit	Turba arakatkılı karbonatlı - kumlu kilitli killi-karbonatlı kiroz taş, kireçtaşı, konglomerat, killi-tufu kumtaşı, ardalanması
ÜST KREASE	SENOYEN	EÜZ MAGMATIC	Kum		>800		Kumtaşı Pirinçyen Orajeni Kireçtaşı	Kumtaşı Marn
							Kumtaşı Laramiyen Orajeni	Volkanik malzemeli kumtaşı
							Dasit Döykları, Andezitik lav ve piroklastikler yastıkları Andozit, bazalt ve bazaltik yastıkları Granit intrüzyonları	

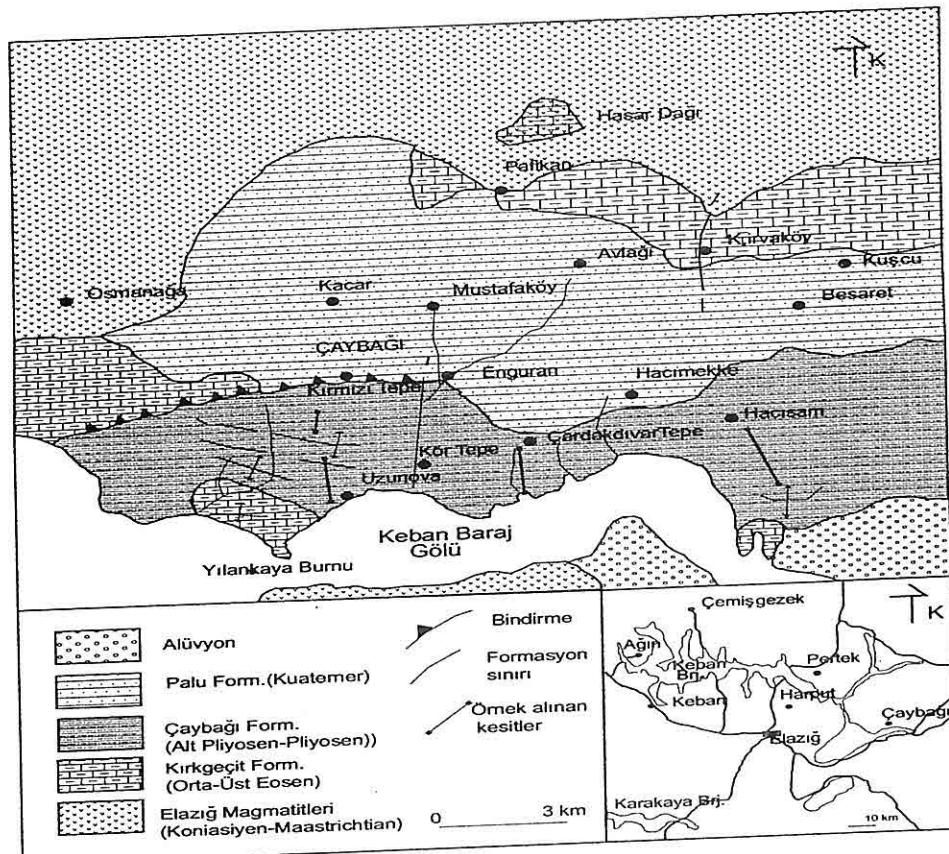
Şekil 1. İnceleme alanının stratigrafik kesiti.

## 3. İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER

Çaybağı Havzası örneklerinin XRD verilerine uygulanan istatistiksel yöntemler; sıklık dağılımları, korelasyon analizleri, varyans analizi ve tahmin teorileridir.

Havza minerallerinden kalsit, dolomit, kuvars, opal, feldispat ve kil minerallerinin sıklık dağılımları incelenmiştir. Değişkenlerin dağılımını belirten belirtici istatistikler standart bağıntılarla bulunmuştur.

**ÇAYBAĞI HAVZASI MİNERALOJİK VERİLERİNİN İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE DEĞERLENDİRİLMESİ**



**Şekil 2.** İnceleme alanının jeoloji haritası (Türkmen 1988'den).

Çalışmada, diziler arasında ilişki olup olmadığını saptamak amacıyla %95 düzeyinde korelasyon matriksi oluşturulmuş, korelasyon katsayılarının t testi ile kontrolü yapılmış, korelasyon katsayılarının doğruluğu p kritik değerleri ile saptanmıştır.  $P>0.05$  ise değişkenler arasında önemli ilişki olmadığı  $P<0.05$  ise önemli düzeyde ilişki olduğu yorumu yapılmıştır.

Varyans analizinde anakitle varyansları tahmin edilerek örnek varyansları arasındaki farklar belirlenmiştir. Burada anakitle verileri olarak 4 ölçülu kesit

verileri kullanılmış, ölçülu kesit verilerinin birbirine benzer veya farklı olduklarının kontrolü yapılmıştır. F test istatistiği kullanılarak p değeri hesaplanmıştır.  $P>0.05$  ise iki yatak arasındaki fark önemсz,  $P<0.05$  ise önemli,  $P<0.01$  ise ileri düzeyde önemli değerlendirilmesi yapılmıştır.

Tahmin teorilerinde havzanın aritmetik ortalamaları tahmini yapılmıştır. Aritmetik ortalamaları taininde standart hatası bilinen bir örnekte t değerinin alacağı değerlere göre %95 anlamlılık düzeyinde aritmetik ortalama güven aralıkları

bulunmuştur (Temur, 1995).

### 3.1. Veri Analizleri

İnceleme, arazide 4 tip kesitten alınan 54 adet tümkayaç, 27 adet kil fraksiyonu XRD ile analiz edilen verilere uygulanmıştır (Tablo 1). X işinları çözümlemesinde Rigaku marka DMAXIIIC model X işinları difraktometresi kullanılmıştır (Akkoca, 2001).

### 3.2. Frekans Dağılımı

Frekans dağılımı ile ilgili ayrıntılı teorik bilgiler Davis (1973), Boom (1981), Caner (1983), Sinclair (1985), Davis (1990), Temur (1995, 1997), Swan and Sandilands (1995), Koch (2002) 'de ayrıntılı biçimde bulunmaktadır. Çalışmada da frekans dağılımı incelenmesi ve yorumlanması bu kaynaklara göre yapılmıştır.

Tümkayaç ve kil fraksiyonu verileri istatistiksel dağılıma tabi tutulmuştur. İncelenen minerallerin frekans dağılım parametreleri Tablo 2 'de grafikleri Şekil 3 'de verilmiştir.

Genel ortalamalarına göre havzanın en yüksek ortalamasına sahip minerali kalsit, en düşük ortalamaya sahip minerali jipstir. Minerallerin tamamı normal dağılıma göre basık fakat kalsit ve kil dağılımı diğer minerallere göre daha sıvıdır. İncelenen minerallerin hepsi pozitif eğimli asimetriktir (sol asimetrik). Bu, ortalamaya göre minerallerin düşük değerlerinin çoğunlukta olduğunu gösterir. Kalsit ve kil minerallerin çarpıklık katsayısının da 0'a yakın olması, bu iki

196

mineralin normal dağılıma uygun olduğunu gösterir.

Ortalamları farklı değişkenlerde boyutsuz katsayı olup iki değişkenin doğru olarak karşılaştırmalarına olanak sağlayan değişim katsayısı ( $S_{sapx100/X}$ ) minerallerde yüksek iken en düşük katsayıya sahip olan mineral, kil ve kalsittir.

İncelenen kil minerallerinin genel ortalamalarına göre en yüksek mineral smektit, en düşük mineral illittir. Basıklık katsayısı sırasıyla illit<klorit<korensit <smektit'dir. Bu, illit ve kloritin belli aralıkta yoğunlaşırkten smektit ve S-C'nin daha geniş aralıklarda yayıldığını gösterir. Minerallerin değişkenlik katsayısı yüksek olup sırasıyla klorit<illit <smektit<korensit'dir. Minerallerin hepsi pozitif eğimli asimetrik olmakla birlikte klorit ve illitin 0' a yakın olması bu iki mineralin normal dağılıma uygun olduğunu gösterir ki bunu da Şekil 3'de çan eğrileri ve kümülatif eğrilerde desteklemektedir.

### 3.3. Korelasyon Analizi

Tümkayaç ve kil fraksiyonu verileri arasında korelasyon analizi yapılarak %95 anlamlılık düzeyinde aralarında gerçek ilişki olup olmadığı kontrol edilmiştir (Tablo 3). Buna göre kuvars-feldispat, kalsit-kil mineralleri arasında 0,73, 0,48 anlamlı pozitif; kalsit-feldispat, kalsit-kuvars, dolomit-kil mineralleri arasında -0,46, -0,67, -0,39 anlamlı negatif korelasyon vardır.

Kil mineralleri arasında yapılan korelasyon analizlerinde illit-klorit

**ÇAYBAĞI HAVZASI MİNERALOJİK VERİLERİNİN İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Tablo 1.** Minerallerin XRD-Tümkayaç ve kil fraksiyonu analiz verileri.

Örnek No:	Ca	Do	Q	O	F	Km	Ar	An	J	Kr	S	I	C	S-C
U1	46	10	1	—	—	—	43	—	—	—	...	...	...	...
U3	24	—	3	—	7	66	—	—	—	—	29	14	34	23
U5	5	—	5	—	15	30	—	40	5	—	21	19	38	22
U7	68	7	2	—	—	—	23	—	—	—	...	...	...	...
U11	—	99	1	—	—	—	—	—	—	—	...	...	...	...
U13	19	80	1	—	—	—	—	—	—	—	...	...	...	...
U15	7	—	4	—	5	63	21	—	—	—	32	16	27	25
U17	15	84	1	—	—	—	—	—	—	—	...	...	...	...
UKU1	3	23	3	—	38	29	4	—	—	—	...	...	...	...
UKU2	6	39	10	—	36	9	—	—	—	—	...	...	...	...
U22	9	—	2	2	27	60	—	—	—	—	100	—	—	—
U23	—	65	5	—	7	23	—	—	—	—	22	13	22	43
K3	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
K4	47	—	—	—	—	38	—	—	15	—	100	—	—	—
K5	52	—	5	43	—	—	—	—	—	—	100	—	—	—
K6	27	—	1	—	—	58	—	—	—	14	—	...	—	—
K7	96	4	—	—	—	—	—	—	—	—	...	...	...	...
K9	—	92	8	—	—	—	—	—	—	—	...	...	—	—
K10	44	—	—	—	—	56	—	—	—	—	20	12	68	—
K15	—	61	2	—	—	37	—	—	—	—	27	17	56	—
Ç1	60	—	1	—	—	39	—	—	—	—	...	...	...	...
Ç2	55	—	9	—	—	36	—	—	—	—	...	...	—	—
Ç3	48	—	2	—	—	41	9	—	—	—	26	13	42	19
Ç6	18	—	2	20	—	60	—	—	—	—	...	...	...	...
Ç7	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	...	...	...	...
Ç8	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	...	...	...	...
Ç9	—	—	3	—	42	55	—	—	—	—	7	5	80	8
Ç10	—	—	3	—	44	53	—	—	—	—	11	—	7	82
Ç12	18	4	5	17	9	47	—	—	—	—	8	30	29	33
Ç16	90	—	—	—	—	—	10	—	—	—	...	...	...	...
Ç18	46	—	4	—	4	46	—	—	—	—	23	14	37	26
Ç19	70	—	2	22	—	—	6	—	—	—	...	...	...	...
Ç21	21	—	2	34	—	—	43	—	—	—	...	...	...	...
Ç22	20	55	1	—	—	24	—	—	—	—	...	...	...	...
Ç23	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	...	...	...	...
Ç24	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	...	...	...	...
Ç25	22	70	8	—	—	—	—	—	—	—	...	...	...	...
HS1	9	—	9	—	14	68	—	—	—	—	21	11	45	23
HS2	13	—	8	—	13	66	—	—	—	—	27	9	35	29
HS4	—	—	10	—	21	69	—	—	—	—	17	17	43	23
HS5	12	—	6	—	29	53	—	—	—	—	40	—	60	—
HS7	53	—	3	—	—	44	—	—	—	—	25	19	22	34
Hku1	13	—	21	—	50	16	—	—	—	—	...	...	...	...
Hku2	16	—	11	—	68	5	—	—	—	—	...	...	...	...
Hku3	6	—	14	—	44	36	—	—	—	—	27	20	56	—
Hku4	6	—	21	—	38	35	—	—	—	—	10	30	38	—
HS8	38	—	2	—	—	19	41	—	—	—	...	...	...	...
HS9	60	—	2	—	—	38	—	—	—	—	—	—	—	—
HS10	19	—	4	—	22	55	—	—	—	—	35	—	19	46
HS11	36	—	2	—	10	35	17	—	—	—	13	9	38	40
HS12	50	—	3	—	5	32	10	—	—	—	...	...	—	—
HS13	18	—	2	—	6	74	—	—	—	—	44	12	44	—
HS14	10	—	8	—	11	71	—	—	—	—	22	12	46	20
HS16	6	—	7	—	10	77	—	—	—	—	26	15	33	26

**Tablo 2.** Tümkayaç ve kil mineralleri frekans dağılımı belirtici istatistikleri.

Mineral	Parametre					
	Arit. Ort	Genel Ort.	St.Sapma	Değiş.Kat.	Basıklık	Çarpıklık
Kalsit	38,29	33,33	31,97	95,91	-0,08	0,93
Dolomit	52,69	12,75	27,68	209,25	3,91	2,06
Kuvars	4,82	4,11	6,71	163,26	9,62	2,01
Opal	27,2	2,51	8,5	318,64	8,23	3,58
Feldspat	22,77	10,84	18,57	128,65	3,38	1,93
Kil	45	31,41	26,1	84,65	1,41	0,1
Aragonit	21,33	4,83	11,15	234,24	5,8	2,56
Anhidrit	40	0,76	5,44	735,63	54	7,34
Jips	10	0,37	0,68	755,55	54	7,34
Kristobalit	14	0,25	1,9	760	54	7,34
Smektit	25,3	31,66	26,14	82,56	3,26	2,01
İllit	14,33	12,03	6,23	70,32	1,34	1,12
Klorit	38,3	32,74	16,49	57,77	0,67	0,46
S-C	27,54	21,62	16,23	92,09	5,93	2,05

arasında 0,36 anlamlı pozitif korelasyon görülmüştür. Bunun dışında smektit-klorit, smektit-korensit ve simektit-illit arasında -0,58, -0,57, -0,61 negatif korelasyon mevcuttur (Tablo 3).

### 3.4. Varyans Analizi

Varyans analizi kullanılarak havzanın 4 tip kesitinden alınan örneklerin benzer anakitle olup olmadığı kontrolü amaçlanmıştır (Tablo 4). Böylece havzanın mineraller açısından homojenliği incelenmiştir. Kalsit, dolomit, kil mineralleri, kuvars, feldispat için yapılan varyans analizlerinde kesitlerde bu mineraller farklılık göstermektedir ( $P<0.05$ ). Kalsit, dolomit, kuvars, feldispat ise fark çok önemlidir ( $P<0.01$ ). Kil mineralleri için yapılan varyans analizlerine göre ise smektit, klorit, illit ve korensit kesitlere göre havzada önemli fark göstermemektedir.

198

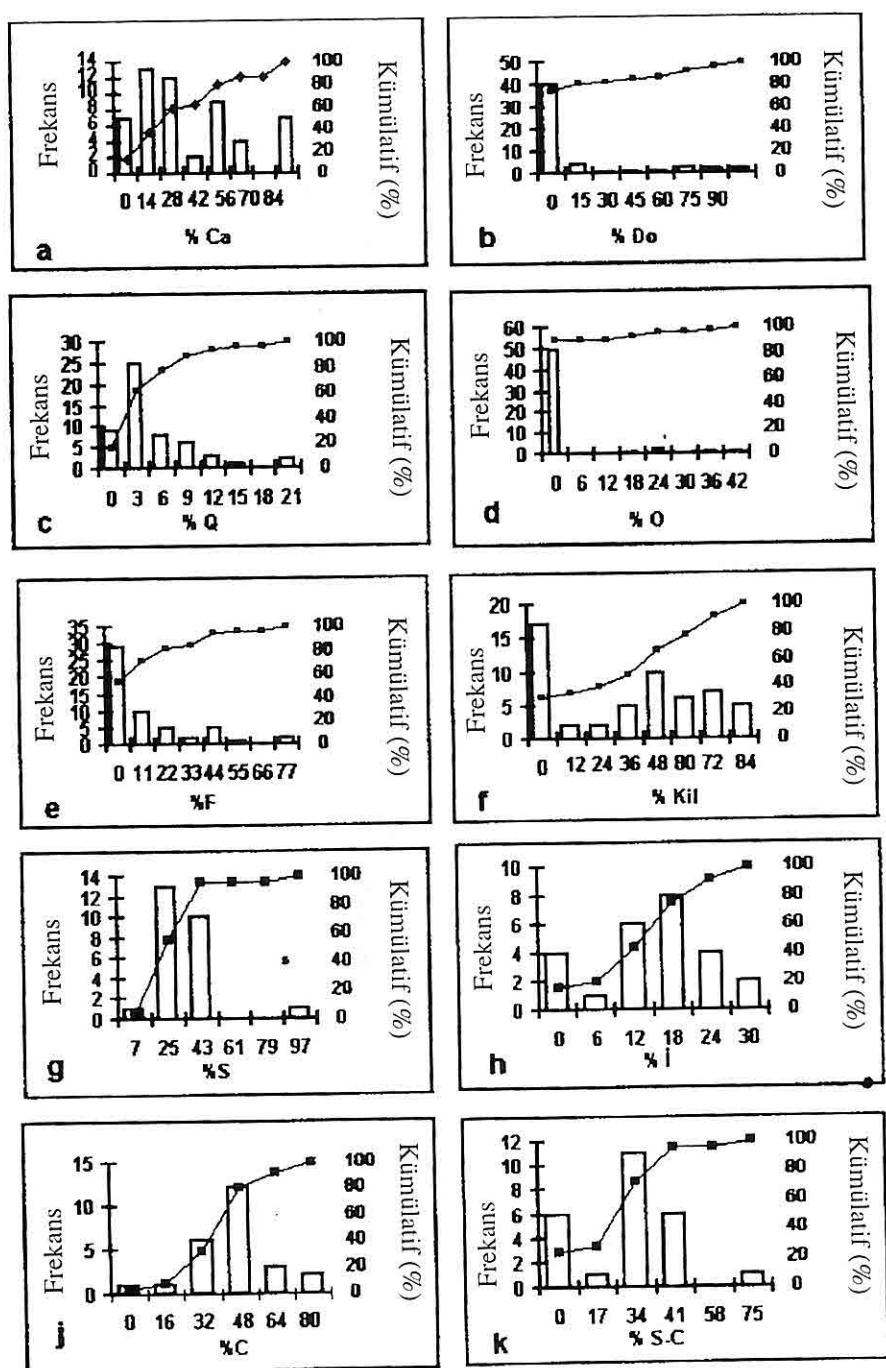
### 3.5. Tahmin Teorisi

Kesitlerin tümkayaç ve kil minerallerinin aritmetik ortalaması güvenaralığı % 95 anlamlılık düzeyinde bulunmuştur (Tablo 5). Buna göre tahmini yapılan tümkayaç minerallerinden kalsit en yüksek, opal en düşük miktarda, kil minerallerinden ise smektit en yüksek, illit endüşük miktardadır. Bu sonuçlar daha önce bulunan genel aritmetik ortalamaları sonuçlarına paralellik göstermekle birlikte en düşük mineral frekans dağılımında jips iken tahmin teorisinde opaldır.

## 4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

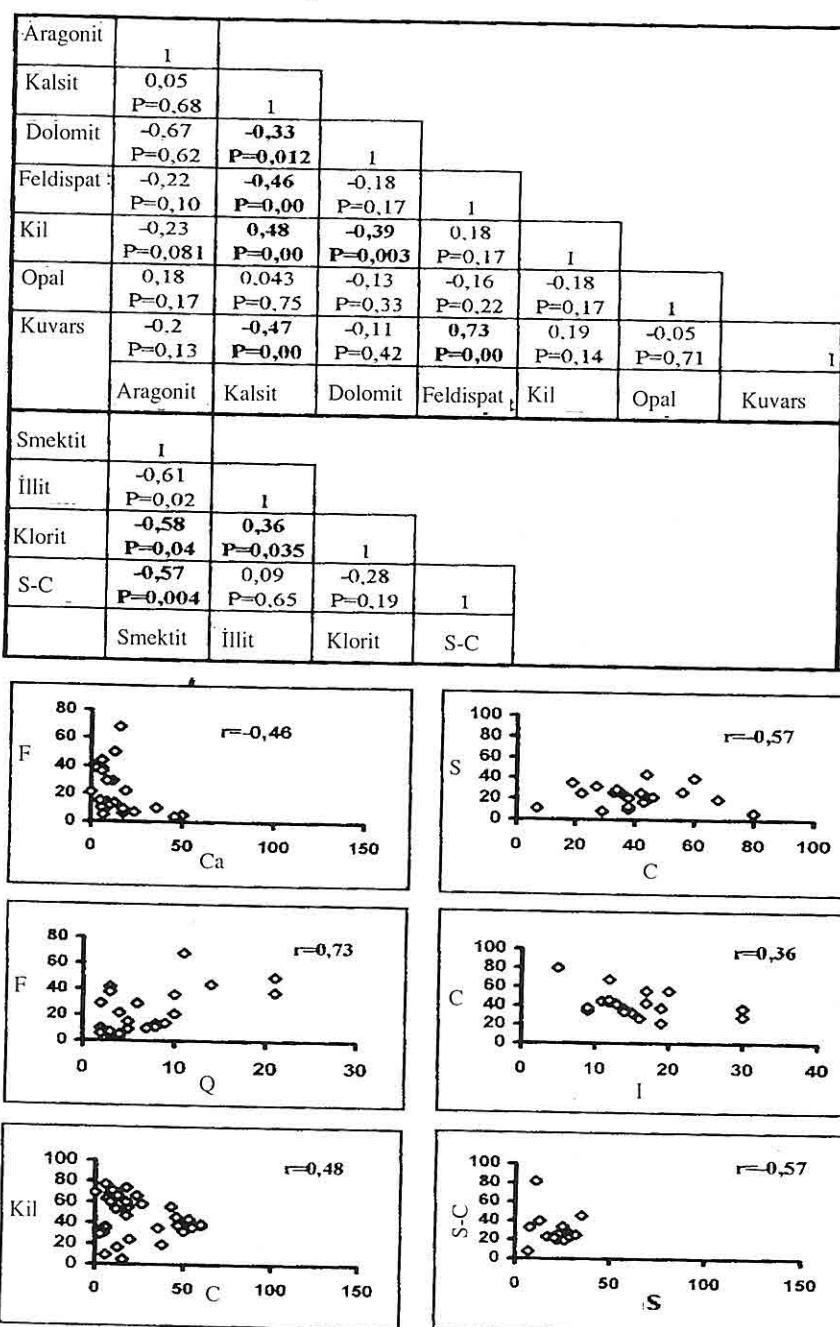
İnceleme konusu olan Üst Miyosen - Pliyosen yaşılı Çaybağı Havzası çevresinde yaşlıdan gence doğru Elazığ magmatitleri (Koniasiyen-Maastrichtian), Kırkgeçit Formasyonu (Orta - Üst Eosen), Palu Formasyonu

**ÇAYBAĞI HAVZASI MİNERALOJİK VERİLERİNİN İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE DEĞERLENDİRİLMESİ**



Şekil 3. Minerallerin sıkılık dağılımları.

Tablo 3. Minerallerin korelasyon analizi.



Şekil 4. Minerallerin korelasyon grafikleri.

*ÇAYBAĞI HAVZASI MİNERALOJİK VERİLERİNİN İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE DEĞERLENDİRİLMESİ*

**Tablo 4.** Minerallerin varyans analizi.

Mineraller	F Değeri	P Değeri	Sonuç
Kalsit	4,84	0,0049	P<0,05
Dolomit	4,75	0,0054	P<0,05
Kuvars	7,09	0,0005	P<0,05
Feldspat	4,18	0,01	P<0,05
Kil	3,45	0,023	P<0,05
Smektit	4,84	0,5	P>0,05
İllit	4,75	0,99	P>0,05
Klorit	7,09	0,1	P>0,05
S-C	4,18	0,88	P>0,05

**Tablo 5.** Minerallerin anakitle ortalama tahmini.

Mineral	Parametre			Anakitle Ortalamaları Tahmini
	n	Sx	t	
Kalsit	54	4,35	1,67	26,03 < X < 48,63
Dolomit	54	3,77	1,67	6,44 < X < 19,07
Kuvars	54	0,64	1,67	3,03 < X < 5,13
Opal	54	1,15	1,67	0,57 < X < 4,45
Feldspat	54	2,52	1,67	7,15 < X < 15,61
Kil	54	3,55	1,67	2,19 < X < 24,87
Smektit	27	3,64	1,67	20,02 < X < 32,98
İllit	27	1,54	1,67	5,42 < X < 10,64
Klorit	27	3,48	1,67	12,3 < X < 21,92
S-C	27	3,66	1,67	12,8 < X < 22,4

(Kuvaternler) yüzeylemektedir.

İncelenen minerallerin hepsi sağ asimetriktir. Bu, dağılımın pozitif ve ortalamaya göre minerallerin düşük değerlerinin çoğulukta olduğunu gösterir.

Minerallerin değişkenlik katsayıları yüksektir.

Kalsit, kil ve kuvarsın diğer minerallere göre katsayısının düşük olması, bu iki mineral değerinin ortalamaya yakın olup, düzenli dağıldığını gösterir.

Kalsit ve kil dışında mineraller standart dağılım eğrisinden daha sivridir.

Kalsit ve kilit sivrilığının düşük olması, bu minerallerin oluşumunda birden fazla süreç olduğunu (sedimentasyon-detritik) göstermektedir. Anhidrit, jips ve kristobalit sivrilığının yüksek olması, bunların sadece bir prosesle oluşma olasılığını ortaya koymaktadır. Bu, anhidrit, jips ve kristobalitin sadece belirli koşullarda gelişliğini gösterir.

Korelasyon analizinde kuvars-feldispat, kalsit-kil mineralleri arasında anlamlı pozitif; kalsit-feldispat, kalsit-kuvars, dolomit-kil mineralleri arasında anlamlı negatif korelasyon vardır. Kil minerallerinde ise illit-klorit arasında anlamlı korelasyon görülmesi, illit ve kloritin beraber bulunduğu ve aynı süreçlerle oluşduğunu göstermektedir. Ayrıca smektit-klorit, smektit-korensit arasında negatif anlamlı korelasyon vardır. Smektitle illit, klorit ve korensit negatif korelasyonu aynı işlevle oluşan (detritik) üç mineral ile smektitin farklı süreçle (sedimentasyon-detritik) oluşduğunu göstermektedir (Akkoca, 2001).

Varyans analizi, kesitlerde tümkayaç minerallerinin hepsinin farklı; özellikle kalsit, dolomit, kuvars, feldispat minerallerinde farkın çok önemli olduğu minerallerin havzada homojen olmadığını göstermektedir ki bu da önce bulunan genel aritmetik ortalama sonuçlarına uyum sunmaktadır. Kil minerallerinde ise kesitlerde fark olmadığı, havzada bu minerallerin homojen dağıldığı görülmüştür. Bu minerallerin oluşum koşullarının farklı olduğunu ve havzada ve havzanın gelişiminde farklı jeokimyasal

ortamların olduğunu gösterir. Nitekim, sedimentolojik veriler de havzanın göl ve nehir, sıç ve derin göl gibi farklı ortam özellikleri taşıdığını göstermektedir.

Tahmin teorilerine göre kalsit en yüksek, opal en düşük ortalamaya, kil minerallerinden ise smektit en yüksek, illit en düşük ortalamaya sahiptir. Bu, alkalin ortamın havzada en uzun süre egemen olduğu ve havzaya detritik malzeme geldiğini göstermektedir.

## 5. TEŞEKKÜR

Yazarlar, analizlerin yapılmasında saygı Prof. Dr. Hüseyin Yalçın ve Fatma Yalçın'a (Cumhuriyet Üniversitesi) teşekkür ederler. Bu çalışma, Fırat Üniversitesi Araştırma Fonu (291 nolu) araştırma projesi tarafından desteklenmiştir.

## 5. KAYNAKLAR

Akkoca, D., 2000. Çaybağı (Elazığ) Killerinin Mineralojisi, Jeokimyası ve Ekonomik Değerlendirme Olanakları, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (yayınlanmamış), 150s.

Boom,G., 1981. Auswertung Geochemischer Prospektionsergebnisse Bender, F., Angewandte Geowissenschaften Band 1, 347-358, Ferdinand Enke, Verlag, Stuttgart.

Caner, G., 1983. Maden Ekonomisi Mineral Kaynaklarının Değerlendirilmesi Teknik ve Ekonomik Kavram, Değer, Kriter ve Yöntemler, M.T.A Enst. Yayınlarından, Ankara, 27, 206s.

Davis, J.C., 1990. Statistics And Data Analysis in Geology. John Wiley and

**ÇAYBAĞI HAVZASI MİNERALOJİK VERİLERİNİN İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

- Sons., Newyork, 656 p.
- Koch, G.S., 2002. *Statistical Analysis of Geologycal Data*, Dover Pubns, 832pp.
- Özdamar, K., 1999. *Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizleri (1)*, Eskisehir, 510s.
- Sinclair, A.J., 1985. *Univariate Analysis*:ed.Govet,G.J.S., *Handbook of Exploration Geochemistry*, vol.2 (ed. Howarth, R.J.), *Statistics and Data Analysis in Geochemical Prospecting*, 59-81, Elsevier, Amsterdam.
- Swan, A. R. and Sandilands, M. H.
1995. *Introduction to Geological Data Analysis*, Blackwell Publishers, 448pp.
- Türkmen, İ., 1988. *Palu-Çaybağı (Elazığ Doğu'su) Yöresinin Sedimentolojik İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış), F. Ü. Fen Bilimleri Enst., Elazığ, 79s.
- Temur, S., 1995. *Jeolojide Veri Analizleri Ders Notları*, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, 21, 376s.
- Temur, S., 1997, *Jeolojide Veri Analizleri, Cilt 1*, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, 21, 376s.



**SANDIKLI (AFYON) TÜFLERİNİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ VE  
BETON AGREGASI OLARAK KULLANIM OLANAKLARININ  
İNCELENMESİ**

**İbrahim ÇOBANOĞLU**

*Ç. Ü., Jeoloji Müh. Bölümü, Adana/Türkiye*

**Yahya ÖZPINAR**

*Pamukkale Ü., Jeoloji Müh. Bölümü, Denizli/Türkiye*

**ÖZET:** Bu çalışmada Sandıklı (Afyon) zeolitik tüflerin mühendislik özellikleri ve beton agregası olarak kullanım olanakları araştırılmıştır. Çalışma TÜBİTAK projesi olarak Sandıklı çevresinde yürütülmüş bir araştırmmanın bir kısmını da içermektedir. Çalışmanın ilk aşamasında önceden belirlenmiş lokasyonlardan alınmış numuneler üzerinde çok sayıda laboratuar deneyleri yapılmıştır. İkinci aşamada tüflerin hafif beton imalatında kullanım açısından uygunlukları incelenmiştir. Bu amaçla maksimum 4 ve 8 mm tane boylarındaki agregalar hazırlanmıştır. Beton karışım hesaplarında kullanılmak üzere bu aggrega malzemelerinin fiziksel özellikleri belirlenmiş ve ayrı ayrı beton karışım hesapları yapılmıştır. Elde edilen beton numunelerinin basınç dayanımları zamana bağlı olarak tespit edilmiş ve beton basınç dayanımları ile kullanılan aggrega malzemesinin basınç dayanımları arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

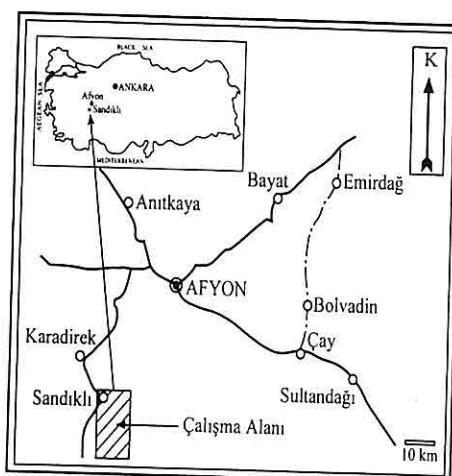
**ENGINEERING PROPERTIES OF SANDIKLI (AFYON) TUFFS  
AND INVESTIGATION OF THEIR POSSIBLE USE AS CONCRETE  
AGGREGATES**

**ABSTRACT:** In this study, engineering properties of Sandıklı zeolithic tuffs and their possible use as concrete aggregate have been investigated. The study is a part of Tübitak Project studied in and around Sandıklı (Afyon). At the initial stage of the research, physico-mechanical properties of zeolithic tuffs have been determined. For this purpose, numerous samples taken from different locations in the chosen geological setting have been examined. The second part of the study has considered the suitability of tuffs as light concrete material. To this end, maximum 4-8 mm size aggregates have been prepared. Physical properties of these aggregates have also been identified and different types of concrete mixing calculations have been made. Time dependency of the strength of concrete samples have been identified and relationship between concrete strength and the strength of used aggregate material have been examined.

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda diğer dünya ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de doğal yapı malzemeleri yapı sektöründe kullanımları oldukça detaylı bir şekilde araştırılır olmuştur. Bu tür çalışmalarında normal beton üretiminde kullanılan kırmataş agregaları dışında hafif beton üretiminde kullanılacak malzemeler de araştırılmaktadır. Özellikle hafif yapı elemanlarının üretimlerinde birim hacim ağırlıklarının düşük olması gibi avantajları nedeniyle, tüfler hafif aggrega olarak değerlendirilebilmektedirler. Dokuz Eylül Üniversitesi (1991) tarafından yapılan bir araştırma çalışmasında da puzolonik malzemeler arasında yer alan tüflerle yapılan betonlarda tüfün puzolan olarak görev yapabileceği belirtilmiştir.

İnceleme alanını teşkil eden Sandıklı (Afyon) doğusundaki bölgede (Şekil 1) Neojen yaşlı karasal ortamda çökelmanış



**Şekil 1.** Çalışma alanına ait yer bulduru haritası.

lav, tuf ve gölsel istif içinde ignimbiritik tüfitler bulunmaktadır. Bu çalışmada Sandıklı tüflerinin fiziksel özellikleri belirlenerek beton üretiminde aggrega olarak kullanım olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla beton deneyleri dahil olmak üzere toplam 616 adet deney yapılmıştır.

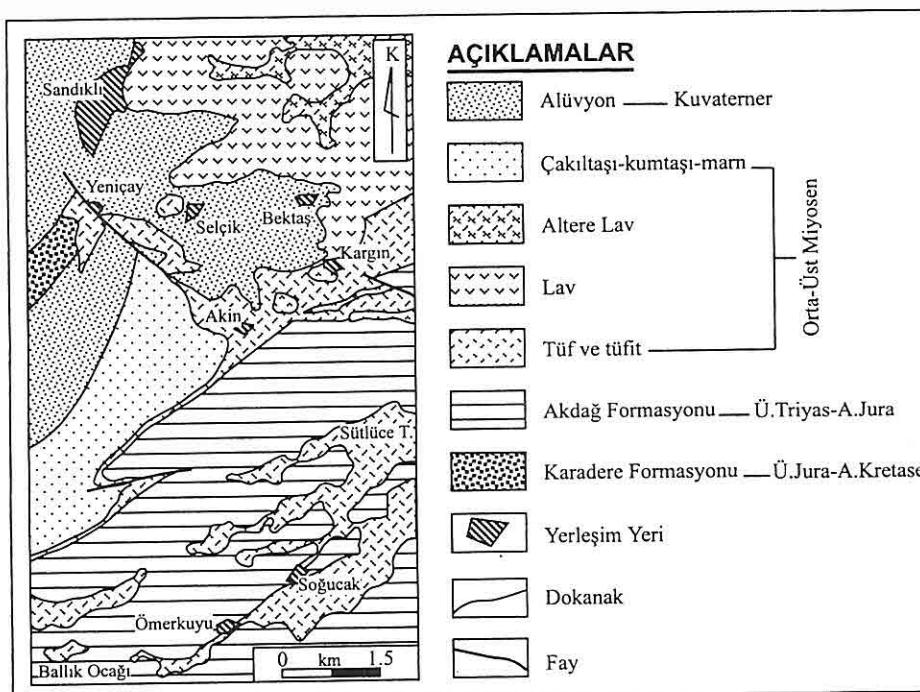
## 2. İNCELEME ALANININ GENEL JEOLOJİSİ VE VOLKANİTLERE GENEL BAKIŞ

İnceleme alanında Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı birimler yer almaktadır. Bölgede en yaşlı birim Triyas – Jura yaşlı Karatepe Formasyonu'dur. Mesozoyik yaşlı birimler üzerine açısal uyumsuzlukla Senozoyik yaşlı (Orta-Üst Miyosen) Sandıklı volkanitleri (lav, tuf, tüfit) gelmektedir (Şekil 2).

Sandıklı volkanitleri, Sandıklı ilçe merkezinin doğu ve kuzeydoğusunda yaygın olarak bulunmaktadır. Bunlar, lav, tuf ve tüfit düzeyleri ile temsil edilirler. Bu bölgede Orta Miyosen'de başlayan ve Üst Miyosen'de devam eden volkanik aktivite ile birlikte karaya ve göl ortamına volkanik malzeme girişi olmuştur (Ercan 1986). Böylelikle özellikle Akin ve Kargin köyleri doğusundaki bölgelerde yaygın tuf ve tüfit (gölsel tuf) oluşumları gerçekleşmiştir. Afyon-Sandıklı çevresindeki volkanitlerin Orta-Üst Miyosen boyunca oluştuğunu belirtmektedir (Ercan 1986). Bölgede yaygın olarak bulunan tüfler üç farklı renk ve dokuda izlenmektedirler (Özpınar vd., 1998). Bunlar;

1. Grup Tüfler: Krem renkli, bol gözenekli tüfler.

**SANDIKLI (AFYON) TÜFLERİNİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ VE BETON AGREGASI  
OLARAK KULLANIM OLANAKLARININ İNCELENMESİ**



**Şekil 2.** İnceleme alanının basitleştirilmiş jeoloji ve lokasyon haritası (Özpınar, 1998 b).

2. Grup Tüfler: Sütlü kahve renkli, az gözenekli tüfler.

3. Grup Tüfler : Grimsi-beyaz renkli, gözeneksiz olan gölsel tüfler (tüfitler).

Bu volkanitlerin mikroskopik incelemelerinden elde edilen özelliklerini özetle söylemek isterim;

**Piroklastlar:** Boyutları 1-4 mm arasında değişmektedir. Camsal, mikrolitik ve mikroporfirik dokulara sahip oldukları izlenmiştir. Saptanabilen mineraller, albit, sanidin, hornblend, ojít ve opak minerallerdir.

**Ekstraklastlar:** 0.5 – 1.5 mm arasında değişen boyutlarda bulunmaktadır. Çok az da olsa radyolarit ve kireçtaşları parçaları

belirlenmiştir.

**Matriks:** Taneleri kaplayan matriks, volkanik camdan oluşmakta olup, genellikle dairesel ve düzensiz boşluklu olarak bulunmaktadır. Matrikste zeolitleşme yaygındır.

**Pirojen Mineraller:** Tüflerin renk ve dokusal özelliklerine göre pirojen minerallerin dağılımları farklılıklar sunmaktadır. 1.Grup tüflerde biyotit ve hornblend az olarak izlenirken 2.grup tüflerde bu minerallere ojít eklenir ve bol olarak bulunur. Opak mineral yüzdesi 2. Grup tüflerde daha fazladır. İzlenen diğer pirojen mineraller albit ve sanidin olarak tespit edilmiştir.

**Sekonder Mineraller:** Genellikle matrikste sekonder mineral oluşumu fazladır. Zeolit minerali olarak şabazit, analsim, klinoptilolit ve fillipsit tespit edilmiştir. 3. Gruptaki tüflerde analsim iri taneler halinde ve öz şekilli olarak bulunmaktadır. Şabazit daha çok 1. Grup tüflerde bulunmaktadır. 2. Gruptakilerde analsim ve klinoptilolit belirlenmiştir.

Mineralojik incelemelere göre bölgedeki tüfler vitritik ve/veya karışık (vitritik ve kristalli) tuf olarak adlandırılmışlardır.

İnceleme alanındaki tüfler 6 farklı lokasyona bağlı 28 grup altında ele alınmışlardır. Bu lokasyonlardaki tüflere ait makroskopik, mikroskopik ve kimyasal incelemeler şu özelliklerini ortaya koymuştur.

#### *1. Selçik Köyü Tüfleri (ST 1 – ST 9)*

Bej renkli, bol gözenekli pekleşmiş tüflerdir. Mikroskopik incelemeleri bunların vitritik tüfler olduğunu göstermektedir. Bu tüfler farklı oranlarda zeolit içermektedirler. Ana bileşen olarak sanidin, albit ve daha az olarak da ojit, hornblend ve biyotit bulunmaktadır. Sekonder mineral olarak bulunan zeolit miktarı lokasyondan lokasyona değişmektedir.

#### *2. Ballık Tüfleri (ST 10 – ST 15)*

Kahverengi, sarımsı renkli oldukça pekleşmiş tüflerdir. Gözeneklilikleri Selçik Köyü tüflerine göre daha azdır. Bileşen olarak ojit, albit, klorit, kalsit sekonder mineral olarak da zeolit bulunmaktadır. Zeolit miktarları genel

olarak % 35 – 65 arasında değişim göstermektedir.

#### *3. Soğucak Tüfleri (ST 16 – ST 17)*

Koyu gri-siyahımsı kahverenkli tüflerdir ve kompakt bir yapıdadırlar. İçlerinde iri kum-çakıl boyutunda volkanik malzeme de bulunmaktadır. Bazalt ve trakibazalt bileşimlidirler. Mineralojik bileşenleri itibarıyle Ballık tüflerine benzerler. Zeolit minerali olarak bulunan fillipsit kayacın % 85'ini oluşturmaktadır (Şekil 3).

#### *4. Sütlüce Tüfleri (ST 18 – ST 21)*

Açık-koyu kahve arasında değişen renklerde ve oldukça pekleşmiş olarak bulunmaktadır. İçlerinde yer yer mikritik kireçtaşım ekstraklastları ve volkanik kaya parçaları bulunmaktadır. Açık renkli tüflerden farklı olarak ojit minerali içermeleri dikkat çekmektedir.

#### *5. Akin Köyü Tüfleri (ST 22 – ST 23)*

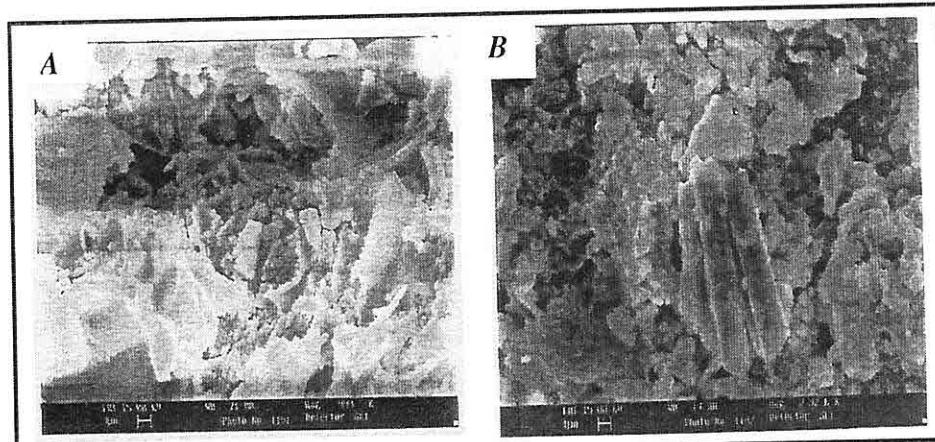
Beyaz, kısmen açık gri renkli vitritik tüflerdir. Bunlar da Selçik tüfleri gibi farklı oranlarda zeolit içermektedirler.

#### *6. Selçik Güneyi Tüfleri (ST 24 – ST 28)*

Selçik köyü tüflerine benzerler. Zeolit minerali olarak şabazit ön plana çıkmaktadır. Mikroskopik incelemeler şabazit (Şekil 3) miktarının % 25 – 65 arasında değiştğini göstermektedir.

Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği tarafından yapılan XRD analizleri sonuçları tüm örnek gruplarını içine alacak ve geneli yansıtacak şekilde Tablo 1'de gösterilmiştir.

İncelenen lokasyonlardan alınan tuf örneklerinin kimyasal analizleri de



**Şekil 3.** Sandıklı tüfleri içerisinde yer alan A) Şabazit ve B) Fillipsit minerallerinin elektron mikroskobunda görünümleri.

yapılmıştır. Denizli Çimento ve TCMB tarafından yapılmış olan kimyasal analiz sonuçları için ortalama değerler de Tablo 2'de görülmektedir.

Tüf agregalarının kimyasal özelliklerinin oluşumunda en etkin bileşen  $\text{SiO}_2$ 'dır. Bu değerin yüksek veya düşük oluşu tüfun asidik veya bazik karakterli bir özelliğe sahip olduğunu gösterir. Bu çalışmada incelenen tüflerin tamamına yakınının yüksek oranda silis içermeleri sebebiyle asidik karakterde oldukları söylenebilir. Ancak hafif beton agregaları ile ilgili Türk standartlarında agreganın bu karakteri ile ilgili bir sınırlandırma

bulunmamaktadır. Bununla birlikte özellikle  $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$  miktarındaki artışın puzolanik aktiviteyi ve dolayısıyla basma dayanımını artırdığı bilinmektedir.

### 3. İNCELEME ALANINDAKİ TÜFLERİN FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Çalışmada kullanılan tüflerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla laboratuar deneyleri yapılmıştır. Bu amaçla araziden alınan blok örneklerden 7\*7\*7 cm boyutlarında küp numuneler elde edilmiştir. Yapılan deneylerde TS 699 (Tabii Yapıtaşları

**Tablo 1.** Sandıklı tüflerinin XRD analiz sonuçları.

Örnek Yeri	Sanidin	Albit	Ortoklas	Kuvars	Ojít	Kıl Min.		Zeolit Mineralleri			
						Kalsit	İllit	Mont.	Şabazit	KNa	Na
Selçik	+	+		+			+	+	+	+	+
Ballık			+		+		+			+	+
Soğucak			+		+					+	+
Sütlüce			+		+					+	+
Akın	+			+					+		
Selçik Güneyi	+	+		+			+		+		

**Tablo 2.** İnceleme alanındaki tüflere ait kimyasal analiz sonuçları.

Örnek Yeri	Kimyasal Bileşen (%)							
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
Selçik	54.54	16.38	3.60	1.93	7.88	4.06	3.74	0.00
Ballık	52.68	18.79	4.82	0.28	4.85	0.74	5.67	0.33
Soğucak	49.83	17.51	5.75	1.95	3.94	4.09	7.15	0.00
Sütlüce	50.92	19.61	5.16	0.23	5.09	0.62	6.05	0.35
Akin	52.62	16.46	3.30	1.98	7.13	4.08	5.01	0.00
Selçik Güneyi	59.41	17.06	3.96	0.30	4.16	2.20	3.83	0.23

Muayene ve Deney Metotları) standardı esas alınmıştır. Buna göre tüflerin birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, ağırlıkça ve hacimce su emme, porozite ve tek eksenli basma dayanımları belirlenmiştir. Bulunmuş olan sonuçlara ait ortalama değerler Tablo 3'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.** Belirlenmiş lokasyonlardan alınan tüp numunelerine ait fiziko-mekanik özellikler.

Örnek No	Özgül Ağırlık	Birim Hacim Ağırlığı (grk/cm <sup>3</sup> )	Ağırlıkça Su Emme (%)	Hacimce Su Emme (%)	Görünür Porozite (%)	Basma Dayanımı (kgk/cm <sup>2</sup> )
ST 1	1.730	1.543	22.12	31.39	31.39	100.81
ST 2	1.750	1.461	22.81	32.11	32.15	124.21
ST 3	1.780	1.534	19.91	29.54	29.54	93.87
ST 4	1.787	1.592	20.90	30.79	30.79	89.48
ST 5	1.788	1.535	19.49	29.05	29.05	103.26
ST 6	1.692	1.480	24.45	33.17	33.02	76.42
ST 7	1.796	1.471	20.71	30.84	30.84	57.82
ST 8	1.704	1.482	23.01	31.88	31.88	59.60
ST 9	1.767	1.489	22.45	32.34	32.34	95.92
ST 10	2.058	1.762	16.04	28.32	28.32	162.59
ST 11	2.023	1.851	16.04	27.92	27.92	173.65
ST 12	1.965	1.747	16.20	27.39	27.39	232.14
ST 13	1.960	1.715	18.15	30.05	30.05	215.82
ST 14	1.884	1.626	19.74	30.26	30.17	140.95
ST 15	1.943	1.738	17.06	28.40	28.44	131.55
ST 16	1.935	1.714	17.56	28.82	28.82	170.72
ST 17	1.955	1.693	17.37	28.88	28.88	174.93
ST 18	1.967	1.841	16.73	27.04	27.04	191.36
ST 19	2.035	1.784	16.47	32.15	32.15	183.95
ST 20	2.105	1.923	13.40	24.80	24.80	294.92
ST 21	1.955	1.729	16.50	27.64	27.64	229.90
ST 22	1.762	1.491	22.30	32.12	22.12	58.42
ST 23	1.763	1.406	19.86	29.21	29.21	92.71
ST 24	1.753	1.474	22.74	32.38	32.38	108.39
ST 25	1.783	1.481	18.34	29.59	29.59	89.63
ST 26	1.804	1.495	20.29	30.35	30.35	98.49
ST 27	1.718	1.378	25.90	35.78	35.78	59.49
ST 28	1.744	1.479	21.82	31.21	31.21	105.61

Tablodaki porozite değerleri incelendiğinde, inceleme alanındaki tüflerin tamamının "Çok Fazla Boşluklu Kaya" sınıfında yer aldıkları görülür (Tablo 4). Aynı şekilde numunelerin tek eksenli basma dayanımı sonuçları incelendiğinde ST 20 numaralı lokasyon dışında, inceleme alanındaki tüflerin tamamının "Çok Düşük Dayanımlı Kaya" sınıfında çıktıları görülmektedir (Tablo 5).

Tüf numunelerinin tek eksenli basma dayanımlarının birim hacim ağırlıkları

(Şekil 4) ve su emme değerleri ile ilişkileri (Şekil 5) incelendiğinde doğrusal olarak ifade edilebilecek bağıntılar elde edilmiştir. Buna göre :

$$UCS = 354.68 \gamma_n - 436.2 \quad (R^2 = 0.76)$$

$$UCS = 16.866 S + 463.04 \quad (R^2 = 0.69)$$

şeklinde tanımlanabilmektedir. Bu bağıntılarda;

$$UCS = \text{Tek eksenli basma dayanımı (kgf/cm}^2\text{)}$$

$$\gamma_n = \text{Doğal birim hacim ağırlığı (grf/cm}^3\text{)}$$

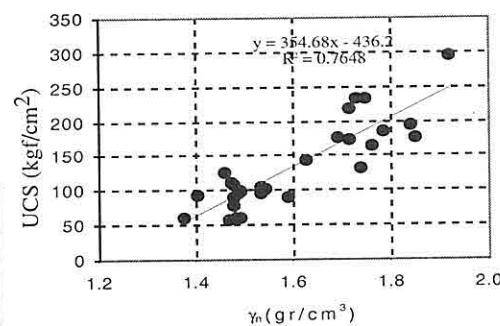
$$S = \text{Ağırlıkça su emme (\%)} \text{ değerleridir.}$$

**Tablo 4.** Kayaçların poroziteye göre sınıflandırılmaları (Moos-Quervain'den, Tarhan, 1989).

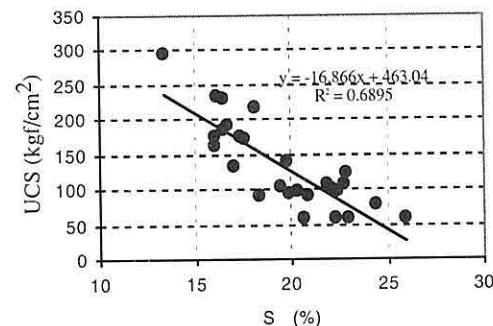
Kaya Sınıfı	Porozite (%)
Çok Kompakt	< 1
Az Boşluklu	1 – 2.5
Orta Boşluklu	2.5 – 5
Oldukça Boşluklu	5 – 10
Çok Boşluklu	10 – 20
Çok Fazla Boşluklu	> 20

**Tablo 5.** Kayaçların tek eksenli basma dayanımlarına göre sınıflandırılmaları (Deer ve Miller, 1966).

Kaya Sınıfı	Tek eksenli Basma dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
Çok Düşük Dayanımlı	< 250
Düşük Dayanımlı	250 – 500
Orta Dayanımlı	500 – 1000
Yüksek Dayanımlı	1000 – 2000
Çok Yüksek Dayanımlı	> 2000



**Şekil 4.** İnceleme alanındaki tüflerin birim hacim ağırlık – tek eksenli basma dayanımı ilişkileri.



**Şekil 5.** İnceleme alanındaki tüflerin ağırlıkça su emme (S) tek eksenli basma dayanımı (UCS) ilişkileri.

Elde edilen grafiklerde, örneklere ait değerlerin geniş bir aralıktaki dağılım göstermiş olması regresyon sayılarının kısmen düşük çıkışına neden olmuştur. Ancak bütün olarak ele alınıklarında bu eşitliklerin inceleme alanındaki tüflerin genelini temsil edecek nitelikte oldukları söylenebilir. Tüfler üzerinde yapılacak benzeri diğer çalışmalarda bu eşitlikler yaklaşık değerler olarak ele alınarak değerlendirilmeleri uygun olacaktır.

### 3.1. ELDE EDİLEN TÜF AGREGALARININ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

#### 3.1.1. Özgül Ağırlık

TS 1114'de hafif beton imalinde kullanılacak agregaların özgül ağırlık değerleri üzerine bir sınırlama bulunmamaktadır. Bu çalışmada kullanılan beton agregalarının hesaplanan ortalama özgül ağırlıkları Tablo 6 ve 7'de gösterilmiştir.

**Tablo 6.** Tüflerden elde edilen agregaların (0-4 mm boyutlu) özgül ağırlık ve su emme değerleri.

Örnek No	Örnek Yeri	Hacim Özgül Ağırlık (kuru)	Hacim Özgül Ağırlık (doygun yüzey kuru)	Görünür Özgül Ağırlık	Su Emme (%)
ST 1	Selçik	1.060	1.421	1.683	32.11
ST 2	Selçik	1.058	1.382	1.620	33.41
ST 3	Selçik	1.050	1.382	1.513	28.26
ST 4	Selçik	1.066	1.291	1.376	21.11
ST 5	Selçik	1.100	1.309	1.392	18.62
ST 6	Selçik	0.821	1.390	1.625	24.28
ST 7	Selçik	1.121	1.410	1.580	25.90
ST 8	Selçik	1.159	1.420	1.613	27.55
ST 9	Selçik	1.052	1.335	1.468	26.89
ST 10	Ballık	0.982	1.400	2.121	24.40
ST 11	Ballık	1.170	1.438	1.598	22.70
ST 12	Ballık	1.046	1.314	1.429	25.57
ST 13	Ballık	1.211	1.414	1.555	22.24
ST 14	Ballık	1.151	1.426	1.589	23.94
ST 15	Ballık	1.053	1.291	1.382	22.58
ST 16	Soğucak	1.069	1.380	1.559	29.42
ST 17	Soğucak	1.150	1.349	1.455	20.95
ST 18	Sütlüce	1.270	1.500	1.659	18.34
ST 19	Sütlüce	1.140	1.357	1.452	18.26
ST 20	Sütlüce	1.261	1.495	1.646	18.56
ST 21	Sütlüce	1.078	1.367	1.517	26.83
ST 22	Akin	1.117	1.417	1.595	26.82
ST 23	Akin	1.013	1.285	1.391	26.84
ST 24	Selçik Güneyi	1.000	1.284	1.406	30.31
ST 25	Selçik Güneyi	1.135	1.407	1.558	23.86
ST 26	Selçik Güneyi	1.211	1.488	1.676	22.90
ST 27	Selçik Güneyi	1.000	1.291	1.412	29.35
ST 28	Selçik Güneyi	1.118	1.400	1.482	28.88

Tablodaki değerlere bakıldığında, tüflerin büyük bir çoğunluğu (hem 4 ve hem de 8 mm tane boyu) için kuru hacim özgül ağırlık değerlerinin 1.00 – 1.20 aralığında yoğunlaşlığı görülmektedir. Bunlar içerisinde Sütlüce tüfleri en yüksek hacim özgül ağırlık değerleri vermektedir. Görünür özgül ağırlık değerleri açısından ise Ballık ve Sütlüce tüfleri en yüksek değerlere sahiptirler.

### 3.1.2. Su Emme

Normal beton agregalarının aksine tüflerde su emme değerleri yüksek olmaktadır. İncelenen bölge içinde yer alan tüflerdeki su emme değerleri arasında geneli yansıtabilecek olanlardan farkı olmak üzere daha düşük ve daha yüksek değerlerin elde edilmiş olması ;

- \* Tüfun içerdiği kil ve zeolit minerallerinin yüzdesine
- \* İçerdikleri zeolitlerin boşluk alanlarına
- \* Taneleri bağlayan camsı matriks ve taneler arasındaki boşluk alanlarına
- \* Tüflerin pekleşmişlik derecesi ve camsı faz miktarına bağlı olmaktadır.

Tüflerden hazırlanan aggregalarda da diğer aggregalarda olduğu gibi granülometri su emme değerlerini etkilemektedir. Bu bakımından farklı granülometrideki aggregaların su emme değerlerinde de farklılıklar olması beklenir. İnceleme alanındaki tüflerden elde edilen farklı boyutlardaki aggregalar için ortalama değerler ele alındığında en düşük su emme değerlerinin Sütlüce ve en yüksek su emme değerlerinin Selçik ve Ballık tüflerine ait olduğu tespit edilmiştir (Tablo 6 ve 7).

## 4. TÜF AGREGALARI

### KULLANILARAK BETON ÜRETİMİ

Hazırlanmış tuf aggregaları kullanılarak BS 16 beton sınıfında beton elde edilmeye çalışılmıştır. Bu beton sınıfı için önerilmiş olan dozaj  $300 - 400 \text{ kg/m}^3$ , tür (TS 2511). Önerilen karışım suyu  $180 - 270 \text{ kg}$  arasında değişmektedir. Hava katkısı ise  $\% 7,5 \pm 1$  olarak alınmaktadır. Elde edilen betonların tamamında PC 325 çimentosu kullanılmıştır. Karışım hesapları TS 802 ve TS 2511 standartlarına göre yapılmıştır. Hazırlanan beton karışımı 7 cm çapında 14 cm boyunda polietilen kalıplar içine konularak silindirik beton numuneleri elde edilmiştir. Bu numunelerin basınç dayanımlarının zamana bağlı olarak değişimlerini incelemek amacıyla numuneler farklı kategoriler halinde 7, 14, 28 ve 56 gün su içerisinde bekletilmiş ve ardından normal havada kurutulmuşlardır. Bu işlemlerin ardından beton numunelerin alt ve üst yüzeyleri kükürt kapakla sıvanmış, böylelikle basma deneyi sırasında cihazın numunelerin alt ve üst yüzeylerine tam olarak temas etmesi sağlanmıştır. Bekleme süreleri dolan numuneler tek eksenli basma deney aleti ile kırma işlemeye tabi tutulmuştur.

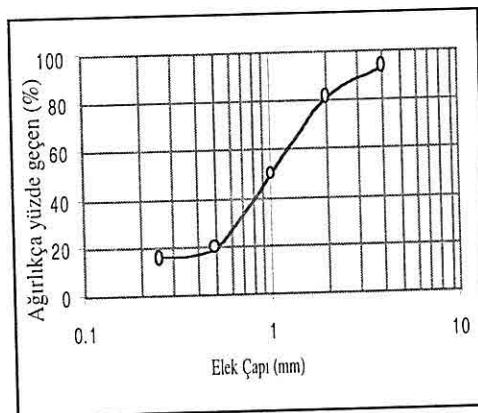
Beton standartlarının çoğunda agregra granülometrileri limitlere bağlanmış olup, kullanılacak malzemenin elek analizi sonuçlarının da bu limitlere uygun olması gerekmektedir. Bu çalışmada karışım hesaplarına esas teşkil eden agregra

**Tablo 7.** Tüflerden elde edilen agregaların (4-8 mm boyutlu) özgül ağırlık ve su emme değerleri.

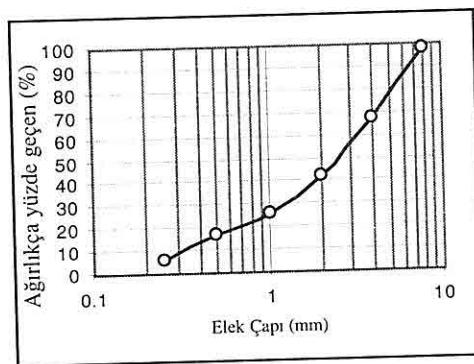
Örnek No	Örnek Yeri	Hacim Özgül Ağırlık (kuru)	Hacim Özgül Ağırlık (doygun yüzey kuru)	Görünürü Özgül Ağırlık	Su Emme (%)
ST 1	Selçik	1.120	1.520	1.880	36.16
ST 2	Selçik	1.110	1.466	1.718	31.40
ST 3	Selçik	1.030	1.340	1.502	30.48
ST 4	Selçik	1.111	1.428	1.485	18.23
ST 5	Selçik	1.128	1.421	1.372	18.88
ST 6	Selçik	0.840	1.398	1.880	64.78
ST 7	Selçik	1.154	1.428	1.568	27.20
ST 8	Selçik	1.154	1.187	1.611	27.52
ST 9	Selçik	1.158	1.482	1.488	26.00
ST 10	Ballık	0.987	1.623	2.710	64.35
ST 11	Ballık	1.311	1.580	1.623	24.10
ST 12	Ballık	1.162	1.312	1.414	26.24
ST 13	Ballık	1.310	1.549	1.722	18.21
ST 14	Ballık	1.214	1.388	1.482	23.50
ST 15	Ballık	1.158	1.311	1.388	20.20
ST 16	Soğucak	1.150	1.298	1.350	12.89
ST 17	Soğucak	1.268	1.471	1.591	15.99
ST 18	Sütlüce	1.390	1.537	1.623	10.00
ST 19	Sütlüce	1.522	1.678	1.803	10.21
ST 20	Sütlüce	1.630	1.810	1.990	11.19
ST 21	Sütlüce	1.244	1.398	1.474	12.35
ST 22	Akin	1.426	1.677	1.905	17.61
ST 23	Akin	1.157	1.349	1.432	59.60
ST 24	Selçik Güneyi	1.130	1.320	1.398	16.92
ST 25	Selçik Güneyi	1.149	1.320	1.395	15.33

granülometrileri TS 706'ya uygun olarak belirlenmiş ve tane boyu dağılımları maksimum tane çapı 4 mm olan karışım için Şekil 6'da ve maksimum tane çapı 8 mm olan karışım için Şekil 7'de görüldüğü gibi elde edilmiştir.

Karışım hesabı sonucu elde edilen agrega, su, çimento ve hava miktarlarının uygunluğu, hazırlanan 3 adet silindirik numuneli deneme karışıntılarıyla kontrol edilmiştir. Üretilen betonlarda sıkıştırma şıpleme ile yapılmış ve ardından vibratör kullanılmıştır.



Şekil 6. Maksimum tane çapı 4 mm olan agregalara ait granülometri eğrisi.



Şekil 7. Maksimum tane çapı 8 mm olan agregalara ait granülometri eğrisi.

Betonda istenen su / çimento oranı sadece mukavemet özelliğine göre değil aynı zamanda görünüş ve işlenebilme özellikleri de göz önüne alınarak belirlenebilmektedir. Bu oranın belirlenmesinde de beton standartlarının ortaya koyduğu çizelgelerden yararlanılmaktadır (TS 802). Bu çalışmada da ağırlık esasına göre karışımındaki su / çimento oranı 0.53 olarak seçilmiştir. Bu oran kullanılarak elde edilen betonların  $m^3$

ağırlıkları, maksimum tane boyu 4 mm olan agrega için minimum 1707.2 kg (ST 23 – Akin), maksimum 2032.9 kg (ST 20 – Sütlüce) ve maksimum tane boyu 8 mm olan agrega için minimum 1709.3 kg (ST 22 – Akin), maksimum 2033.6 kg (ST 20 – Sütlüce) olarak elde edilmiştir.

Üretilen BS 16 betonlar ile bunların yaş ilişkileri irdelenirken betonların 28 günlük basınç dayanımları 1.0 olarak kabul edilmiştir. Buna göre 7, 14, 28 ve 56 günlük dayanım ilişkileri araştırılmıştır (Şekil 8 ve 9).

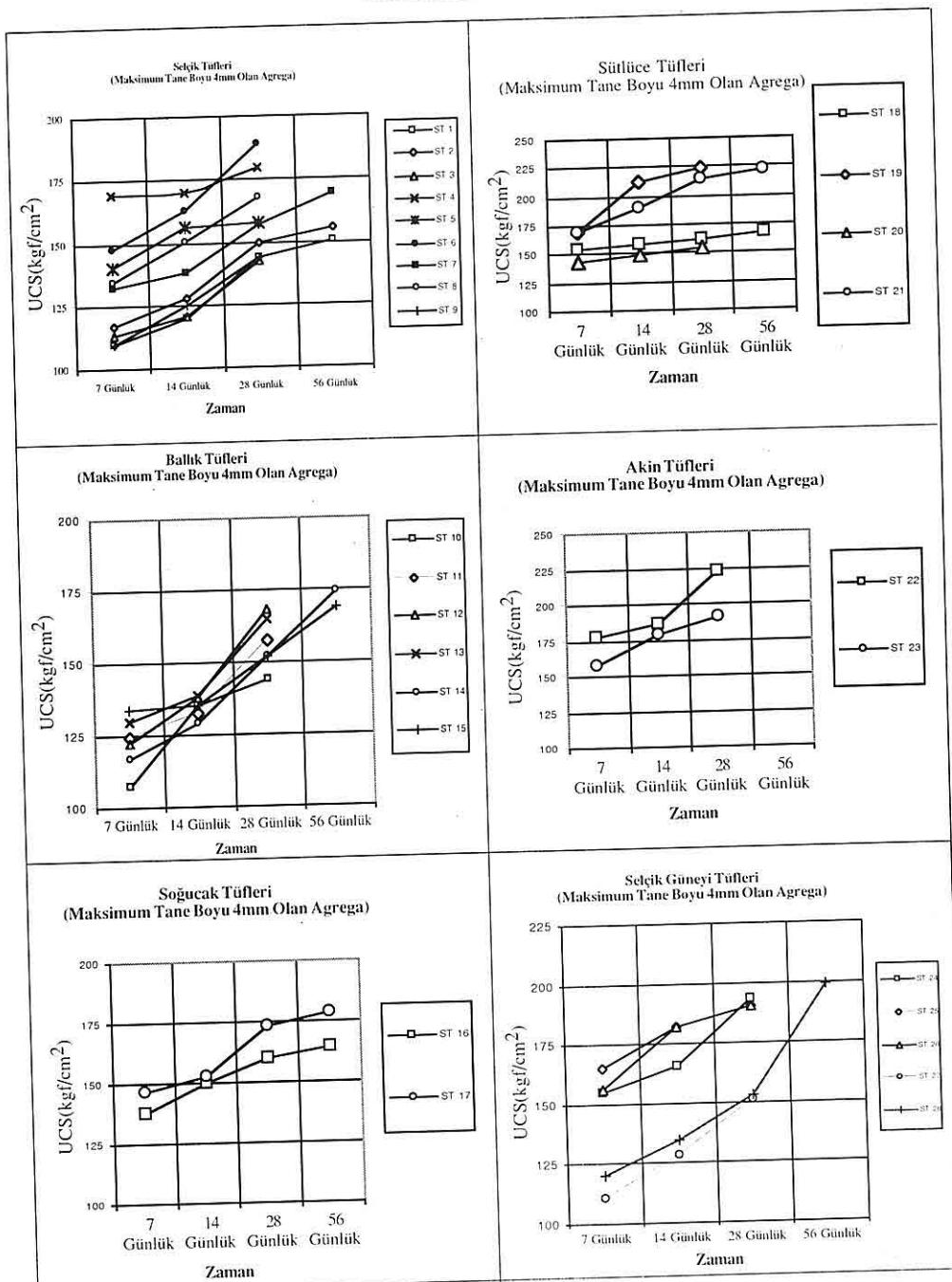
Maksimum tane çapı 4 mm olan agregaların kullanılmasıyla elde edilen betonların dayanım değerlerinin zamana bağlı olarak değişim ilişkileri Tablo 8'de ve grafiksel olarak Şekil 7'de gösterilmiştir. Buna göre Selçik tüfleri ile üretilen betonların 7 günde, 28 günde ulaşabilecekleri dayanımın 0.81'ini, 14 günde ise 0.88'ine ulaştıkları, Ballık tüflerinde 7. günde 0.78 ve 14. günde 0.86'lık kısmına ulaştıkları, Soğucak tüflerinde 7. günde 0.85 ve 14. günde 0.91'lik kısmına ulaştıkları, Sütlüce tüflerinde 7. günde 0.86 ve 14. günde 0.95'lik kısmına ulaştıkları, Akin tüflerinde 7. günde 0.81 ve 14. günde 0.88'lik kısmına ulaştıkları, Selçik Güneyi tüflerinde ise 7. günde 0.79 ve 14. günde 0.89'lik kısmına ulaştıkları belirlenmiştir.

Benzer şekilde maksimum tane çapı 8 mm olan agregaların kullanılmasıyla elde edilen betonların dayanım değerlerinin zamana bağlı olarak değişimleri de Tablo 9'da ve grafiksel olarak Şekil 9'da görülmektedir.

**Tablo 8.** Maksimum tane çapı 4 mm olan agregalarla elde edilen beton numunelerinin zamana bağlı olarak dayanım değerlerindeki değişimler.

Örnek No	Beton Basma Dayanımı ( $\text{kg/cm}^2$ ) Maksimum tane boyutu 4 mm				28 Günlük Basınç Dayanımı 1.0 Kabul Edildiğinde Basınç Dayanımının Zamanla Değişimi			
	7 Günlük	14 Günlük	28 Günlük	56 Günlük	7 Günlük	14 Günlük	28 Günlük	56 Günlük
	ST 1	109.42	119.51	143.99	150.03	0.76	0.83	1.0
ST 2	116.60	127.76	149.48	155.16	0.78	0.85	1.0	1.04
ST 3	112.82	120.35	142.67		0.79	0.84	1.0	
ST 4	169.28	170.34	179.92		0.94	0.95	1.0	
ST 5	140.42	155.92	158.00		0.88	0.98	1.0	
ST 6	147.66	162.81	189.31		0.77	0.86	1.0	
ST 7	131.77	137.75	156.57	169.09	0.84	0.87	1.0	1.08
ST 8	134.63	150.47	167.71		0.80	0.89	1.0	
ST 9	109.15	125.00	143.61		0.76	0.87	1.0	
ST 10	107.74	135.00	143.96		0.74	0.93	1.0	
ST 11	124.30	132.16	157.34		0.79	0.84	1.0	
ST 12	122.63	137.69	167.92		0.73	0.82	1.0	
ST 13	130.00	138.22	164.55		0.79	0.84	1.0	
ST 14	116.91	129.32	151.83	174.60	0.77	0.85	1.0	1.15
ST 15	133.69	135.38	151.96	168.70	0.87	0.89	1.0	1.11
ST 16	137.66	150.18	159.45	164.29	0.86	0.94	1.0	1.03
ST 17	146.00	152.64	173.35	178.42	0.84	0.88	1.0	1.03
ST 18	154.54	157.47	162.33	167.04	0.95	0.97	1.0	1.03
ST 19	170.26	211.89	224.02		0.76	0.94	1.0	
ST 20	144.00	149.33	153.62		0.93	0.97	1.0	
ST 21	170.00	190.75	215.18	222.71	0.79	0.88	1.0	1.03
ST 22	177.91	186.72	222.38		0.80	0.83	1.0	
ST 23	157.00	178.14	191.38		0.82	0.93	1.0	
ST 24	155.00	165.60	153.75		0.80	0.85	1.0	
ST 25	165.13	181.96	190.41		0.82	0.95	1.0	
ST 26	155.88	181.96	190.41		0.82	0.95	1.0	
ST 27	110.43	128.64	151.35		0.73	0.84	1.0	
ST 28	119.98	134.72	153.10	199.25	0.78	0.88	1.0	1.04
<b>Ortalama</b>					<b>0.78</b>	<b>0.88</b>	<b>1.0</b>	<b>1.058</b>

**SANDIKLI (AFYON) TÜFLERİNİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ VE BETON AGREGASI  
OLARAK KULLANIM OLAN AKRAKLARININ İNCELENMESİ**

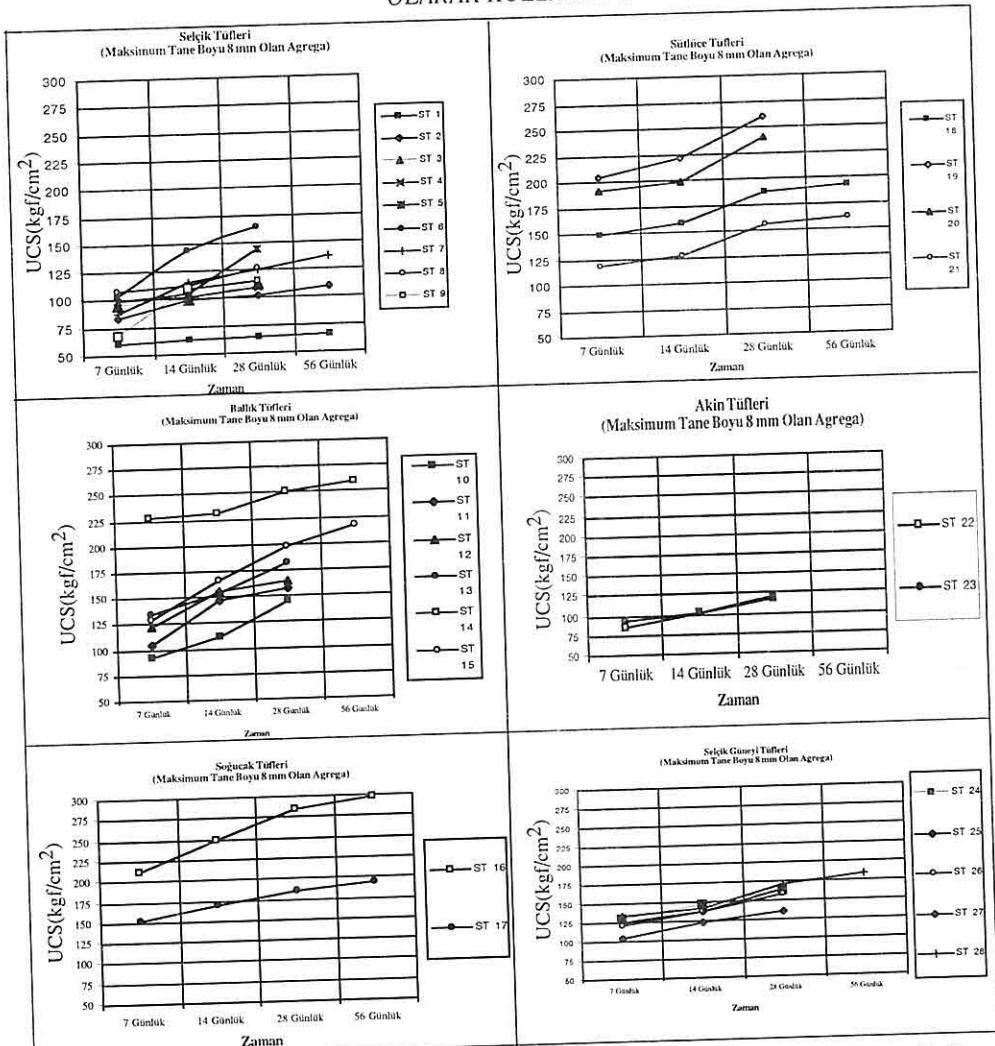


Şekil 8. Maksimum tane çapı 4 mm olan agregalarla elde edilen beton numunelerine ait basma dayanımı (UCS) - zaman ilişkileri.

**Tablo 9.** Maksimum tane çapı 8 mm olan agregalarla elde edilen beton numunelerinin zamana bağlı olarak dayanım değerlerindeki değişimler.

Örnek No	Beton Basma Dayanımı ( $\text{kg/cm}^2$ ) Maksimum tane boyutu 8 mm				28 Günlük Basınç Dayanımı 1.0 Kabul Edildiğinde Basınç Dayanımının Zamanla Değişimi			
	7 Gün.	14 Gün.	28 Gün.	56 Gün.	7 Gün.	14 Gün.	28 Gün.	56 Gün.
ST 1	60.70	62.60	64.69	65.98	0.93	0.96	1.0	1.02
ST 2	82.62	98.74	102.59	108.74	0.80	0.96	1.0	1.08
ST 3	95.21	99.35	112.80		0.84	0.88	1.0	1.08
ST 4	98.85	101.43	109.83		0.89	0.92	1.0	
ST 5	98.74	104.20	143.42		0.69	0.73	1.0	
ST 6	103.24	143.22	164.56		0.63	0.87	1.0	
ST 7	87.00	115.52	125.24	136.51	0.69	0.92	1.0	1.09
ST 8	107.36	112.00	126.90		0.85	0.88	1.0	
ST 9	67.74	109.85	114.46		0.59	0.95	1.0	
ST 10	92.47	111.84	145.51		0.64	0.76	1.0	
ST 11	104.72	146.64	156.62		0.67	0.94	1.0	
ST 12	121.57	155.88	164.13		0.74	0.95	1.0	
ST 13	134.88	153.31	182.19		0.74	0.84	1.0	
ST 14	227.00	230.63	251.43	258.97	0.90	0.92	1.0	1.03
ST 15	129.78	166.27	197.94	217.73	0.76	0.84	1.0	1.10
ST 16	211.49	249.52	283.54	297.71	0.74	0.84	1.0	1.05
ST 17	151.62	170.27	185.07	194.32	0.82	0.92	1.0	1.05
ST 18	149.28	158.61	186.60	192.19	0.80	0.85	1.0	1.03
ST 19	204.48	221.47	260.55		0.78	0.85	1.0	
ST 20	191.70	199.00	239.62		0.80	0.83	1.0	
ST 21	118.30	127.37	155.66	161.88	0.76	0.81	1.0	1.04
ST 22	85.59	100.51	118.24		0.72	0.85	1.0	
ST 23	92.73	102.32	122.01		0.76	0.84	1.0	
ST 24	129.92	146.45	162.00		0.79	0.90	1.0	
ST 25	124.86	137.71	164.30		0.76	0.84	1.0	
ST 26	120.19	137.71	159.09		0.75	0.84	1.0	
ST 27	104.28	122.41	135.42		0.77	0.90	1.0	
ST 28	133.09	141.63	170.63	184.28	0.78	0.83	1.0	
<b>Ortalama</b>					<b>0.76</b>	<b>0.87</b>	<b>1.0</b>	<b>1.057</b>

**SANDIKLI (AFYON) TÜFLERİNİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ VE BETON AGREGASI  
OLARAK KULLANIM OLAN AKLARININ İNCELENMESİ**



**Şekil 9.** Maksimum tane çapı 8 mm olan agregalarla elde edilen beton numunelerine ait basma dayanımı (UCS) - zaman ilişkileri.

Buna göre Selçik tüfleri ile üretilen betonların 7. günde, 28. günde ulaşabilecekleri dayanımın 0.77'sini, 14. günde ise 0.89'una ulaştıkları, Ballık tüflerinde 7. günde 0.74 ve 14. günde 0.87'lik kısmına ulaştıkları, Soğucak tüflerinde 7. günde 0.78 ve 14. günde 0.88'lik kısmına ulaştıkları, Sütlüce

tüflerinde 7. günde 0.78 ve 14. günde 0.83'lik kısmına ulaştıkları, Akin tüflerinde 7. günde 0.74 ve 14. günde 0.84'lik kısmına ulaştıkları, Selçik Güneyi tüflerinde ise 7. günde 0.77 ve 14. günde 0.86'lik kısmına ulaştıkları belirlenmiştir.

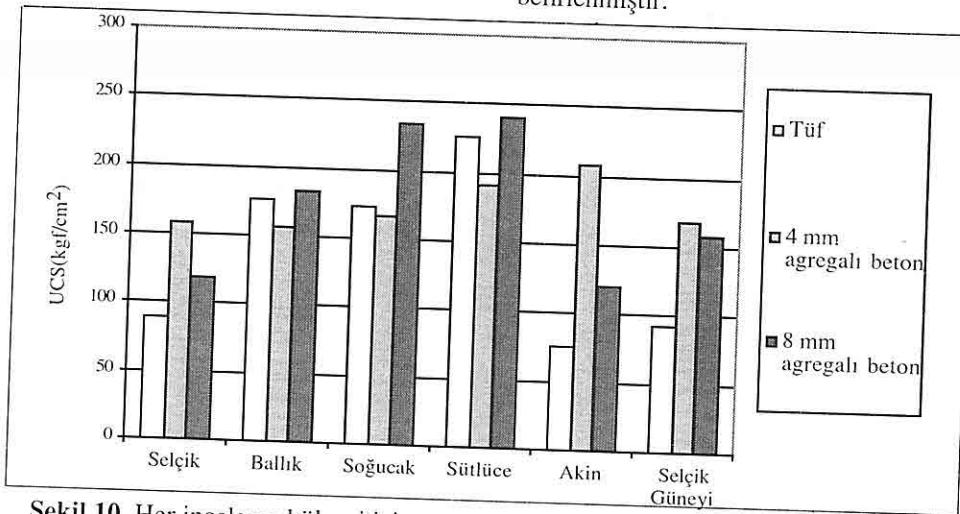
Elde edilen bu sonuçlar ışığında hazırlanan tuf agregali beton örneklerinin

basınç dayanımları ile karışımında kullanılan agregaların basınç dayanımları mukayese edildiğinde, Sütlüce, Soğucak ve Ballık tüslerinden 8 mm maksimum tane çaplı agrega ile üretilen beton dayanımlarının diğer tüsflere göre daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Maksimum 4 mm tane çaplı agregalarla üretilen betonlarda ise Akin, Sütlüce ve Selçik Güneyi tüslerinin yüksek dayanım değerleri verdikleri görülmektedir (Şekil 10).

kullanım olanakları da ayrıntılı olarak araştırılabilir.

## 5. SONUÇLAR

- İnceleme alanındaki tuf örnekleri üzerinde yapılan deneylerden birim hacim ağırlığı değerlerinin  $1.367 - 1.856 \text{ gr/cm}^3$ , hacimce su emme değerlerinin % 24.80 – 33.17, ağırlıkça su emme değerlerinin % 13.40 – 24.45 ve görünür porozitelerinin % 27.04 – 32.30 arasında değiştiği belirlenmiştir.



Şekil 10. Her inceleme bölgesi için agrega, 4 mm agregali beton ve 8 mm agregali beton dayanım değerlerinin karşılaştırılması.

Elde edilen bulgular ışığında özellikle Ballık, Soğucak ve Sütlüce tüsler ile hazırlanan beton numuneleri için hedeflenen değerlerin elde edilmiş olması, söz konusu tüslerin hafif beton üretiminde kullanılabilceklerini göstermektedir. Bu konuda yapılacak diğer araştırmalar tüslerin farklı kullanım alanlarının ortaya konmasına yardımcı olacaktır. Bölgedeki tüslerin özellikle yalıtımlı siva malzemesi ve hafif doğal yapı malzemesi olarak

- Tüsler üzerinde yapılan tek eksenli basma dayanımı deney sonuçları Selçik tüslerinin en düşük değerleri ( $57.81 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ ), Soğucak tüslerinin ise en yüksek değerleri ( $294.92 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ ) verdiği göstermiştir.

- İnceleme alanındaki tüsler porozite değerlerine göre "Çok Fazla Boşluklu Kaya" sınıfında ve tek eksenli basma dayanımlarına göre "Çok Düşük Dayanımlı Kaya" sınıfında yer

## SANDIKLI (AFYON) TÜFLERİNİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ VE BETON AGREGASI OLARAK KULLANIM OLANAKLARININ İNCELENMESİ

almaktadır.

4. Maksimum tane boyu 4 mm olan agregalarla üretilen BS 16 betonların dayanım ortalamaları Selçik tüflerinde 159.02 kgf /cm<sup>2</sup>, Ballık tüflerinde 156.26 kgf /cm<sup>2</sup>, Soğucak tüflerinde 166.4 kgf /cm<sup>2</sup>, Sütlüce tüflerinde 191.29 kgf /cm<sup>2</sup>, Akin tüflerinde 206.88 kgf/cm<sup>2</sup> ve Selçik güneyi tüflerinde 167.80 kgf /cm<sup>2</sup>, olarak bulunmuştur.

5. Maksimum tane boyu 8 mm olan agregalarla üretilen BS 16 betonların dayanım ortalamaları Selçik tüflerinde 118.28 kgf /cm<sup>2</sup>, Ballık tüflerinde 182.97 kgf /cm<sup>2</sup>, Soğucak tüflerinde 234.30 kgf /cm<sup>2</sup>, Sütlüce tüflerinde 210.61 kgf /cm<sup>2</sup>, Akin tüflerinde 120.12 kgf/cm<sup>2</sup> ve Selçik güneyi tüflerinde 158.28 kgf /cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.

6. İyi konsolide olmuş, kütle ve tane dayanımı yüksek olan Sütlüce, Soğucak ve Ballık bölgesi tüfleri hafif taşıyıcı beton üretiminde kullanılabilirler. Daha boşluklu, tane ve kütle dayanımı daha düşük olan Selçik ve Selçik Güneyi tüfleri ise özellikle yalıtımlı siva malzemesi olarak değerlendirilebilirler.

7. Bölgede yer alan tüfler doğal halleri ile farklı amaçlara yönelik yapıtaşı olarak da değerlendirilebilirler.

8. "Çok Fazla Boşluklu" ve "Çok Düşük Dayanımlı" kaya sınıfında yer almalarına rağmen bölge tüflerinden BS 16 sınıfında beton elde edilebilmesi tüflerin doğal puzolan malzemeler olduğunu ispatlamaktadır.

### 6. KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Saha çalışmalarının bir kısmı için araç

temini ve kimyasal analizlerin yapılması işleri Denizli Çimento Fabrikası tarafından yerine getirilmiştir. Arazi çalışmaları sırasında barınma imkanı Sandıklı Kaymakamlığı tarafından sağlanmıştır. Hazırlanan beton numunelerinin testleri Denizli Modern Beton Santrali beton test laboratuvarında yapılmıştır. Bu imkanları sağlayan ve çalışmalarımıza yardımlarıyla destek olan yukarıdaki kurum ve kuruluşların yetkilileri ile çalışanlarına teşekkürü borç biliriz.

### 7. KAYNAKLAR

Deer, D.U. and Miller R.P., 1966. *Engineering classification and index properties for intact rock. Technical report no:AFNL-TR-65-116, Air Force Weapons Laboratory, New Mexico, 120 p.*

Dokuz Eylül Üniversitesi, 1991. *Puzolanik Maddeler, Jeo. Müh. Bölümü Araştırma Raporu, Fen Bilimleri Enstitüsü, s.154-165.*

Ercan, T., 1986. *Orta Anadolu'daki Senozoyik Volkanizma, M.T.A. Dergisi, No:107, s 119-141, Ankara.*

Özpinar, Y., 1998 b. *Sandıklı (Afyon) volkanitlerinin jeolojik, petrografik ve petrokimyasal incelemesi ve tras olarak değerlendirilmesi, AR-GE Proje No: 97MHF.006.Jeo.002-3, Denizli.*

Özpinar, Y., Bozkurt, R., Çobanoğlu, İ., Küçük, B., 1998. "Sandıklı Zeolitik Tüflerinin Petrografik, Petrokimyasal İncelemesi ve Bunların Teknolojik Açıdan Değerlendirilmesi", I. Battı Anadolu Hammadde Kaynakları Sempozyumu "BAKSEM'99", Bildiriler Kitabı, 277-289, İzmir.

- Tarhan, F., 1989. *Mühendislik Jeolojisi Prensipleri*, 384 s., Trabzon.
- TSE, 1976, TS 1114. *Hafif Agregalar*, TSE Yayınları, Ankara.
- TSE 1977, TS 2511. *Taşıyıcı Hafif Beton Karışım Hesapları*, TSE Yayınları, Ankara.
- TSE 1980, TS 706. *Beton Agregaları*, TSE Yayınları, Ankara.
- TSE 1985, TS 802. *Beton Karışım Hesap Esasları*, TSE Yayınları, Ankara.
- TSE 1987, TS 699. *Tabii Yapıtaşları Muayene ve Deney Metotları*, TSE Yayınları, Ankara.

UPGRADING LOW-GRADE FELDSPAR ORES FOR USE IN THE  
CERAMIC AND GLASS INDUSTRIES BY COMBINATION OF FROTH  
FLOTATION AND MAGNETIC SEPARATION METHODS

Abdullah SEYRANKAYA

D.E.Ü., Mining Engineering Department, İzmir/Türkiye

**ABSTRACT:** In this study possibility of evaluation of low-grade feldspar ores has been investigated by the froth flotation and magnetic separation methods. Batch flotation tests were carried out to upgrade the pegmatite type feldspar ore to meet the specifications required for the glass and ceramic industries. A flotation scheme consisting of three stages was suggested. The first stage was cationic flotation to float the micas; the second stage was anionic flotation to remove the iron-bearing minerals by using a combination of petroleum sulfonates and the third stage was a cationic for direct flotation of the feldspar mineral from the associated free silica by using amine collector in the presence of hydrofluoric acid. Effect of collector dosage was investigated at all the stages. In the experiments, recovery of alkali feldspar sample containing 6.07%  $K_2O$ , 3.80%  $Na_2O$  and 0.94%  $Fe_2O_3$  was investigated using combination of froth flotation and magnetic separation methods. The results showed that a final feldspar concentrate assaying 8.82%  $K_2O$ , 5.53%  $Na_2O$ , 0.12%  $Fe_2O_3$ , 19.13%  $Al_2O_3$ , 0.02%  $TiO_2$  was obtained at the optimum operating conditions. Also, clean quartz concentrate was obtained as a by-product assaying 96.63%  $SiO_2$ , 0.07%  $Fe_2O_3$  and 0.02%  $TiO_2$ . The feldspar and quartz concentrates meet the specifications required for ceramic and glass industries.

DÜŞÜK TENÖRLÜ FELDSPATLARIN SERAMİK VE CAM  
ENDÜSTRİSİNDE KULLANILMASI İÇİN FLOTASYON VE MANYETİK  
AYIRMA YÖNTEMİ İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

**ÖZET:** Bu çalışmada düşük tenörlü feldspat cehherlerinin flotasyon ve manyetik ayırma yöntemlerinin birlikte uygulanmasıyla zenginleştirilmesi araştırılmıştır. Pegmatit tipindeki feldspat cehherinin seramik ve cam endüstrisinde kullanılabilmesi için istenen özelliklerini sağlamak amacıyla flotasyon testleri yapılmıştır. Flotasyon testleri üç aşamada gerçekleştirilmiş olup, birinci aşamada mika minerallerini yüzdürmek için katyonik türde reaktifler, ikinci aşamada demir içeren mineralleri uzaklaştırmak için anionik türdeki petrolyum sulfonatlar ve son aşamada ise feldspati kuvarstan ayırmak için katyonik reaktifler (aminler) ve hidroflorik asit kullanılmıştır. Herbir aşamada reaktiflerin miktarının etkisi araştırılmıştır. %6.07  $K_2O$ , %3.80  $Na_2O$  ve %0.94  $Fe_2O_3$  içeren feldspat cehherinin flotasyon ve manyetik ayırma

*ile zenginleştirilmesi mümkün olmuştur. Optimum şartlarda elde edilen nihai feldspar konsantresi %8.82 K<sub>2</sub>O, %5.53 Na<sub>2</sub>O, %0.12 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %19.13 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %0.02 TiO<sub>2</sub>; yan ürün olarak elde edilen kuvars konsantresi ise %96.63 SiO<sub>2</sub>, %0.07 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve %0.02 TiO<sub>2</sub> içermektedir. Elde edilen bu ürünler kalite bakımından seramik ve cam endüstrisinde kullanılabilecek düzeydedir.*

## 1. INTRODUCTION

The recovery of industrial minerals from the various ore deposits has attracted increasing interest in recent years. Feldspar is used in the manufacture of glass as a source of alumina and as a partial replacement for soda ash. It is also used in a variety of ceramic bodies including China porcelain and high-grade tiles, as well as in glazes for whiteware and sheet-iron enamel. Table 1 shows typical feldspar content in common pottery bodies. About 65 % of all feldspathic material is used in the glass industry, 30% in ceramics and 5% in fillers and other applications such as abrasives and soaps industries.

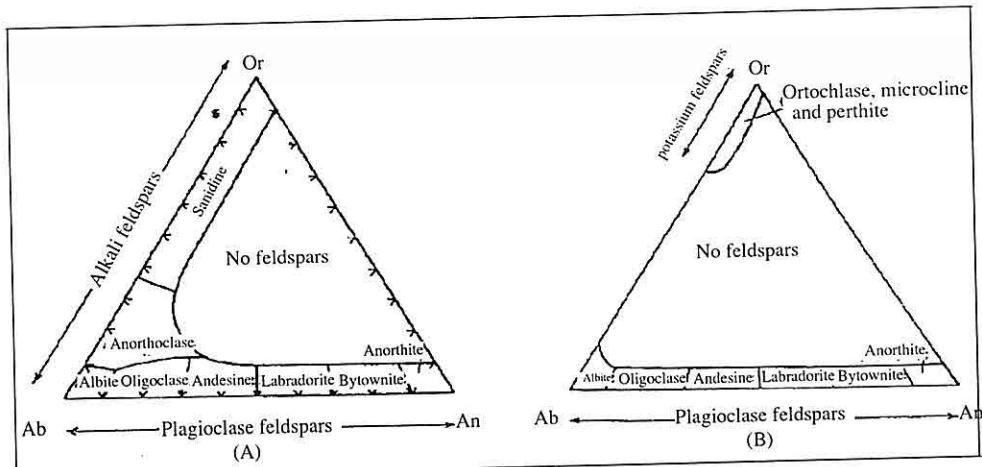
**Table 1.** Typical feldspar content in common pottery bodies (%) (Bolger, 1995).

Electrical Porcelain	30-50
Sanitaryware	25-35
China Porcelain	15-35
Chemical Porcelain	15-30
Whiteware	15-30
Floor and Wall Tiles	10-55

The majority of feldspars minerals group can be classified chemically as member of the ternary system

NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>-KAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>-CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>. These compositions are referred to respectively as sodium, potassium and calcium feldspar (rather than soda, potash and lime feldspar). Members of the series between NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub> and KAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub> are called alkali feldspars and those between NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub> and CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub> plagioclase feldspars. The alkali feldspars generally contain less than 5 to 10 percent of the calcium molecule in solid solution. However, the sodium-rich members can contain a little more. Similarly the plagioclase feldspars generally contain less than 5 to 10 percent of the potassium molecule. The distinction between alkali and plagioclase feldspar at compositions with approximately equal calcium and potassium content is somewhat arbitrary (Figure 1). These three compositions are the end-members of the complex series of solid solutions that are found in the feldspars. It is expressed the end-member K(AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) as Or (orthoclase), Na(AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) as Ab (albite), Ca(Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) as An (anorthite) (Dietrich & Skinner, 1979; Deer et al., 1963).

The main application of the flotation in the production of feldspar concentrates is in the treatment of such pegmatite and granites, where the problem is removal the feldspar from the quartz, mica and other



**Figure 1.** Nomenclature for the feldspars. (A) High-temperature feldspars. (B) Intermediate and low-temperature feldspars. The plagioclase feldspars and microcline are triclinic the remainder are monoclinic (Dietrich & Skinner,

iron oxides and heavy mineral impurities. Both the feldspar and quartz have similar surface properties. Feldspar is inherently more floatable than quartz under acidic conditions and this difference in flotation behavior can be greatly accentuated over the pH range 2.0-3.5 by the addition of HF (Pryor, 1965; Baarson, 1962; Çuhadaroğlu, et al., 1992; Gökalp & Ulu, 1993; Redeker, 1977; Uhlig, 1988; Sümer & Kaya, 1995; Geredeli & Özbayoğlu, 1995; Akar, 1994; Ütine, 1987). But, due to some disadvantages such as high corrosive character and its negative impact on the environment of the HF more and more efforts had been made during the last 20 years to find solutions to avoid the use of HF.

Katayanagi (1973) presented a fluorine free flotation system to separate feldspar from quartz at strong acidic medium (pH 2) using the cationic n-alkyl trimethylene

diamine (NATMD) and the anionic petroleum sulfonate (PS) as collectors. Shimoizaka and Nakatsuka (1978) tried to explain the mechanism of fluorine free flotation using zeta potential, adsorption and flotation measurements, also determining the solubility limit of the mixed reagent regime by measuring the conductivity of the solution. They found that only the combination of NATMD and PS resulted in an improved flotation recovery of feldspar, while using other anionic reagents as SDS (sodium dodecyl sulfate) or SDBS (sodium dodecylbenzene sulfonate) or other cationic reagents such as DAA (dodecyl ammonium acetate) did not show the same positive separation result. Özkan et al. (2001) presented NaOl (sodium oleat) and DAA (dodecyl amine acetate) flotation to separate feldspar from quartz sands. Their conclusion was that feldspars are floated from quartz sands

using these different reagents together as collectors for satisfactory quartz sand beneficiation without using HF. The selective flotation of feldspar from quartz using a collector salt (N-tallow1, 3-propylene diamine dioleate) in acidic medium is possible (Malghan, 1976; Bolin, 1983; Mathieu & Sirois, 1984). El Salmawy et al. (1993) proved in different Hallimond flotation experiments, that the selective flotation of quartz from feldspar using alkaline earth cations as activator for quartz in combination with an anionic reagent (sulfonate type) in alkaline pH range. Bolin (1983) presented that the HF acid with amine gave better results than Duomeen TDO (diamine dioleate) in a fluoride-free system. Gülsöy and Kılavuz (2002) investigated the usage of the metal ions in the selective oleat flotation of K-feldspar from quartz by zeta potential measurement and flotation tests. They reported that feldspars could be floated from quartz by oleat flotation without HF in the presence of lead ions.

In heavy mineral flotation, anionic collectors such as petroleum sulfonates, succinamates or fatty acid type collectors are used for removal of ferrous minerals, titanium minerals etc. Bayraktar et al., (1997) presented an oleat flotation to removal of the titanium minerals from the albite. Their conclusion was, that the oleat flotation provided the best results to sulfonates and succinamate. Çelik et al. (1998) presented a new collector (oleoyl sarcosine and hydroxamate) to float the titanium minerals. They reported that these new reagents have faster kinetics than

potassium oleat.

This paper is devoted to the study of the amenability of flotation of low-grade feldspar ore of pegmatite type to meet the specifications of the glass and ceramic industries by using amine type collectors. Three consecutive flotation circuits were tested. The first one was cationic flotation to remove the micas. The second was anionic flotation to remove iron and heavy mineral impurities while the other was cationic flotation to separate the feldspar mineral from the associated free quartz. The operating parameters affecting each flotation circuit were studied.

## 2. MARKET SPECIFICATIONS

Chemically, the specifications of feldspar products for application in both ceramic and glass industries are nearly the same, i.e., total  $\text{SiO}_2$  65-68%, free quartz less than 8%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  18-19%,  $\text{K}_2\text{O}$  and  $\text{Na}_2\text{O}$  11.5-13.5% and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0.08-0.2%. However the glass industry requires coarser feldspar concentrates (420 x 74 mm) in comparison with those necessary for ceramic production ( $d_{98} = \text{minus}$  74mm) (Rogers & Neal, 1983; Potter, 1980). Market specifications of the feldspathic materials used in the ceramic industry vary depending on the kind of the product to be manufactured (Ghiani, et al., 1995). Table 2 shows the quality requirements for feldspathic material used in the ceramic industry. Pottery-grade feldspar for whiteware and similar ceramic products may range from 5% to 14%  $\text{K}_2\text{O}$  content and usually is ground to 200 mesh (75 microns) or finer and iron content

**Table 2.** Quality requirements for feldspathic materials used in the ceramics industry.

Product	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Particle Size (% Passing)	
				0.075 mm.	0.50 mm.
Hard Porcelain	>12	<0.06	<0.01	>99	--
Vitreous China	9-10	<0.25	<0.1	>98	--
Vitreous Tiles	8-9	<0.05	<0.3	--	100
Semivitreous Tiles	8-9	<1.0	<0.6	--	100

(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) should not exceed 0.025%. Glass-grade feldspar, ground only to 20 to 40 mesh (0.850 mm. to 0.425 mm.) with specified limits on overgrind, usually contains 4% to 6% K<sub>2</sub>O, 5% to 7% Na<sub>2</sub>O, and approximately 19% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. The iron content (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) in glass-grade feldspar should not exceed 0.05% for high-quality clear glass (Potter, 1980).

### 3. EXPERIMENTAL STUDIES

#### 3.1. Materials and Method

The present pegmatitic feldspar samples were taken from Gördes-Köprübaşı (Manisa) region. The samples were collected from each point and mixed to form representative sample of 200 kg. Feldspar minerals have been observed to be partly free of gangue minerals and partly interlocked by gangue minerals even in small particle size. Hence it is considered that some of feldspar raw ore can be recovered selectively from the deposit. Prior to flotation tests, the raw material was selectively and gradually crushed down to 3 mm by a laboratory jaw crusher. The crushed sample was ground to 100% less than 0.3 mm in a closed circuit to obtain technical liberation

size.

X-ray diffraction analysis and microscopic examination indicated that the sample consists mainly of K-feldspar (orthoclase), Na-feldspar (albite-oligoclase), quartz, muscovite, tourmaline and garnet. Coarse K-feldspar crystals contain plenty of quartz inclusions.

Various experiments have been done in order to examine the flotation characteristics of feldspar and to find out the effect of reagents dosage on the mica - heavy mineral - and feldspar flotation and to determine the optimum flotation conditions. The aim of the experiments was to obtain high K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O and low Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> content in feldspar concentrate. After the flotation stage, high intensity magnetic separation was applied for removal of the residual discoloring minerals from feldspar and quartz concentrates.

#### 3.2. Chemical Analysis of Raw Material

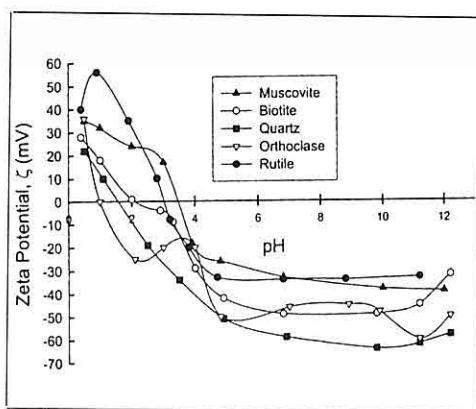
Chemical analyses were carried out on the samples collected from the sites to estimate the percentages of K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O and other constituents. The results of these analyses are given in Table 3.

**Table 3.** Chemical compositions of the feldspar minerals.

K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	LOI	Total
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
6.07	3.80	0.94	0.18	0.30	16.17	71.42	0.08	0.41	99.37

### 3.3. Electrokinetic Properties

Zeta potential specifications depending on identification of a pH value for selective flotation of raw materials containing feldspar minerals (orthoclase) and gangue minerals (quartz, muscovite, biotite and rutile) have been investigated theoretically. Electrokinetic curves of minerals are given in Figure 2. These specifications have been utilized in the selection of collector reagents used in the flotation experiments.



**Figure 2.** Zeta potential of some paragenetic feldspar minerals (Ney, 1973).

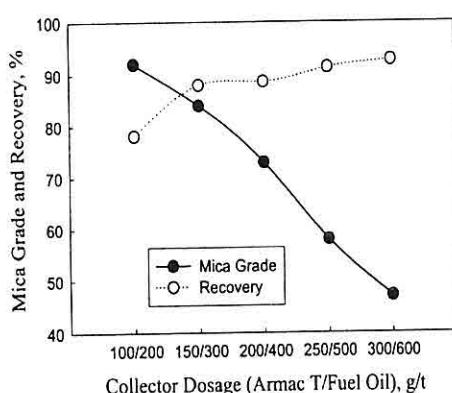
### 3.4. Flotation Experiments

A number of flotation experiments were carried out on composite samples. Flotation experiments were carried out in

a sub-aerated Denver laboratory type flotation machine with a 2-liter cell. The flotation process consists of three consecutive steps. The concentration of mica, removal of undesirable iron-garnet minerals and feldspar-quartz separation were accomplished by flotation. Prior to flotation tests, the samples were deslimed by decantation. The particles finer than size of 38 mm ( $d_{80}=25$  mm.) were separated as slime. After decantation, the slime (8.40% by wt.) containing 6.81% K<sub>2</sub>O, 4.08% Na<sub>2</sub>O and 1.34% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> was obtained.

#### 3.4.1. Cationic Flotation of Mica in Acid Circuit

Due to the presence of considerable amount of micaceous minerals (about 3-4%wt.), the first flotation stage was the mica flotation that was conducted at pH 3.5 with a cationic collector (Armac T, tallow amine acetate). In the experiments, various amounts of Armac T and fuel oil/kerosene to enhance the flotation were used to determine the effect of collector dosage. According to the graph (Figure 3), the optimal amount of collector was selected as 150+300 g/t for Armac T and fuel oil, respectively. For mica flotation optimum conditions are presented in Table 4.



**Figure 3.** Effect of collector dosage on mica flotation.

as wastes. In the flotation of iron oxide and other impurities by anionic collectors the pH of the medium was first adjusted to 3 using  $H_2SO_4$ . The sample was conditioned with the required amount of petroleum sulfonates at a pulp density of 50% wt. and at impeller speed of 1300 rpm. After 10 minutes of conditioning the pulp was diluted to 25% wt. before aeration. The collector was added as a 1% wt. solution. The mixture of Aero R801 and Aero R825 was added in a ratio 1:2. Figure 4 shows the effect of R801 and R825 dosage on the grade and percent

**Table 4.** Optimum conditions for mica, heavy mineral and feldspar flotation

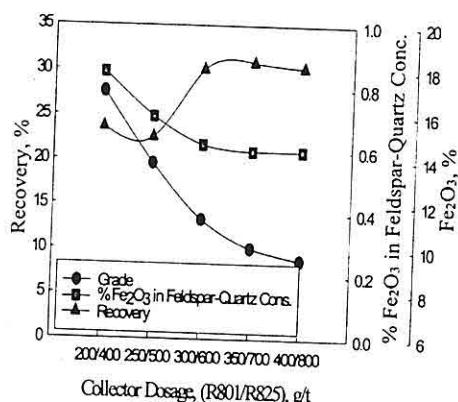
Conditions	Conditioning			Flotation		
	Mica	Iron Min.	Feldspar	Mica	Iron Min.	Feldspar
Solid Ratio (wt.%)	50	50	50	25	25	25
Time (min.)	8	10	5	6	8	5
pH	3.5	3.5	2	3.5	3.5	2
Impeller Speed (rpm)	1300	1300	1300	1500	1500	1500
Reagents (g/t)						
$H_2SO_4$	1600	1600	-	-	-	-
HF	-	-	1600	-	-	-
Tallow Amine Acetate (Armac T)	150	-	750	-	-	-
20%Fuel Oil + 80% Kerosene, by volume	300	-	-	-	-	-
Aero 801R Prometer	-	300	-	-	-	-
Aero 825 Prometer	-	600	-	-	-	-
Aero 840 Prometer		150				
$Na_2SiO_3$	-	-	1000	-	-	-
Frother (g/t)						
Pine Oil	100	75	75	-	-	-

#### 3.4.2. Anionic Flotation to Remove the Heavy Minerals and Residual Mica in Acidic Circuit

The garnet-iron minerals were removed

removal of  $Fe_2O_3$ .

Tourmaline and some iron oxide minerals were observed in the feldspar/quartz product by microscopic



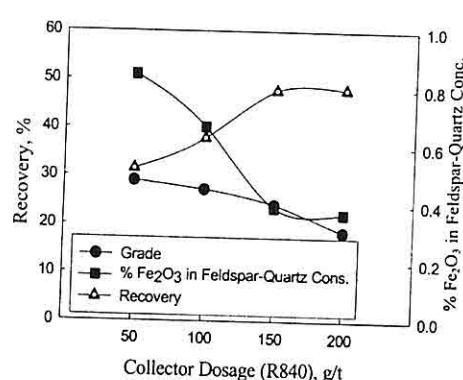
**Figure 4.** Effect of changing the collector dosages on heavy mineral flotation.

examination. To improve the collection efficiency a reagent combination of R801, R825 and R840 (petroleum sulfonate) was applied. According to Figure 4, amount of collector dosage was selected as 300 g/t and 600 g/t for R801 and R825, respectively, because of the highest recovery of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (30.11%). Then this collector amount was held constant and the amount of R840 was varied. As seen from Figure 5, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> content of the feldspar-quartz product was reduced from 0.63% to 0.39% with 48% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> recovery using 300 g/t of R801, 600 g/t of R825, 150 g/t of R840 dosages. Optimum flotation conditions for heavy mineral flotation are given in Table 4.

#### 3.4.3. Cationic Separation of Feldspar from Quartz in HF Circuit

##### 3.4.3.1. Effect of Changing the Amine Dosage

Quaternary amines have strongly basic character and are completely ionized at all



**Figure 5.** Effect of collector (R840) dosage.

values of pH, while ionization of primary, secondary and tertiary amines is pH dependent (Abdel-Khalek et al., 1994). The tests were carried out at pH 2.5 using HF. At this pH value the feldspar mineral is hydrophobic while quartz is depressed by HF. In the experiments, tallow amine acetate (Armac T) was used as collector and optimum collector dosage was determined. Results of tests were shown in Figure 6. These results indicated that optimum tallow amine acetate dosage is 750 g/t.

##### 3.4.3.2. Effect of Changing pH Using HF

The effect of changing the pH of the medium of the cationic circuit was also studied, the results of which are shown in Figure 7. These results indicated that the maximum selectivity was obtained at pH 2. At this range a concentrate assaying 7.76% K<sub>2</sub>O and 6.54% Na<sub>2</sub>O with total SiO<sub>2</sub> of 64.22% was obtained. Higher pH values (pH>4) reduced the selectivity of the flotation process as indicated by the

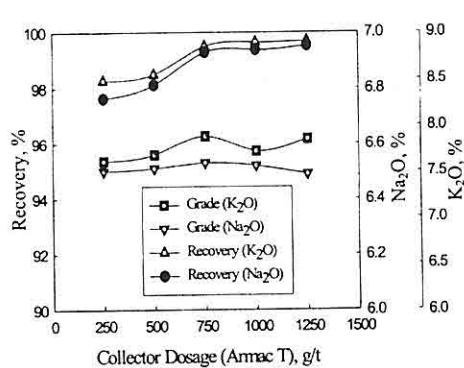


Figure 6. Effect of collector dosage on feldspar-quartz separation.

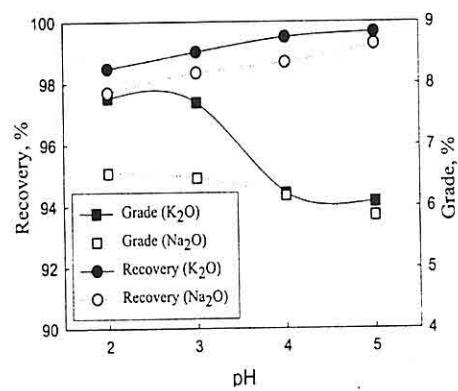
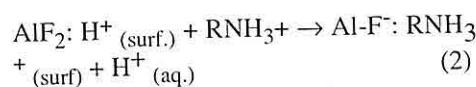
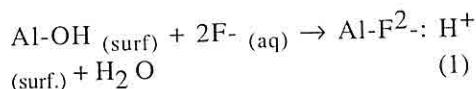


Figure 7. Effect of changing pH on feldspar-quartz separation.

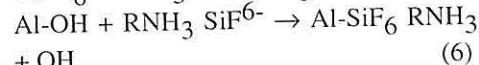
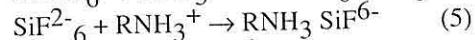
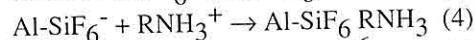
higher content of total SiO<sub>2</sub> (69.07%) and the lower of K<sub>2</sub>O and Na<sub>2</sub>O contents. Optimum flotation conditions for feldspar flotation are summarized in Table 4.

Different theories have been presented regarding the possible role of fluoride ion at low pH values. Buckenham and Rogers (1954) proposed that fluoride gives rise to sites of charged aluminofluoride complexes at the mineral surface and that cationic collectors adsorb on these sites

(Baarson et al., 1962; Abdel-Khalek et al., 1994).



Smith (1990) investigated the activation of beryl and feldspar with fluoride in cationic collector systems. He believed that hydrogen fluoride (HF) attacked the surface silicic acid on the mineral resulting in the formation of SiF<sub>6</sub><sup>2-</sup> ions in the bulk. He envisaged the activation process resulting from the adsorption of fluorosilicate ions on the surface aluminum sites (exposed as a result of fluoride attack), giving rise to negatively charged sites which could attract cationic collectors.



### 3.5. Magnetic Treatment

A High Intensity Wet Magnetic Separator of Boxmag Rapid Limited was used in the investigations. The laboratory type separator is a high gradient type with variable magnetic field intensity. The separator consists of an iron magnetic circuit energized by two coils. A removable grid pack sits between the poles during operation but slides out for

cleaning. The grid pack is formed by stainless steel wedge-wires.

After the flotation test, magnetic separation carried out in a high intensity wet magnetic separator adjusted to field intensity of 2000, 6000, 10000, 14000 and 18000 gauss to remove the residual iron minerals, tourmaline in feldspar and quartz concentrates.

Analyses of non-magnetic products show that at 18000 gauss magnetic field intensity a feldspar concentrate with very low  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  content (0.12%) and 96.8% feldspar yield can be obtained. Furthermore,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  content of quartz concentrate was decreased from 0.39% to 0.07%.

#### 4. RESULTS

Flotation and magnetic separation tests on a low-grade feldspar ore ground to minus 0.3 mm indicated that high quality products can be obtained. A flotation circuit consisting of three stages was applied on the low-grade Gördes (Manisa) feldspar ore. After desliming, cationic flotation was applied to float the micaceous minerals using amine acetate and kerosene. At the second stage, anionic flotation was applied to remove the iron-bearing minerals using a combination of petroleum sulfonates collectors. The optimum conditions for heavy mineral flotation were found to be at pH 3.5 and at a dose of 300 g/t of R801, 600 g/t of R825 and 150 g/t of R840. In this stage,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  content of the feldspar-quartz product was reduced from 0.63% to 0.39% with 48%

$\text{Fe}_2\text{O}_3$  removal.

The optimum conditions for flotation of feldspar from the associated free silica in the cationic circuit, using tallow amine acetate as a collector, and sodium silicate as depressant for siliceous minerals were found to be at pH 2 and at 750 g/t of amine dosage. At this stage HF acid was used as an activator for the feldspar and a depressant for quartz, and also as a pH regulator. Maximum selectivity was obtained at pH 2. Higher pH values (4-5) reduced the selectivity of the flotation process as indicated by the higher content of total  $\text{SiO}_2$  (69.07%) and lower  $\text{K}_2\text{O}$  and  $\text{Na}_2\text{O}$  grades.

Optimum conditions are given in Table 4 for each flotation stage. After flotation tests, magnetic streatment at 18000 gauss (HGMS) was carried out for both feldspar and quartz concentrates. The feldspar concentrate contains more than 19%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  with total alkalinity ( $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) more than 14% and less than 0.15%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Almost clean quartz concentrate was produced as a by-product. Complete chemical analysis of the final feldspar and quartz concentrates is given in Table 5.

#### 5. CONCLUSIONS

The research work described in this paper demonstrates clearly that under optimum conditions it is technically possible to upgrade successfully Gördes-Köprübaşı (Manisa) feldspar by using a combination of flotation and magnetic separation methods. A final feldspar concentrate assaying 8.82%  $\text{K}_2\text{O}$ , 5.53%

**Table 5.** Chemical compositions of the final feldspar and quartz concentrates produced at optimum conditions.

Constituent (%)	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	LOI	Total	Amount of Conc. (wt.%)
Feldspar	8.82	5.53	0.12	19.13	65.12	0.02	0.65	0.15	0.36	99.90	59,95
Quartz	0.11	0.13	0.07	1.39	96.63	0.02	0.83	-	0.44	99,62	21,17

Na<sub>2</sub>O, 0.12% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 19.13% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0.02% TiO<sub>2</sub> was obtained. Also, clean quartz concentrate was obtained as a by-product assaying 96.63% SiO<sub>2</sub>, 0.07% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and 0.02% TiO<sub>2</sub>.

The feldspar concentrate obtained by flotation and purified by magnetic separation contains very low Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and TiO<sub>2</sub> so that it can be used in ceramic industry mainly for production of vitreous china and tile.

The specifications of the produced quartz concentrate satisfy the requirements demanded by domestic consumers, especially those who manufacture artificial granite, isolator, sanitary and tile products.

## 6. REFERENCES

- Abdel-Khalek, N.A., Yehia, A. & Ibrahim, S.S., 1994. Technical note: Beneficiation of Egyptian feldspar for application in the glass and ceramics industries, *Mineral Engineering*, Vol. 7, No. 9, p.1193-1201.
- Akar, A., 1994. Evaluation of Gördes-Köprübaşı district feldspar industrial raw material deposits, *Progress in Mineral Processing Technology, Proceedings of 5th International Mineral Processing Symposium*, p.243-249, Cappadocia-Turkey.
- Baarson, R.E., Ray, C.L. & Treweek, H.B., 1962. *Plant practice in nonmetallic mineral flotation, Froth Flotation 50th Anniversary Vol.*, p.427-446, Published by AIME, New York.
- Bayraktar, İ., Ersayın, S. & Gülsøy, Ö.Y., 1997. Upgrading titanium bearing Na-feldspar by flotation using sulphonates, succinamate and saoaps of vegetable oils, *Minerals Engineering*, Vol. 1 No:12, p.1363-1374.
- Bolger, R., 1995. Feldspar & Nepheline Syenite "Turkish delight in export sales", *Industrial Minerals*, p.25, May.
- Bolin, N. J., 1983. A study of feldspar flotation, *Erzmetall*, 36 9, p . 427 – 432.
- Buckingham, M.H. & Rogers, J., 1954. Flotation of quartz and feldspar by dodecyl amine, *Bull. Inst. Mining Met.*, 575, p.11-30.
- Celik, M. S., Can, I & Eren, R. H., 1998. Removal of titanium impurities from feldspar ores by new flotation collectors, *Minerals Engineering*, Vol. 11 No:1, p.1201-1208.
- Çuhadaroğlu, D., Okur, E. & Toroğlu, İ., 1992. Karacaören (Simav) alkali feldspatlarının zenginleştirilme olanaklarının araştırılması, 4th International Mineral Processing

- Symposium, V.2, p.665-675, 20-22 October, Antalya-Turkey.*
- Deer, W.A., Howie, R.A.& Zussmann, J., 1985. An introduction to the rock-forming mineral, p.285-327.*
- Dietrich, R.V. & Skinner, B.C., 1979. Rock and rock minerals, p.27-43, New York.*
- El Salmawy, M.S., Nakahiro, Y., Wakamatsu, T., 1993. "Activation of quartz and feldspar with metal ions in flotation, Minerals Engineering, 6(12), p 1231 – 1243.*
- Geredeli, A. & Özbayoğlu, G., 1995. Simav feldspatinin flotasyonu, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Köse & Kızıl (eds), s.71-81, 21-22 Nisan, İzmir-Türkiye.*
- Ghiani, M., Serci, A., Peretti, R. & Zucca, A., (1995) - Beneficiation of feldspar ores for the ceramic industry, 14th Mining Congress of Turkey, p. 405-412, Ankara, Turkey.*
- Gökalp, T. & Ulu, E., 1993. Bursa-Orhaneli- Yeşiller Siyenitlerinin Laboratuvar Ölçekli Zenginleştirme Çalışmaları, Türkiye 13. Madencilik Kongresi, s.683-694, İstanbul-Türkiye.*
- Gülsoy, Ö.Y. & Kılavuz, Ş.F., 2002. Potasyum feldspat kuvars flotasyonunda toplayıcı olarak metal tuzları ile birlikte Na-oleat kullanımı, Madencilik Dergisi, ISSN:0024-9416, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, cilt.41, sayı.1, s.22-34.*
- Katajanagy, T., 1973. Ceramics Japan, 8(1), pp 58 – 61.*
- Kendal, T., 1993. Turkey's industrial minerals, Industrial Minerals, p. 66-67, Nov.*
- Malghan, S. G., 1981. Effect of process variables in feldspar flotation using non-HF system, Minerals Engineering, 33 (11), p. 1616 – 1623.*
- Matiue, G.I. & Sirois, L.L., 1984. In: Reagents in the minerals industry; The Institution of Mining and Metallurgy; Edited by M.J. Jones and R. Oblatt; p 57 – 67.*
- Mining Chemical Handbook, 1986. American Cyanamid Company, U.S.A.*
- Ney, P., 1973. Zeta potentiale und flotierbarkeit von mineralen, Springer-Verlag Wien, 121-177, New York.*
- Özkan, Ş.G., Kurşun, İ. & İpekoğlu, B., 2001. Trakya Bölgesi kuvars kumlarından feldspat uzaklaştırılması için yeni bir flotasyon yaklaşımı, 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, s.278-282.*
- Potter, M.J., 1980. Feldspar, Mineral facts and problem, United States Department of the Interior Bureau of Mines Bulletin 671, New York.*
- Pryor, E.J., 1965. Mineral Processing, p.704-705, Elsevier, Amsterdam-London-New York.*
- Redeker, I. H., 1977. Flotation of feldspar, spodumene, quartz and mica from pegmatites in North Carolina, Erzmetall, band 30, heft 12, p.566-571, Deutschland.*
- Rogers, C.P.&Neal, J.P., 1983. Industrial mineral and rocks, 5th Ed., V.1, AIME, New York.*
- Shimoizaka, J. & Nakatsuka, K., 1978. The Technology Reports of the Tohoku University, 43(1) p. 137 – 149.*
- Smith, R.W., 1965. Activation beryl and*

*UPGRADING LOW-GRADE FELDSPAR ORES FOR USE IN THE CERAMIC AND GLASS INDUSTRIES BY COMBINATION OF FROTH FLOTATION AND...*

- feldspar by fluorides in cationic flotation system, Trans. Soc. Min. Eng. AIME, 232, p.106-108*      *mechanical pretreatment and chemical conditioning on the flotation feldspar from rocks of different paragenesis, XVI International Mineral Processing Congress, Elsevier Science Publishers B.V., p.1607-1618, Amsterdam.*
- Sümer, G. & Kaya, M., 1995. Aydin-Çine feldspatlarının flatosyon ile zenginleştirilmesi, endüstriyel hammaddeler sempozyumu, Köse & Kızıl (eds), s.59-69, İzmir.*      *Ütine, T., 1987. Köpüklü yüzdürme ile feldspat kuvars ayırimında yüzey kimyası, Madencilik Dergisi, cilt XXVI, sayı.4, s.7-9.*
- Uhlig, D., 1988. the influence of*



## **ÜÇKAPILI GRANOTOİDLERİNİN AGREGA OLABİLME ÖZELLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Mehmet SÖYLEMEZ**

*Celal Bayar Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Manisa/Türkiye*

**ÖZET:** Bu çalışmayla Niğde (Çamardı) il sınırları içerisinde geniş bir yayılım gösteren Üçkapılı Granotoidlerinin agrega olarak kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Üçkapılı Granotoidlerinden alınan örnekler birçok analiz ve deneye tabi tutulmuştur. İnce kesitler üzerinde mineralojik ve petrografik analizler yapılmıştır. Granotoidlerin kimyasal analizi ile bileşenleri belirlenmiştir. Birim hacim ağırlık, porozite, ve dona karşı dayanım gibi fiziksel özellikler, tek eksenli basınç direnci, üç eksenli basınç direnci, Los Angeles aşınma direnci gibi mekanik özellikler tespit edilmiştir. Analiz ve deney sonuçlarının ilgili standartları sağlaması ile Üçkapılı Granotoidlerinin agrega olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

### **ASSESSMENT OF ÜÇKAPILI GRANOTOID FOR AGGREGATE SUITABILITY**

**ABSTRACT:** In this study the evaluation of the possibility of using it as aggregate of Üçkapılı Granotoid which is widely around Çamardı (Niğde) has been aimed. Numerous analyses and tests were performed on the samples which were taken from Üçkapılı Granotoid. Mineralogical and petrographic analysis were conducted on thin sections. Chemical compounds was obtained by chemical analysis. Physical properties such as unit weight, porosity and freezing strength and mechanical properties such as uniaxial compressive strenght, triaxial compressive strength and Los Angeles abrasion value were determined. Due to the results of analyses and tests suplied the related standarts, it was concluded that Üçkapılı Granotoid can be used as aggregate.

## 1. GİRİŞ

Teknolojinin hızla ilerlemesi ve bu süreç içerisinde nüfusun önemli ölçüde artması dünyada ve ülkemizde yapı sektöründe önemli derecede değişikliklere sebep olmuştur.

Önceleri konut olarak kullanılan tek katlı evlerin yerini çok katlı binalara bırakmış olması, geçtiğimiz yüzyıllarda hiç rastlamadığımız veya çok az rastladığımız otoyollar, tüneller, barajlar, nükleer enerji santralleri gibi endüstriyel amaçlı inşa edilen yapıların hızla çoğalması bütün bu yapıların çekirdeğini oluşturan beton için gerekli olan agregal gereksinimine neden olmuştur.

Bu çalışmada Niğde il sınırları içerisinde geniş bir yayılım gösteren Üçkapılı Granotoidlerinin aggrega malzemesi olarak kullanılmıştır. Bu amaçla; Üçkapılı Granotoidlerinin mineralojik ve petrografik özelliklerini belirleyebilmek için, ince kesitler hazırlanmış ve jeokimyasal analizleri ile birlikte alkalisilik reaktivitesi değerlendirilmesi yapılmıştır. Fiziksel özelliklerinden birim hacim ağırlığı, özgül ağırlığı, porozite (gözeneklilik), boşluk oranı, hacimce ve kütlece su emme oranları, doluluk oranı ve dona karşı duyarlılık derecesi belirlenmiştir. Mühendislik özelliklerinde çekilme dayanımı, nokta yük dayanımı, üç eksenli sıkışma dayanımı, tek eksenli sıkışma dayanımı, Los Angeles aşınma dayanımı, darbe dayanım katsayısı (agregalar için), Schmidt sertliği dayanımı ve elastik özelliğini ortaya koymamak

içinde ultrasonik hız deneyi yapılmıştır.

Laboratuar deneylerinde kullanmak amacıyla 40x40x30 cm boyutlarında, 5 adet blok numune alınmıştır. Bu bloklardan 5.40 cm ve 3.77 cm çaplarında, deneylerin amaçlarına göre değişik boylarda toplam 45 adet karot hazırlanmış, karotların uçları taş kesme makinesinde kesilerek parlatma makinesinde düzeltip standartlara uygun hale getirilmiştir. Ayrıca gerekli olan bazı deneyleri yapabilmek için araziden getirilen bloklar konkásör yardımıyla değişik boytlarda kırılmıştır.

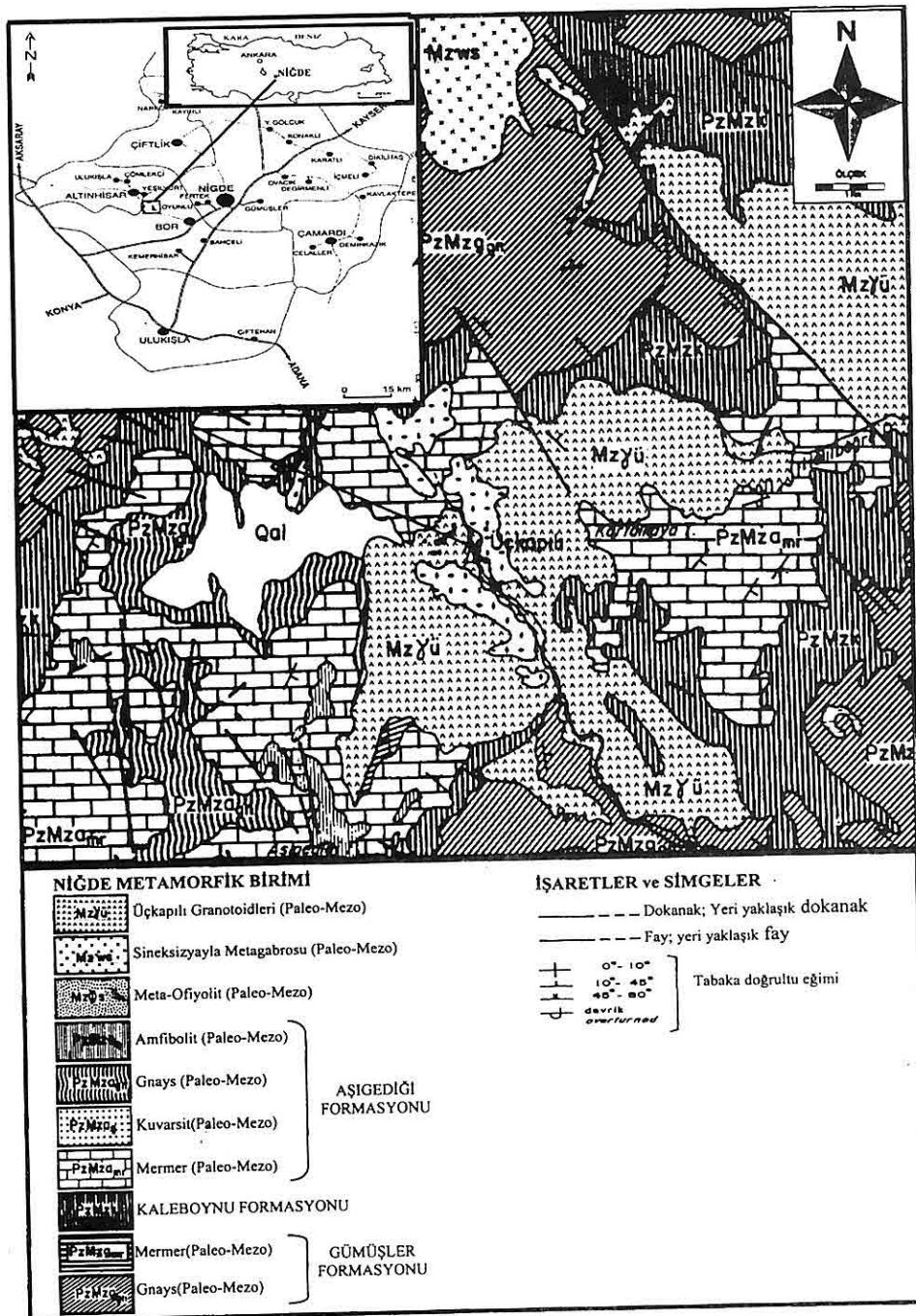
## 2. ÜÇKAPILI

### GRANODİYORİTLERİNİN KONUMU VE KAYA BİRİMLERİNİN JEOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmadaki kaya birimini temsil eden granotoidler (Niğde Masifi) erozyonun yeterince derin olduğu Üçkapılı Köyünden kuzey doğuya doğru Kayakoyağı Tepe, Alaçayır Deresi, Çağlayan Deresi Mevkilere ve Kılavuz Köyü kuzeýinde geniş yayılım gösterir. Örnek alına nokta 1380 m kotunda, Kozan M34a4 paftası içerisinde bulunmaktadır (Şekil 1).

Çalışma konusunu teşkil eden Üçkapılı Granotoidlerini ilk defa Göncüoğlu (1986) tarafından adlandırılmıştır. Niğde Grubunu kesen bu birim içerisinde yaygın aplit ve pegmatit damarları bulunur. Üçkapılı Granotoidlerinin Niğde Grubu Metamorfiklerini kestiği bazı yerlerde kontakt metamorfizması saptanmıştır. Göncüoğlu (1986), Üçkapılı

**ÜÇKAPILI GRANOTOİDLERİNİN AGREGA OLABİLME ÖZELLİĞİ  
AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**



Şekil 1. Çalışma alanının yerbulduru haritası ve jeoloji haritası (MTA, 1990).

Granotoidlerinin kristalleme yaşının Jeokronolojik bulgulara göre ( $Rb/Sr$ ,  $K/Ar$ ) Senomaniyen yaşta olması gerektiğini ileri sürmüştür (Atabey ve Ayhan, 1986). Bölgenin jeoloji haritası Şekil 1'de verilmiştir.

### 3. ÜÇKAPILI GRANOTOİDLERİNİN MINERALOJİK-PETROGRAFİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

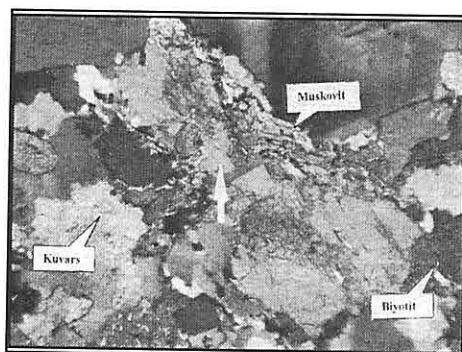
#### 3.1. Mineralojik ve Petrografik Özellikleri

Üçkapılı Granotoidlerine ait örneklerin, mineralojik bileşeni, doku, boşluk oranı ve ayrışma özelliklerini belirleyebilmek amacıyla ince kesitler hazırlanmış ve petrografi laboratuarında polarizan mikroskop altında analizleri yapılmıştır.

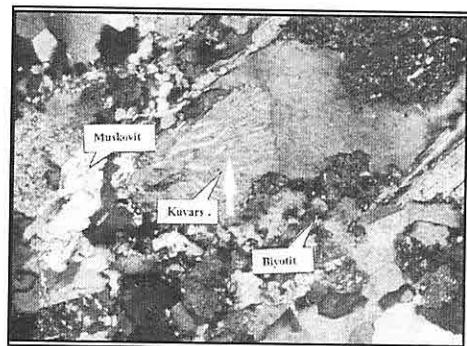
Yüzey araştırmaları neticesinde Üçkapılı Granotoidlerinin makroskobik olarak iki farklı özellikte olduğunu gözlenmiştir. Üçkapılı Köyünün 2 km GD'sundaki Granotoidlerin ayrışma yüzeyleri açık-gri arasında, koyu renkli bileşenlerin yoğunluğuna bağlı olarak değişen renk tonlarında olduğu, tane boyalarının orta-ince arasında, fanneritik dokulu, tektonizmanın etkisiyle bol kıraklı ve çatlaklı bir yapıya sahip olduğu gözlenmiştir. Ören Köyü ile Üçkapılı Köyleri arasında gözlenen Granotoidlerin ise diğerine göre daha az kuvars içeren, sarımsı gri renkte, yüzey kısımlarında atmosferik şartlarda altere olduğu gözlenmiştir.

Mikroskop altında yapılan incelemelere göre kayacın ana mineralleri kuvars, plajiyoklas feldispat, alkali feldispat,

mikrolin, biyotit, muskovit, klorit ve zirkondur. Kuvars kristallerinin düşük sıcaklıkta oluşmasından dolayı yüksek sıcaklıkta kristalleşen diğer mineraller arasındaki boşlukları doldurmuştur ve bu yüzden mineralleri allotriyomorf dokuludur. Kuvars kristallerinde simplektitik doku ile birlikte zonlanma dokusu olduğu da gözlenmektedir (Şekil 2,3,4).

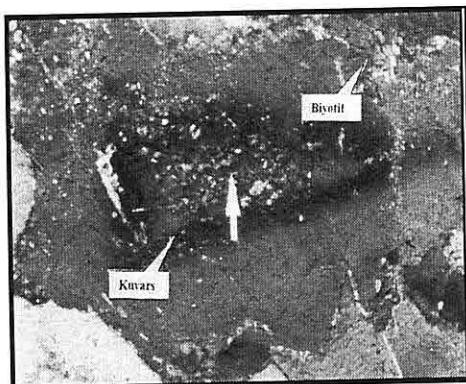


Şekil 2. Özşekilsiz kuvarslar, biyotitler ve zonlanma dokusu gösteren kuvars minerali gözlenmektedir.

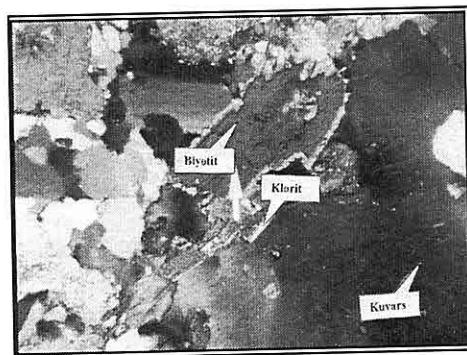


Şekil 3. Kuvars ile plajiyoklas feldspatlar arasında gelişmiş olan mirmekitik doku ve serizitleşme gözlenmektedir.

## ÜÇKAPILI GRANOTOİDLERİNİN AGREGA OLABİLME ÖZELLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ



Şekil 4. Zonlu kuvars kristali ile birlikte biyotitin görüntüsü.



Şekil 5. Biyotit minerallerinin kenar zonlarında gözlenen kloritleşme.

Kahverengi ve kırmızımsı olarak gözlenen biyotitler mafik minerallerden en yaygın olanıdır. Hipidiyomorf dokulu biyotitlerin kenar zonlarında az da olsa kloritleşmeye rastlanmıştır (Şekil 5).

Ayrıca kesitte genel olarak gözlenen diğer dokular şunlardır; Kristalnenme derecelerine göre holokristalin dokulu, mafik mineral içeriğine göre lókokratik dokulu, rölatif tane boyu oranına göre eş taneli, tane şekline göre ise hipidiyomorf

ve allotriyomorf dokuları bir arada gözlenmektedir. Modal sınıflamaya göre kayaç monzo-granit ve granodiyorit olarak tanımlanmıştır. Kayaçla ilgili makroskobik ve mikroskobik bulgular Tablo 1'de verilmiştir.

### 3.1. Jeokimyasal Özellikleri ve Alkali Silis Reaktivitesi

Tablo 2'de çalışılan granotoidlerin majör element analizleri verilmiştir. tablodan da görüldüğü gibi  $\text{SiO}_2$  % 70.62,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  % 12.59,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  % 2.63,  $\text{MgO}$  % 0.83,  $\text{K}_2\text{O}$  % 5.36,  $\text{Na}_2\text{O}$  % 4.04,  $\text{CaO}$  % 2.67,  $\text{TiO}_2$  % 0.57,  $\text{P}_2\text{O}_5$  % 0.63 oranında bulunmaktadır.

Üçkapılı Granotoidleri QAP diyagramında değerlendirildiğinde (Şekil 6) monzo-granit ve granodiyorit bölgesinde bulunduğu gözlenmiştir (Özgür 1999). Granotoidlerde yapılan alkali silis reaktivitesi deney (TS 2516) sonuçlarına göre silis konsantrasyonunun ( $\text{Sc}$ ) 27.30 mmol/lt, alkali azalmasının ise ( $\text{Rc}$ ) 540 mmol/lt olduğu, bu sonuçlara göre Granotoidlerin alkali silis reaktivitesine göre 1. Bölge olan zararsız agregalar sınıfında yer aldığı belirlenmiştir (Şekil 7).

## 4. MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLER

### 4.1. Fiziksel Özellikler

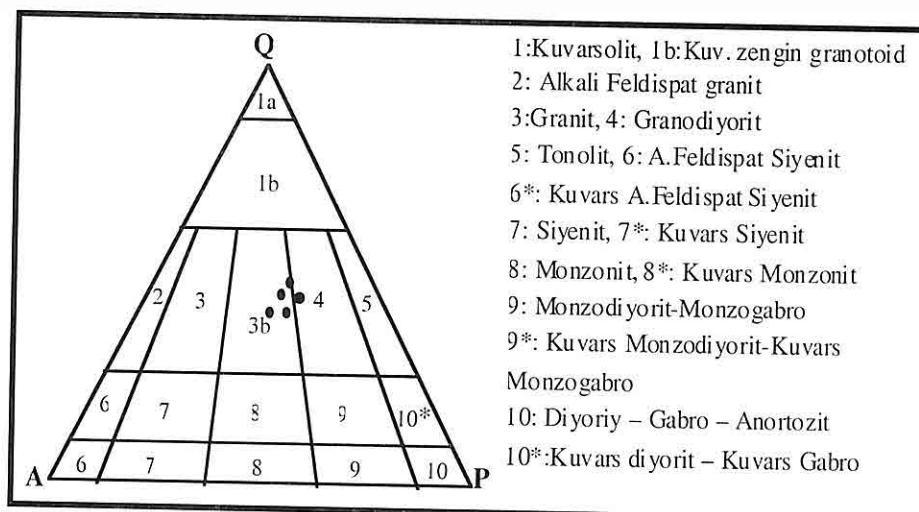
Üçkapılı Köyü ile Ören Köyleri arasında yüzeylenen Granotoidlerin fiziksel özellikler laboratuar deneyleri sonucu saptanmıştır. Fiziksel özelliklerden kuru ve doygun birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, porozite (gözeneklilik), ağırlıkça

**Tablo 1.** Üçkapılı Granotoidlerinin makroskopik ve mikroskopik özellikleri.

MAKROSKOBİK ÖZELLİKLER		MİKROSKOBİK ÖZELLİKLER		
Renk Tane Özelliği	Açık-Gri İnce-Orta taneli	Mineraller Kuvars	Modal Sınıf. % 55-60	Göz. Dokular - Mirmektitik - Zonlanma D.
Yapısal Özelliği	Masif	Biyotit	% 5-10	Hipidiyomorf
Ayrışma Durumu	Yüzey kısımlar ayrılmış	P. Feldispat	% 10-15	İdiyomorf
Çatlaklıklık	2 yönlü çatlak sistemi	Mikrolin	% 5 –10	Kafes Dokusu
Gözlenen Min.	Kuvars, P.Feldispat, Biyotit, Muskovit, Mikrolin	K.Feldispat	% 5	Allotriyomorf
Dokusal Öz.	- Eş taneli doku - Holokristalin doku	İkincik Mineraller	% 5	

**Tablo 2.** Üçkapılı Granotoidlerinin kimyasal analiz sonuçları.

OKSİT ELEMENTLER	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Tp.
YÜZDE DAĞILIMI	70.62	12.59	2.63	0.83	5.36	4.04	2.67	0.57	0.63	99.94

**Sekil 6.** Üçkapılı Granotoidi'ne ait örneklerin QAP diyagramındaki dağılımları (Özgür, 1999).

## ÜÇKAPILI GRANOTOİDLERİNİN AGREGA OLABİLME ÖZELLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

ve hacimce su emme, doygunluk derecesi, indeks özellikleri halinde tek başlık altında verilmiştir. Kaya biriminin sertliği ve dona karşı duyarlılık derecesi ayrı ayrı başlıklar altında ele alınmıştır.

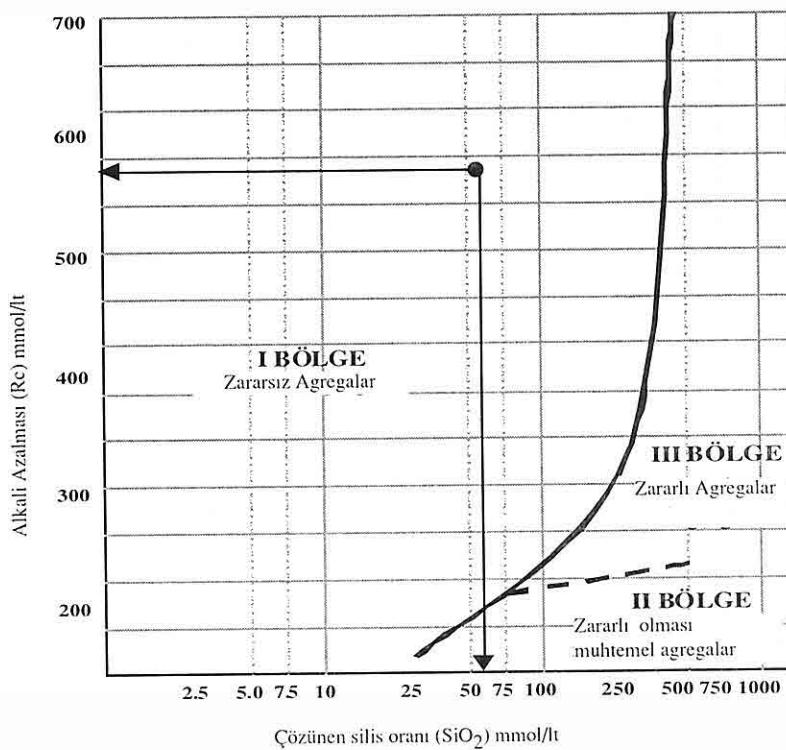
### 4.1.1. İndeks Özellikler

Granotoidlerin indeks özellikleri karotlar üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri ile saptanmıştır. Deneylerde TS 699 "Tabii Yapitaşları Muayene ve Deney Metotları" ve ISRM (1981) standartlarına uygun deneyler esas alınmıştır.

Kaya bloklarından alınan karotlar etüvde  $105^{\circ}\text{C}$  de 24 saat kurutulup saf

suda 48 saat bekletildikten sonra ağırlıkları belirlenmiştir. Bulunan kuru ve doygun ağırlık değerleri kullanılarak granotoidlerin kuru birim hacim ağırlığı  $\text{dk}$  ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ), doygun birim hacim ağırlığı  $\text{dh}$  ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ), özgül ağırlık  $\text{Gs}$ , porozite (gözeneklilik)  $n$  (%), doygunluk derecesi  $\text{Sr}$  (%), ağırlıkça su emme oranı  $\text{Sk}$  (%), hacimce su emme oranı  $\text{Sh}$  (%), tane birim hacim ağırlığı  $\text{do}$  ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) belirlenmiş ve bu özellikler Tablo 2'de gösterilmiştir.

Granotoidlerin porozitesinin Moos-Querna'nın (Tarhan, 1989) sınıflandırma sistemine göre "çok kompakt kaya" sınıfında yer aldığı görülmektedir.



Şekil 7. Üçkapılı Granotoidlerinin alkali azalması (Rc), çözünmüş silis orANI (Sc) diyagramı.

**Tablo 3.** Üçkapılı Granotoidlerinin indeks özellikleri.

İNDEKS ÖZELLİKLERİ	DEĞERLER
Doğal Birim Hacim Ağırlık, kN/m <sup>3</sup>	25,8 ± 0,015
Özgül Ağırlık	25,8 ± 0,046
Kuru Birim Hacim Ağırlık, kN/m <sup>3</sup>	25,4 ± 0,195
Tane Birim Hacim Ağırlık, kN/m <sup>3</sup>	26,4 ± 0,033
Görünür Porozite, %	0,87 ± 0,141
Porozite, %	0,08 ± 0,110
Hacimce Su emme Oranı, %	0,87 ± 0,141
Ağırlıkça Su Emme Oranı, %	0,33 ± 0,051
Doygunluk Derecesi, %	98,8

#### 4.1.2. Schmidt Sertliği

Arazi çalışmaları sırasında kaya blokları yüzeyinde N tipi Schmidt çekici yatay düzleme dik kullanılarak sertlik ölçümü yapılmıştır. Belirlenen bir blok üzerinde farklı yirmi noktadan geri tepme değerleri okunup bu değerlerden en küçük olan 10 tanesi atılmış, kalan 10 değerin ortalaması alınmıştır (ISRM 1981). Deney 5 kaya kütlesi üzerinde tekrarlandıkta sonra bulunan değerlerin ortalaması Schmidt çekici sertliği olarak kabul edilmiştir.

Sonuç olarak granotoidlerin 62 ± 1,140 Schmidt çekici değeri ile "Fevkalade Sert Kaya" sınıfına girdiği görülmüştür.

#### 4.1.3. Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Çözeltisinde Don Kaybı

Laboratuara getirilen blok boyutundaki kaya birimleri konkasör yardımıyla kırılarak Tablo 3'de gösterilen elek aralıklarında ve istenilen miktarda numune hazırlanmıştır.

30 °C' deki 1 litre suya 750 gr kristal Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.10H<sub>2</sub>O ilave edilerek tamamen çözünçeye kadar karıştırılmıştır. Çözelti oda sıcaklığında 48 saat süreyle dinlendirildikten sonra 10 devir için kullanılmıştır. Farklı elek aralıklarındaki numuneler ayrı ayrı kaplarda hazırlanmış çözeltilerin içerisinde 16-18 saat arasında bekletildikten sonra, çözelti içerisindeinden çıkartılıp 110 °C'ye ayarlı hava dolaşımı etüvde 4 saat süreyle kurutulmuştur. Aynı işlem 5 defa yapıldıktan sonra deney numuneleri temizlenip yıkanmış etüvde kurutulmuş, her grup numune kendi alt eleğinden geçecek şekilde elenerek sodyum sülfat don kaybı (kd), bağıntı (1) kullanılarak belirlenmiştir (TS, 699).

$$Kd = [(G_0 - G_1)/G_0] * 100 \quad (1)$$

Burada; Kd= Sodyum sülfat çözeltisindeki don kaybı (%), G<sub>0</sub>= Başlangıçtaki numune miktarı (gr); G<sub>1</sub>= Deney sonundaki numune miktarı (gr).

*ÜÇKAPILI GRANOTOİDLERİNİN AGREGA OLABİLME ÖZELLİĞİ  
AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ*

**Tablo 4.** Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisi don deneyi için gerekli numune miktarları (TS 699).

Elek Aralıkları	Numune Miktarı		Düzelme Oranı
40mm-20mm	1000gr	2000gr	50
25mm-20mm	1000gr		
20mm-10mm	500gr		30
10mm-5mm	100gr		20

Elde edilen değerlere göre Üçkapılı Granotoidlerinin sodyum sülfat çözeltisindeki don kaybı % 3.20 olarak belirlenmiştir. Bulunan bu sonuç TS 706 'da belirtilen % 4 sınır değerinin altında kaldığı için beton agregası olarak kullanılmasında don kaybı açısından bir sakınca olmayacağı anlaşılmıştır.

#### 4.2. Mekanik Özellikler

##### 4.2.1. Tek Eksenli Sıkışma Deneyi

Tek eksenli sıkışma deneyi 3.77 cm çapında 8 cm uzunluğundaki karotlar üzerinde yapılmıştır. Toplam 10 numune üzerinde yapılan deneylerde kırılmalar genelde ani ve şiddetli olmuştur. Tek eksenli basınç direnci 2 ve 3 nolu bağıntı yardımıyla hesaplanmıştır ve Tablo 4'de gösterilmiştir.

$$\sigma = (F/A) * 10^{-3} \quad (2)$$

$$A = \pi (R/2)^2 \quad (3)$$

Burada;  $\sigma_c$ : Tek eksenli sıkışma dayanımı (MPa); F: Yenilme anındaki yük (kN); A: Örneğin kesit alanı ( $m^2$ ); R: Örneğin Çapı (mm)

Tek eksenli basınç direncine göre yapılan sınıflamada Granotoidlerin "orta dirençli kaya" sınıfında yer aldıkları gözlenmiştir (Deer ve Miller 1966).

##### 4.2.2. İndirekt Çekme (Brazilian) Deneyi

Granotoidlerin çekmeye karşı direnci indirekt yöntemlerden Brazilian deneyi ile bulunmuştur. Deney, boyu çapına eşit olan 12 örnek üzerinde yapılmıştır. Çekmeye karşı dayanım değeri 4 nolu bağıntı ile hesaplanmış sonuçlar Tablo 4'de verilmiştir.

$$\sigma_t = 0,636(P/Dt) \quad (4)$$

Burada;  $\sigma_t$ : Çekilme dayanımı (MPa); P: Örneğe yenilme anında uygulanan yük (kN); D: Örnek çapı (mm); t: Örnek kalınlığı (mm)

##### 4.2.3. Nokta Yük Dayanım İndeksi Deneyi

Granotoidlerden alınan boyu çap oranı 1.2 olan 10 numunenin nokta yük dayanım indeksi, iki konik uç arasında yenilme yükü göstergeden okumak sureti ile belirlenmiştir. Hesaplamlar bağıntı 5'den bulunmuştur.

$$Is = P/D_e^2 \quad (5)$$

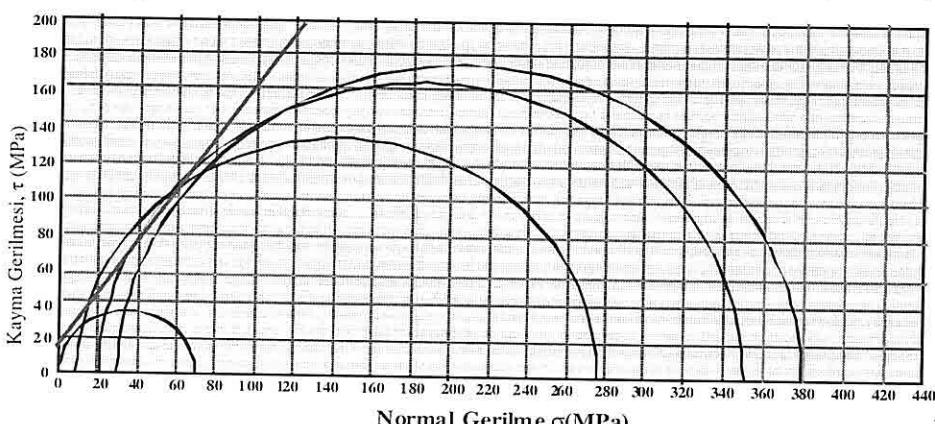
Burada; Is=Düzeltilmiş nokta yük indeksi (kPa); P: Yenilme yükü (kN); De=D: Capsal deneyler için numune çapı (mm). Capsal yükleme biçiminde yapılan nokta yük deney sonuçları Tablo 4'de

verilmiştir. Is'nin eş değer karot çapına göre düzelttilmesinde bu amaç için hazırlanmış nomogram kullanılmıştır.

#### 4.2.4. Üç Eksenli Sıkışma Deneyi

Deneysel 5.44 cm çap ve 11.00 cm boyundaki karotlar üzerinde 10 MPa, 20 MPa ve 30 MPa'lık hücre basıncı altında gerçekleştirilmiştir. Çizilen mohr dairesi ve kırılma zarfı (Şekil 8) yardımıyla kohezyon ve içsel sürtünme açısı bulunmuştur. Elde edilen değerler Tablo 4'de verilmiştir.

cihazına toplam ağırlığı 2500 gr olan 6 adet çelik bilye ile birlikte konulmuştur. 100 devir sonunda çıkartılan numune elek aralığı 1.6 mm olan kare gözlü elekten geçecek şekilde elenmiştir. Elek üzerinde kalan kısmı yıkandıktan sonra hassas terazide ağırlığı ( $G_{100}$ ) belirlenmiştir. Aynı işlem cihazda 400 devir için yapıldıktan sonra  $G_{500}$  değeri belirlenmiştir. Bulduğumuz bu değerler bazaltların 100 devir ve 500 devir için aşınma kayıplarını vermiştir. Bu sonuçlara göre 100 devir sonunda ki aşınma kaybı



Şekil 8. Üç eksenli basınç deneyi sonucu çizilen Mohr dairesi ve kırılma zarfı.

#### 4.2.5. Los Angeles Aşınma Dayanımı

Deneyi yapmak için araziden getirilen blok kaya kütleleri 4.7 mm ile 2.3 mm aralıklı elekten geçecek şekilde kırılmıştır. D sınıfına giren bu elek aralıklarından toplam 5000 gr numune alınmıştır. Deney iki aşamada gerçekleştirilmiş; kırılan ve değişmez kütleye kadar kurutulan numune iki tarafı çelik, silindir biçiminde ve iç çapı 710 mm boyu 508 mm olan kaplı silindir içinde iki rafı bulunan dakikada 30 devir yapabilen Los Angeles aşınma

$K_{100} \%$  3.65 ve 500 devir sonundaki aşınma kaybı  $K_{500} \%$  15.64 olarak bulunmuştur. Aşınma kayıpları 6 nolu bağıntı (TS 699) kullanılarak hesaplanmış, deneylerle ilgili sonuçlar Tablo 4'de verilmiştir.

$$K_{(100-500)} = [(G_0 - G_{(100-500)}) / G_0] * 100 (\%) \quad (6)$$

Burada;  $K_{100}$ : Yüz devir sonundaki aşınma kaybı (%);  $G_0$ : Başlangıçtaki numune miktarı (gr);  $G_{100}$ : Yüz devir sonunda elek üzerinde kalan numune miktarı (gr);  $G_{500}$ : Beş yüz devir sonunda

## ÜÇKAPILI GRANOTOİDLERİNİN AGREGA OLABİLME ÖZELLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

elek üzerinde kalan numune miktarı (gr).

Elde edilen bu sonuçlar TCK (1986). Fenni şartnamesinde belirtilen maksimum aşınma kaybı % 40 değerinin altında olduğundan, Üçkapılı Granotoidlerinin aşınma dayanımı açısından aggrega ve yapı malzemesi olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

arasında kalan 750 gr kırılmış numune aletin içerisinde konarak 14 kg ağırlık 38 cm yükseklikten 15 defa bırakılmıştır. Bu işlemler yapıldıktan sonra çıkartılan numune 2.36 mm çaplı kare gözlü elekten elelerek, üzerindeki ağırlık ( $M_s$ ) bağıntı 7'de yerine yazılarak darbe dayanım katsayısı belirlenmiştir. Darbe dayanım deneyi sonucu Tablo 4'de verilmiştir.

### 4.2.6. Darbe Dayanım Deneyi

Darbe dayanım katsayısını belirleyebilmek için ağırlığı yaklaşık 30 kg, alt çapı dairesel ve 300 mm metal tabanlı, iç çapı 102 mm, iç derinliği 50 mm, et kalınlığı 6 mm silindir biçimli çekiç ağırlığı 14 kg olan standart darbe dayanım aleti kullanılmıştır.

$$D_k = \frac{M_s}{M_b} * 100 \quad (7)$$

Burada  $D_k$ : Darbe dayanım katsayısı (%),  $M_s$ : 2.36 mm'lik elek üzerinde kalan malzeme miktarı (gr),  $M_b$ : Başlangıçtaki numune miktarı (gr)

**Tablo 4.** Üçkapılı Granotoidlerinin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri.

Mekanik Özellikler	Değerler
Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (MPa)	$95.15 \pm 5.19$
Çekme Dayanımı (Brazilian) (MPa)	$11.43 \pm 2.04$
Nokta Yük Dayanımı (MPa)	$9.33 \pm 4.92$
İçsel Sürtünme Açısı	$50^\circ$
Kohezyon (MPa)	17
100 Devirlik Aşınma Kaybı (%)	3.65
500 Devirlik Aşınma Kaybı (%)	15.64
Agrega Darbe Dayanım Katsayısı (%)	$76.06 \pm 1.00$

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada Üçkapılı Granotoidlerinin mineralojik-petrografik özelliklerinin yanı sıra mühendislik özellikleri de saptanmış ve şu sonuçlar bulunmuştur.

Minerolojik-Petrografik Özelliklerine Göre Granotoidler;

- Makroskopik olarak iki farklı özellikte olduğu, ayrışma yüzeylerinin 14 mm ile 10 mm çaplı eleklerin

açık-gri ve sarımsı-gri renkte, yüzey kısımlarının altere olduğu, tane boyalarının orta-ince arasında, faneritik dokulu, tektonizmanın etkisiyle bol kırıklı ve çatıtlaklı bir yapıya sahip olduğu,

- İnce kesitlerinde; %55-60 Kuvars, % 5-10 Biyotit, % 10-15 Plajiyoklas Feldispat, % 5-10 Mikrolin, % 5 Alkali Feldispat, % 5 ikincil mineral içerdiği,
- Kuvars kristallerinde mirmekitik,

zonlanma, allotriyomorf doku, mikrolin kristallerinde kafes dokusu, biyotitlerde hipidiyomorf doku, plajiyoklas feldispatlarda idiyomorf doku, alkali feldispatlarda allotriyomorf dokusu ayrıca kayacın kristallenme derecesine göre faneritik ve holokristalin dokularına sahip olduğu,

- Streckeisen (QAP) diyagramındaki yerinin monzo-granit ve granoditorit bölgesinde olduğu gözlenmiştir.

- Alkali-sisis reaktivitesi yönünden çözünmüş silis konsantrasyonu (Sc) 27.30 mmol/lt, alkali azalması (Rc)'nin ise 540 mmol/lt değeri ile zararsız agregalar sınıfında yer aldığı ayrıca kayacın ince kesitlerinde kristalleşmemiş ( $\text{SiO}_2$ )'ye rastlanmadığı için alkali-silis reaktivitesi yönünden de beton agregası olarak kullanılmasında bir sakınca olmayacağı anlaşılmıştır.

Fiziksel Özelliklerine Göre Granotoid;

- Doğal birim hacim ağırlığının 2.63 gr/cm<sup>3</sup>, kuru birim hacim ağırlığının 2.59 gr/cm<sup>3</sup> olduğu,

- Özgül ağırlığının 2.63, tane birim hacim ağırlığının 2.69 gr/cm<sup>3</sup> olduğu,

- Ağırlıkça su emme oranının % 0.33, hacimce su emme oranının % 0.87 olduğu,

- Görünür porozitenin % 0.87, normal porozitenin % 0.08 olduğu, bu sonuca göre "çok kompakt kaya" sınıfında yer aldığı,

- Schmith çekici geri tepme sayısına göre "fevkalade sert kaya" sınıfında yer aldığı,

-  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  çözeltisinde don kaybı % 3.20 ile % 4 sınır değerinin altında olduğu belirlenmiştir.

Mekanik Özelliklerine Göre

Granotoidlerin;

- Tek eksenli, nokta yük ve endirekt çekme dayanımları göz önüne alındığında "orta dirençli kaya" sınıfında yer aldığı,

- Birbirine dik olarak alınan örnekler üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre izotrop malzeme olarak kabul edilebilineceği,

- Üç eksenli basınç deney sonuçlarına göre kayma direnci parametreleri C ve φ'nin yüksek değere sahip olduğu,

- Los Angeles aşınma deneyi sonucuna göre 500 devir sonunda aşınma kaybının % 15,64 olması, bu değerin TCK şartnamesinde belirtilen % 40 değerinin çok altında olduğu,

- Darbe dayanım katsayısının % 92.53 olduğu belirlenmiş,

Bu özellikler TS 2513 "Doğal Yapı Taşları", TS 699 "Tabii Yapı Taşları Muayyene ve Deney Metotları", TS 706 "Beton Agregatları" ve TCK/1986'nın "Fenni şartnamesi"nde aranan özelliklere uygun olduğundan, granotoidlerin asfalt miciği, beton agregası, yapı malzemesi olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

## 6. TEŞEKÜR

Yazar, deney ve analiz sonuçlarının yorumlanmasında katkı sağlayan Hakan GÜNEYLİ'ye, deney ve analizlerin tamamlanmasında önemli yardımları olan Mustafa FENER ve Osman GÜNAYDIN'a teşekkür eder.

## 7. KAYNAKLAR

Atabey, E., Ayhan, E., 1986. Niğde-Ulukışla-Çamardı-Çiftehan Yörəsinin

**ÜÇKAPILI GRANOTOİDLERİNİN AGREGA OLABİLME ÖZELLİĞİ  
AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

*Jeolojisi. MTA 8064 Nolu Raporu 49.*  
Ankara.

*Deer, D., U.& Miller,R.P.,1966.  
Clasification and Index Proreties of Intact  
Rock Techniccan Repot AFWL-TR,AF  
Special Weapons Center. KirtlandAir  
Force Base, New Mexico.*

*Göncüoğlu, M.C., (1986), "Niğde  
Masifinin Jeolojisi" M.T.A. Yayınları,  
Derleme Raporu No: 7856.*

*ISRM1981, ISRM Sugested Methods.  
Rock Caracterization.*

*MTA, 1990, Kozan J 19 Paftası Jeoloji  
Haritasi.*

*Özgür, Z., 1999, "Üçkapılı*

*Granotoidinin Minerealojik, Petrografik  
ve Jeokimyasal Özelliklerinin  
İncelenmesi", Niğde Üniversitesi Fen  
Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 68.  
S. Niğde.*

*TCK/1986 Fenni Şartnameler, Ankara.  
TS 2516 Alkali-Silik Reaktivitesinin  
Kimyasal Yolla Tayini, Ankara.*

*TS 699 Tabii Yapıtaşları Muayene ve  
Deney Metotları, Ankara.*

*Tahran, F., 1989. Mühendislik Jeolojisi  
Prensipleri, KTÜ Yayınları, Trabzon.  
TS 706/1980 Beton Agregatları,, Ankara  
TS 2513 Doğal Yapı Taşları, Ankara.*



## GEO SOUND / YERBİMLİMLERİ YAZIM KURALLARI

Yerbilimleri / Geosound, yerbilimleri dalında teorik veya araştırma sonuçlarını içeren ve özgün sonuçları olan Türkçe, İngilizce, Fransızca ve Almanca makaleleri kabul eder. Dergide ayrıca tanınmış bilim adamlarının güncel yenilikleri içeren tercüme yazılarına da yer verilebilir.

Makalelerin Türkçe olanlarına İngilizce, yabancı dillerde olanlarına da Türkçe özetler konulmalıdır. Makaleler şekil, çizelge veya tablo, fotoğraflı levhalar dahil 8 sayfayı geçemez. Ancak yazarları tarafından ısrar edilen ve kısaltılamayacak makaleler her yıl sayfa başına tesbit edilen katkı payı miktarı kadar ödeme yapılarak yayınlanabilir. Yazılar A4 ebadındaki kağıtların bir yüzüne çevresine 2.5 cm boşluk bırakılarak yazılmalı, harita, kesit ve levhalar aynı boyutta hazırlanmalıdır. Yazılar Macintosh bilgisayarda herhangi bir program dilinde hazırlanarak makale ekinde yazı disketi ile verilmelidir. Macintosh imkanı olmayan yazarlar ücret ödeyerek yazılarını yayın sekreterliğine yazardırabilirler.

Makaleler Türkçe başlık; Yazar adı soyadı ve kısa adresi; Özeti; İngilizce başlık; Abstract; Giriş; Bölümler ve alt bölümler; Sonuçlar veya Tartışmalar ve sonuçlar; Teşekkür; Kaynaklar şeklinde olmalı, ayrıca Bölümler ve Alt Bölümler 1., 1.1., 2., 2.1., vs. şeklinde numaralanmalıdır.

Kaynaklara metin içerisinde yazar soyadı ve tarih sırasıyla atıfta bulunulmalı, bunlarla ilgili bilgiler ise Kaynaklar başlığında "Soyadı, Adının ilk harfi veya harfleri, Tarih, Makalenin başlığı, Derginin kısaltılmış adı, Cilt No, Başlangıç ve Bitiş sayfası" şeklinde verilmelidir.

Dergide yayınlanmayan yazılar geri gönderilir. Yayınlananlardan yazarlarına 20'şer adet ayrı baskı verilir. Çok yazarlı makalelerde bu sayı yazarlar arasında bölütürülür. Yayınlanan yazılar için telif hakkı ödenmez.

Şekiller, haritalar, grafikler aydinger üzerine çini mürekkep kullanılarak, koyu bir şekilde çizilmeli, fotoğraf ve levhalar 13x19 cm boyutundaki çerçeve dışına çıkarılmadan hazırlanmalıdır. Yerbilimleri / Geosound ofset metoduyla basıldığı için yazıların mizanpajı yazarlar tarafından yapılmalı, şıklar, tablolar, fotoğraflar metin içine yerleştirilmeli ve alt yazılar tek dilde yazılmalıdır.

Makaleler, biri orjinal olmak üzere 3 nüsha halinde aşağıdaki adrese disketiyle birlikte gönderilmelidir.

Yerbilimleri / Geosound Editörlüğü  
Ç.Ü.Müh.Mim.Fakültesi  
Jeoloji ve Maden Mühendisliği Bölümleri  
01330 - Balcalı / ADANA / TÜRKİYE  
Tel (Fax) :(322) 338 67 11 veya 338 63 57  
(Tel) 338 61 26 (Fax)  
e-mail: [yerbilimleri@yahoo.com](mailto:yerbilimleri@yahoo.com)

**Not:** 40-41. sayımızda yer alan "Geotechnical Evaluation of the Türkşerefli Dam Site, Ankara-Turkey" başlıklı makale aslında 3 isimli olması gerekirken son düzeltme aşamasında sehven 2 yazarlı olarak basılmıştır. Bu makalede, "Turgay Beyaz" 3. isim olup, ayrı baskılarda düzeltilmiştir. Bu yanlışlıktan dolayı yazarlardan özür dileriz.

## INSTRUCTION TO CONTRIBUTORS

Yerbilimleri / Geosound accepts theoretical work or results of a research together with original articles written in Turkish, English, French and German. Translated papers of any article written on the latest developments of a specific subject by known authors can also be accepted.

Turkish articles English, English, French and German articles should have a Turkish summary. Papers to be submitted should not exceed 8 pages including figures, tables, plates and photographs. The ones which are insisted by their authors not to be shortened can be published by charging for each additional page on the amount defined by editorial committee. Papers should be written on one side of A4 sheets leaving a blank space of 2.5 cm at each side of the sheet and maps, plates, cross sections must be prepared in the same form. Any wordprocessor compatible with Macintosh computer system should be used to type the papers and diskets including articles should be attached to the papers. It is possible for the editorial committee to get the articles written with an available Macintosh system but this has to be charged.

The papers should be organised as follows: Title in Turkish; Author's name and address; Summary; Title in English; Abstract; Introduction; Sections and Sub-sections; Conclusions or Discussions and Conclusions; Acknowledgement; References; Appendices. Sections and Sub-sections should be enumerated in the form of 1., 1.1., 2., 2.1., etc.

References in the main text should be cited on the basis of Author's name and date. The information related to these should be given in the References section as: "Surname, Initial(s), Date, Title of Article, Abbreviated Name of the Journal, Volume No, First page-Last page".

Articles which are not published in the Journal are returned. 20 copies of the published papers are sent to the authors. In the joint papers this number is divided between the authors. Copy right is not paid for the published papers.

Figures, maps, graphics should be drawn by black Indian ink on transparent drawing paper, photographs and plates should be prepared such that they can be placed in the frame of 13x19 cm. Yerbilimleri / Geosound is printed with offset printing method that's why coordination of the articles should be done by their authors; figures, tables and photographs should be organised in the text and all explanations about these should be written in one language.

Papers should be sent in three copies, one being the original, to the following address together with the disket containing the article.

Yerbilimleri / Geosound Editörlüğü  
Ç.Ü.Müh.Mim.Fakültesi  
Jeoloji ve Maden Mühendisliği Bölümleri  
01330 - Balcalı / ADANA / TÜRKİYE  
Tel (Fax) : (322) 338 67 11 veya 338 63 57 (Tel) 338 61 26 (Fax)  
e-mail: [yerbilimleri@yahoo.com](mailto:yerbilimleri@yahoo.com)