

ÖNSÖZ

Yerbilimleri/Geosound'un 36. sayısıyla tekrar karşınızda olmaktan mutluyuz. Yaklaşık 15 yıldır aralıksız çıkardığımız bu dergiyi ilk defa güncel bir tarihle yayinallyabildiğimiz için mutluluğumuz bir kat daha artmaktadır. Bu sayımızda çeşitli üniversitelerimizde tamamlanmış araştırmalara ait toplam 13 adet makale yayınlanmıştır. Yine bu sayımızdan itibaren ücretsiz sayfa adeti sekize çıkarılmıştır. Yazarlarımızın mümkün olduğunda kısa makalelere yönelmelerini önerir, hiç bir katkı ödededen çalışmalarını yayınlamalarını salık veririz. Güncel tarihi yakaladığımız bu sayından itibaren gelecek sayılarımızın da zamanında yetişebilmesi için, hakemlerimizin ve düzeltme için kendilerine tekrar makaleleri gönderilen yazarlarımızın en kısa sürede işlemlerini tamamlayarak makaleleri editörlüğümüze geri göndermeleri gerekmektedir.

Yerbilimleri/Geosound ofset metoduyla yayınlandılarından baskı kalitesinin korunabilmesi için özellikle şekil, harita ve levhaların net, sayfa içinde boşluk bırakmayacak ölçülerde ve mümkün ise siyah-beyaz olmasına dikkat edilmesi ve belli oranlarda küçültmeler yapılsa bile 13x20 cm oranının korunması gerekmektedir. Dizginin hatasız yapılabilmesi için de yazarların bizzat makalelerinde kullandıkları diyagram, şekil ve levhaları metin içinde en uygun yerlere yerleştirilmesi büyük kolaylık sağlamaktadır.

37. sayımızı da yine oldukça güncel tarihte yayımlamayı umar, yayın hayatımı sunuyoruz.

Saygılarımla,

Yayın Kurulu Adına
Mesut ANIL
Baş Editör



G E O S O U N D



YERBİLİMLERİ

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Smectite to Illite Conversion: A Review and a Case Study on Atoka Shales in Eddy County, New Mexico USA / <i>Simektit'in İllite Dönüşümü: Genel Bakış ve Atoka Şeyllerinde (Eddy İlçesi, New Mexico ABD) Örnek Çalışma</i>	1
Muhsin EREN	
Kumca Zengin Fırtına Sedimanları ile Türbiditler Arasındaki Farklılıklara Adana Basen'i'nden bir Örnek / <i>Differences Between Turbidites and Sandy Tempestites: An Example from the Adana Basin</i>	15
Kemal GÜRBÜZ, Ulvi Can ÜNLÜGENÇ	
Akpınar- Tatköy- Ulumuhsine- Sarayköy (Konya) Dolayındaki Gölsel Stromatolitlerin Fasiyes Özellikleri / <i>Facies Characteristics of Lacustrine Stromatolites in the Akpınar-Tatköy - Ulumuhsine - Sarayköy (Konya) Area</i>	29
A. Müjdat ÖZKAN	
Elazığ Yakın Kuzeyindeki Magmatitlerin Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri / <i>Petrographic and Geochemical Features of the Magmatics in the Northern of Elazığ</i>	53
Sevcan KÜRÜM, A. Hulusi TAŞKIN	
Elazığ İli İçme ve Kullanma Sularının Hidrojeokimyasal Özellikleri / <i>The Hydrogeochemical Properties of Drinking and Using Waters of Elazığ</i>	65
Özlem ÖZTEKİN, Bahattin ÇETİNDAĞ	
Harmancık Bölgesi (Batı Anadolu) Manyezit Yataklarının Jeolojisi ve Oluşumu / <i>Geology and Genesis of Magnesite Deposits in Harmancık Region (Western Anatolia)</i>	81
Halis MANAV	
Sayısal Görüntü Sınıflandırma Yöntemiyle Cevher Minerallerinin Modal Analizi / <i>Modal Analysis of Ore Minerals by Digital Image Classification Method</i>	97
Hulusi KARGI, Muharrem AKGÜL, Bünyamin AKGÜL	
Kabalar Formasyonu (Göynük-Bolu) Bitümlü Şeyllerindeki Hidrokarbon Damlalarının Morfolojileri / <i>Morphology of Hydrocarbon Droplets from Bituminous Shales of the Kabalar Formation (Göynük-Bolu)</i>	107
Erdoğan TEKİN, Ali SARI	

İmrانlı (Sivas) Barajı Derivasyon Tünelinde Değişik Kaya Kütle Sınıflamalarına
Göre Destek Yöntemi Seçimi / *Selecting the Support Category According to the
Some Rock Mass Classification Systems of the Derivation Tunnel of the İmrانlı
(Sivas) Dam*

Ergun KARACAN, Ahmet Turan ARSLAN 121

Anadolu Hisarı (Doğu Boğaziçi-İstanbul) Kuvatneri /*Quaternary of
Anadolu Hisarı (Eastern Bosphorus-İstanbul)*

Engin MERİÇ, İ. Erdal KEREY, Niyazi AVŞAR, Güler TANER, Funda AKGÜN
İsmail ÜNSAL, Antonietta ROSSO, Atike NAZİK, Hayrettin KORAL 135

Yüksek Oranda Karbonat İçeren Grafit Konsantrelerinin Derişik Hidroklorik
Asitli Ortamda Flotasyon İşlemiyle Saflaştırılması /*The Purification of High
Amount of Calcium Carbonate Containing Graphite Ores by Flotation in a Highly
Concentrated Hydrochloric Acid Environment*

Yaşar ÇİLİNİR 185

Simulation of Locked Cycle Flotation Tests / *Kapalı Devre Flotasyon Deneylerinin
Simülasyonu*

Emin Cafer ÇİLEK 197

Recovery of Barite from Baser Co. Barite Processing Plant Slimes by Using Mgs
Başer Barit Zenginleştirme Tesisi Şlamlarından Mgs ile Baritin Kazanılması
Vedat DENİZ 207

Dağyaka Kalker Ocağında Uygulanan Kare ve Şeşbeş Delik Düzenlerinin
Karşılaştırılması / *Comparison of the Rectangular and Stagger Blasting Patterns
Used in Dağyaka Quarry Mine*

Özgür AKKOYUN, Mustafa AYHAN 213

**SMECTITE TO ILLITE CONVERSION : A REVIEW AND A CASE STUDY
ON ATOKA SHALES IN EDDY COUNTY, NEW MEXICO USA**

Muhsin EREN

Mersin Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü , Mersin/Türkiye

ABSTRACT: *The smectite to illite conversion (illitization) is a diagenetic process, by which illite forms from smectite. A combination of X-ray diffraction (XRD) and analytical electron microscopy (TEM/STEM) analyses was used to study the diagenesis of Atoka shales. Determination of illitization degree is based on a comparison of the (001) 10 Å / (002) 17 Å and (002) 10 Å / (003) 17 Å peak positions by simulating the XRD patterns using the 'NEWMOD' computer program. The results indicate a high degree of illitization (75-80 % illite in mixed layer of illite/smectite (I/S)). The illitization reaction released Fe²⁺ and Mg²⁺ ions to form ankerite in the shales. These ions also were transferred from shales to the adjacent carbonate reservoir rocks to form saddle dolomite cement. TEM/STEM examinations of clay particles in Atoka shales suggest that the reaction of smectite to illite appears to proceed by solid-state transformation. Therefore, the clay particles do not exhibit diagenetic overgrowth textures.*

**SİMEKTİT'İN İLLİTE DÖNÜŞÜMÜ : GENEL BAKIŞ VE ATOKA
SEYİLLERİNDE (EDDY İLÇESİ, NEW MEXICO ABD) ÖRNEK ÇALIŞMA**

ÖZET: *Simektitin illite dönüşümü diyajenetik bir olaydır, bununla illit simektitten oluşur. Atoka şeyillerinin diyajenezini incelemek için X-işınları difraksiyonu (XRD) ve analistik elektron mikroskop (TEM/STEM) analizleri kullanılmıştır. İllitleşme derecesinin belirlenmesi, 'NEWMOD' bilgisayar programı kullanılarak XRD-çıktılarının simulasyonu ile (001) 10 Å / (002) 17 Å ve (002) 10 Å / (003) 17 Å piklerinin konumlarının karşılaştırılmasına dayanır. Sonuçlar yüksek derecede bir illitleşmeyi göstermektedir. (Karışık illit/simektit (I/S) katmanında % 75-80 oranında illit). İllitleşme reaksiyonu şeyiller içinde ankerit oluşturmak üzere Fe²⁺ ve Mg²⁺ iyonlarını serbest bırakmıştır. Keza, bu iyonlar şeyillerden bitişik karbonat rezervuar kayaçlarına göç ederek egerimsi (saddle) dolomitik çimentoyu oluşturmuştur. Atoka şeyillerindeki kil partiküllerinin TEM/STEM incelemeleri, simektitin illite dönüşüm reaksiyonunun katı-faz dönüşümü şeklinde gerçekleştiğini önekmektedir. Bundan dolayı, kil partikülleri diyajenetik büyümeye yapıları göstermezler.*

1. INTRODUCTION

The smectite to illite conversion (illitization) is a diagenetic process, by which illite forms from smectite. This diagenetic process is a widely recognized to occur in shales with progressive burial (Perry and Hower, 1970; Boles and Franks, 1979; Dypvik, 1983; Burtner and Warner, 1986). The degree of illitization (% of illite in mixed-layer illite/smectite denoted as I/S) can be estimated using X-ray diffraction analysis. The degree of illitization and type of I/S ordering have been used cautiously as an indicator of diagenetic paleotemperature during burial in sediments (Hoffman and Hower, 1979; Nadeau and Reynolds, 1981; Dypvik, 1983).

This paper reviews the foregoing concepts of smectite to illite conversion, and includes its application to Atoka shales by using the NEWMOD computer program. Data for this study were obtained from 11 wells in Eddy County, New Mexico USA (Fig. 1), and were provided by Santa Fe Energy Resources, Inc. Detailed studies on Pennsylvanian (Atoka) sediments are limited. Stratigraphy of central and southeastern portions of Eddy County was summarized by James (1985), who points out an extensive carbonate development along northwest shelf margin of Delaware Basin during Atoka time. There, carbonate bank deposits interbed with gray to black, fissile, thinly

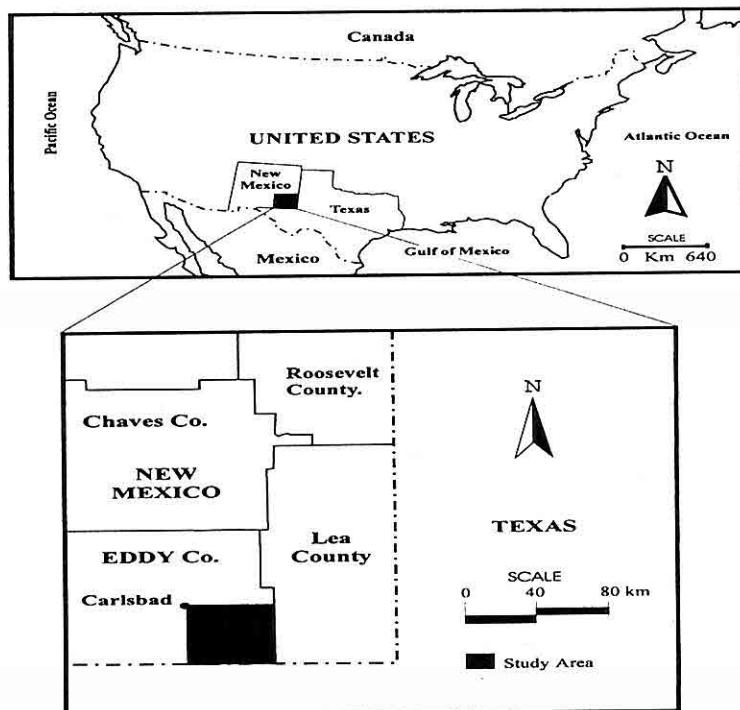


Figure 1. Index map of study area.

SMECTITE TO ILLITE CONVERSION : A REVIEW AND A CASE STUDY ON ATOKA SHALES IN EDDY COUNTY, NEW MEXICO USA

laminated deep marine shales (Fig. 2) possibly a basinal setting. In the study area, Atoka shales serve as a seal of the carbonate deposits of an algal bank complex (Eren, 1993) to form a stratigraphic trap including natural gas. The subsurface data are insufficient to determine the entire thickness of the Atoka shales.

2. REVIEW OF SMECTITE TO ILLITE CONVERSION

The mineralogic transformation of smectite to illite has been reported in various geologic settings: progressive burial (Perry and Hower, 1970; Weaver and Beck, 1971; Hower et al. 1976; Burtner and Warner 1986; Dypvik, 1983; Pollastro and Barker, 1986), contact metamorphism (Nadeau and Reynolds, 1981), hydrothermal alteration (Inoue et al. 1987, 1988; Yau et al. 1987), and thrust sheet burial (Hoffman and Hower, 1979). The smectite to illite conversion requires an additional layer charge of the smectite layers (Roberson and Lahann, 1981; Hower et al. 1976) and fixation of K^+ in smectite interlayers (Hower et al. 1976). The additional layer charge may be created by substitution of Al^{3+} for Si^{4+} in the tetrahedral sheet (Weaver and Beck, 1971; Foscolos and Kodama, 1974; Hower et al. 1976) or substitution of Mg^{2+} and/or Fe^{2+} for Al^{3+} in the octahedral sheet (Hower et al. 1976) or by reduction of Fe^{3+} to Fe^{2+} in the octahedral layer (Perry and Hower, 1970; Eslinger et al. 1979). The negative charges are balanced by the fixation of

K^+ in the interlayer sites (Eberl and Hower, 1976; Eberl, 1980). It is uncertain whether K^+ is required in the interlayer



Figure 2. Core photograph showing thinly laminated black shale including chert nodule (ch).
Pure Gold 4-1 well, 4127 meter

for the creation of layer charge (Lahann and Roberson, 1980) or whether the layer charge is created independently of the presence of K^+ and collapse occurs when K^+ is fixed to the high charged interlayer site (Howard and Roy, 1985).

Different mechanisms have been proposed to describe smectite conversion to illite. The mechanisms are basically (a) solid-state transformation (Hower et al. 1976; Pollard, 1971; Towe, 1962; Weaver and Beck, 1971), and (b)

smectite dissolution followed by illite precipitation (Boles and Franks, 1979; Inoue et al. 1987). The solid-state transformation implies ionic diffusion in the interlayer site and distortion of silica tetrahedra, allowing Al^{3+} to substitute for Si^{4+} . During solid-state transformation, the silica lattice is mainly preserved. Therefore, conversion of smectite to illite requires additional Al^{3+} and K^+ from external sources. The Al^{3+} and K^+ for new illite layers of the illite/smectite (I/S) are derived by chemical decomposition of K-feldspar and mica (Hower et al. 1976; Aronson and Hower, 1976). The hypothesis of solid-state transformation is favored by K/Ar dating studies (e.g., Weaver and Wampler, 1970; Perry, 1974; Aronson and Hower, 1976). During the smectite to illite conversion, apparent age of the bulk shale decreases. This decrease is due to loss of ^{40}Ar from the rock. K and Ar are removed from K-feldspar and mica in proportion to their abundances. Much of this K^+ moves to an interlayer position in the mixed layer phase. The radiogenic ^{40}Ar remains constant within illite/smectite minerals; and therefore, the apparent age decreases.

The dissolution - precipitation hypotheses (Boles and Franks, 1979; Inoue et al. 1987) derives the Al^{3+} required for formation of new illite layers from the dissolution of smectite layers, and not from an external source. Boles and Franks (1979) suggested that conversion of smectite to illite is capable of releasing large amounts of Fe^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Si^{4+} , and Na^+ . The Ca^{2+}

and Si^{4+} are released early and the Fe^{2+} and Mg^{2+} later, because iron-magnesium-rich smectite layers react more slowly. Therefore, smectite-illite transformation at higher temperatures releases Fe^{2+} and Mg^{2+} .

Factors controlling the conversion of smectite to illite include temperature (Lahann, 1980; Perry and Hower, 1970, 1972; Boles and Franks, 1979; Hower et al. 1976), pressure (Perry and Hower, 1970, 1972), pore-water chemistry (Eberl, 1980; Roberson and Lahann, 1981; Elliott et al. 1991), initial composition of smectite (Lahann, 1980; Boles and Franks, 1979; Foster and Custard, 1980), time (McCubbin and Patton, 1981), and source of K^+ and Al^{3+} (Hower et al. 1976). However, temperature and time seem to be important factors controlling smectite to illite conversions.

The smectite conversion to illite begins at temperatures as low as 60°C (Boles and Franks, 1979). During this process, the proportion of illite to smectite layers in I/S mixed-layers and layer ordering (R) progressively increase (Hower et al. 1976; Bethke and Altaner, 1986; Inoue et al. 1987). Degree of illitization is used as an indicator of thermal history (Hoffman and Hower, 1979; Nadeau and Reynolds, 1981; Dypvik, 1983), and/or burial history of sediments (Elliott et al. 1991; Pollastro and Barker, 1986; Bell, 1986), or organic maturity (Powers, 1967; Dypvik, 1983; Foscolos and Kodama, 1974). The smectite to illite conversion process may also generate high

SMECTITE TO ILLITE CONVERSION : A REVIEW AND A CASE STUDY ON ATOKA SHALES IN EDDY COUNTY, NEW MEXICO USA

geopressures (Foster and Custard, 1980) and precipitate cements in sedimentary rocks adjacent to shales (Towe, 1962; Boles and Franks, 1979).

3. ILLITIZATION OF ATOKA SHALES

3.1 Samples and Methods

3.1.1 Samples

In this study, six samples were used from Atoka shales (Table 1). All samples have been taken from the sealing rocks. Their formation temperatures considering present-day conditions were calculated

3.1.2 X-Ray Diffraction Analysis

X-ray diffraction (XRD) analyses were carried out on Philips equipment using Ni-filtered $\text{CuK}\alpha$ radiation. Powdered samples were loaded in an aluminum holder, and X-rayed from 2° to $65^\circ 2\theta$ at goniometer with a scanning speed of $1^\circ 2\theta/\text{min}$. The oriented clay mounts of < 1 (m fraction were X-rayed in an air-dried state and after solvation with ethylene glycol. The oriented specimens were scanned from 2° to $40^\circ 2\theta$ at the same goniometer and chart speeds as the bulk samples.

Table 1. Depths and formation temperatures of samples, illite % in I/S, and layer ordering (R)

Sample No	Burial Depth (m)	Formation Temperature Tf (oC)	% of illite in I/S	Layer Ordering (R)
S-1	4174	103	80 %	1
S-2	4119	89	75 %	1
S-3	4073	87	75 %	1
S-4	4193	97	75 %	1
S-5	3667	79	75 %	1
S-6	4137	89	75 %	1

Note: S-1 from Sterling Silver 34-1 well (Upper Shale),
S-2 (Upper Shale) and S-6 (Lower Shale) from Sterling Silver 32-1 well
S-3 from North Pure Gold 8-1 well (Lower Shale),
S-4 from Pure Gold 4-1 well (Lower Shale),
S-5 from Harroun Trust 30-1 well (Lower Shale).

from well data by using the following equations (Asquith, 1982):

$$Tf = m * Ds + Ts$$

$$m = (BHT - Ts) / TD$$

where Tf is formation temperature, m is slope (geothermal gradient), Ds is sample depth, Ts is surface temperature of 21°C , BHT is bottom hole temperature, TD is total depth where BHT is measured.

Determination of the illite to smectite ratio was based on a comparison of the $(001)_{10\text{\AA}} / (002)_{17\text{\AA}}$ and $(002)_{10\text{\AA}} / (003)_{17\text{\AA}}$ peak positions by simulating the XRD patterns using the computer program "NEWMOD" written by Reynolds 1985 (Fig. 3 and 4). The 17 peaks of ethylene glycolated samples

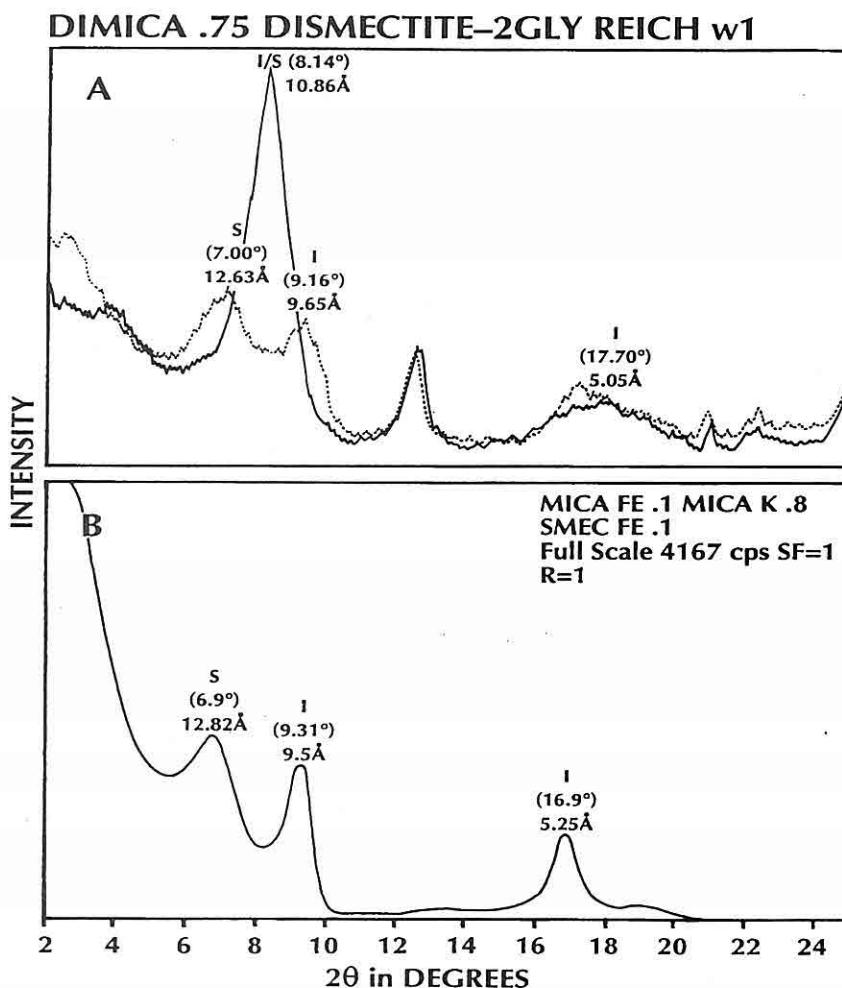


Figure 3. Comparison of X-ray diffraction patterns of I/S mixed layers with 75 % illite layer with computer simulation.
 A) X-ray diffraction patterns of oriented clay samples with < 1 μm fraction.
 Solid curve-air dried sample. Dotted curve- ethylene glycolated sample.
 B) Computer simulated X-ray diffraction pattern of the samples.
 I/S = illite/smectite mixed-layer, I= illite, S= smectite.

characterize smectite, whereas 10 \AA peaks reflect illite.

3.1.3 Analytical Electron Microscopy

Analytical electron microscopy (TEM/

STEM) techniques were used to determine the variation in particle morphology and chemistry. A JEOL 100 CX equipped with a Kevex ultrathin window was used for the collection of X-

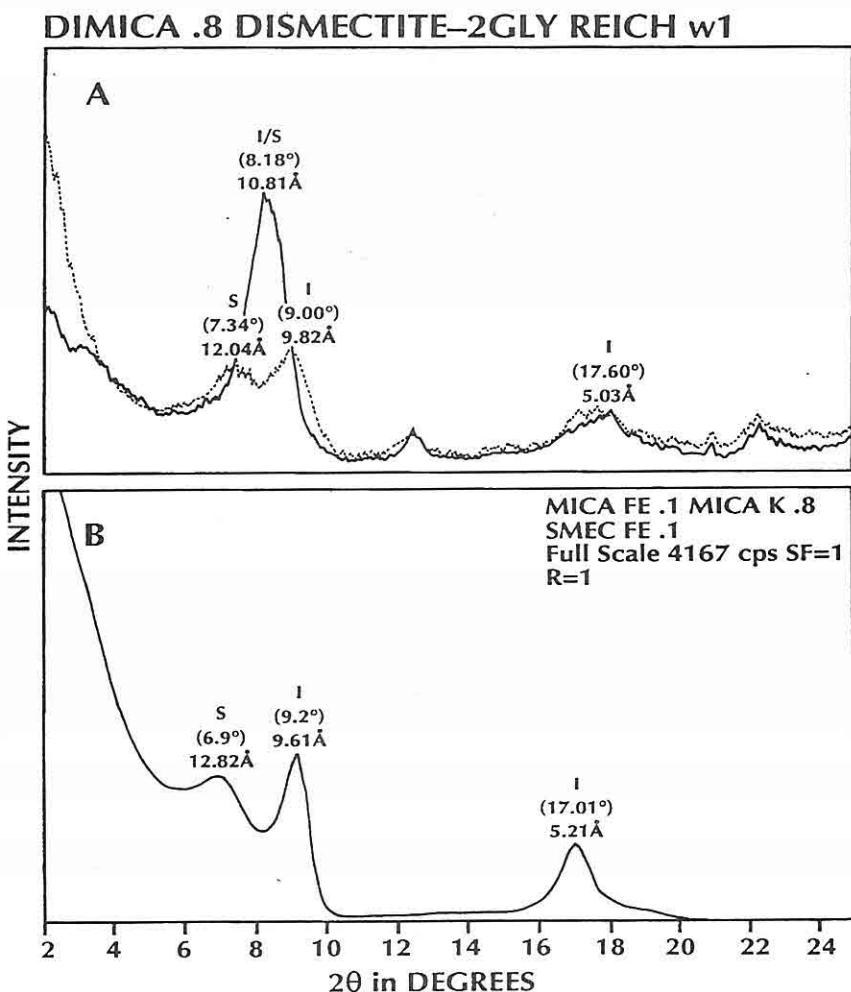


Figure 4. Comparison of X-ray diffraction patterns of I/S mixed-layers with 80 % illite layers with computer simulation.

- A) X-ray diffraction patterns of oriented clay sample (S-1) with < 1 μ m fraction. Solid curve-air dried sample. Dotted curve- ethylene glycolated sample.
- B) Computer simulated X-ray diffraction pattern of the samples. I/S = illite/smectite mixed-layer, I= illite, S= smectite.

ray photons and imaging individual clay particles at 100 kV potential. Suspensions were prepared from powders within ultrapure distilled water to which trace amount of tertiary butylamine had

been added. A drop of each suspension was dried on a Cu grid covered with a Formvar film; the film was subsequently coated with a thin layer of carbon (C).

The chemical composition of the

individual clay particles was determined using a Kevex 8000 X-ray microanalyzer attached to the electron microscope column. The characteristic x-ray spectra generated by elements of an individual clay crystallite were collected by an ultrathin window detector. A selected area of 0.5 square micrometers of a clay particle was scanned for 100 s at 100 kV potential to minimize K-migration under the electron beam. Energies of characteristic X-ray photons were then differentiated by a multichannel analyzer and processed by an on-line computer using KEVEX's TEMSTAR software. The net spectral intensities of an element (I_x) were converted to atomic ratios $N(x/Si)$ by the relationship known as the thin-film approximation:

$$N(x/Si) = k(x/Si) (I_x/ISi).$$

The relationship is valid as long as the thickness of the clay particles is ($0.1 \mu m$ at 100 kV potential. The k-factors in this study were obtained from Güven (1993). The k-factors were $k(Al/Si) = 1.113$, $k(K/Si) = 0.845$, $k(Mg/Si) = 1.386$ and $k(Fe/Si) = 0.733$. The spectral intensities were then converted to atomic ratios with respect to Si using the above k-factors. Structural formulae of the clay particles were later derived from the atomic ratios assuming that the total number of octahedral and tetrahedral cation was equal to 6.0. Because the k values were erroneous, the conventional 11-oxygen equivalency was not used.

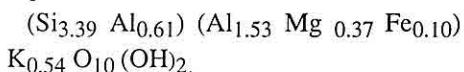
4. RESULTS

X-ray patterns of the bulk samples

illustrate that the samples consist of I/S mixed-layer, quartz, pyrite, chlorite and/or kaolinite, albite, ankerite, calcite minerals. Distribution of ankerite, albite and calcite show irregularities within the samples.

Air-dried X-ray patterns of the samples with $<0.1 \mu m$ fraction show that clay minerals mainly consist of I/S mixed-layers (Fig. 3.A and 4.A). Comparison of X-ray patterns of ethylene glycolated samples with $< 0.1 \mu m$ fraction with the computer simulated X-ray patterns (Fig. 3 and 4) reveals that illite content of I/S mixed layers range from 75 to 80%. Layer orderings (R) of clay samples were found to be 1.0. The analysis results are illustrated in Table 1.

TEM/STEM examination of clay particles reveals that dominated particles are I/S detrital platelets (Fig. 5) having flake-like morphologies. The other particles in mixture are smectite (Fig. 6), kaolinite (Fig. 7), muscovite and silica (Fig. 8). Average atomic ratios $N(x/Si)$ calculated from net spectral intensities are: $Mg/Si = 0.11$, $Al/Si = 0.63$, $K/Si = 0.16$, $Fe/Si = 0.03$. Estimated structural formula from average atomic ratios for I/S particles is:



5. INTERPRETATION OF RESULTS

Illite (I) content of the I/S mixed layers indicates a high degree of illitization in Atoka shales. Electron micrographs (TEM/STEM) of 14 I/S particles reveal that most of the I/S particles are detrital,

*SMECTITE TO ILLITE CONVERSION : A REVIEW AND A CASE STUDY ON ATOKA
SHALES IN EDDY COUNTY, NEW MEXICO USA*

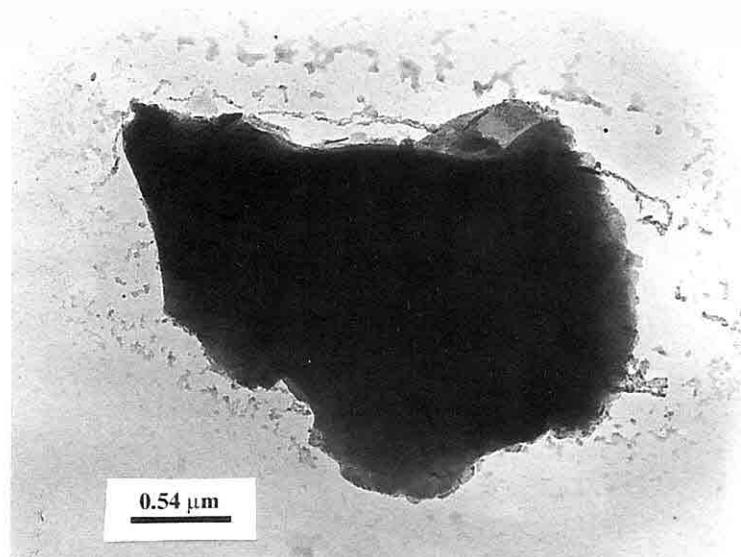
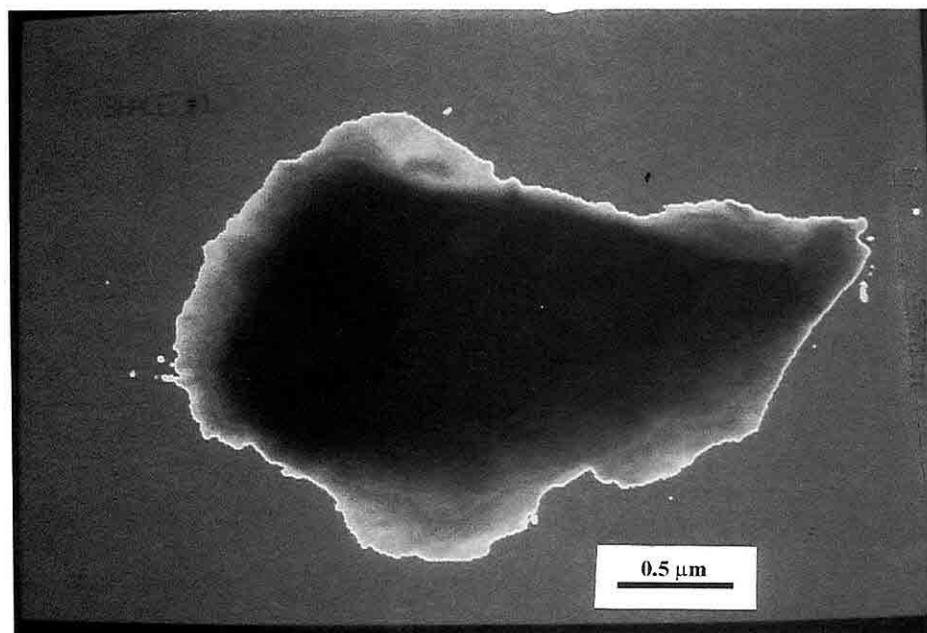


Figure 5. TEM / STEM images of an I/S particle and its x-ray spectra.
A) TEM image of detrital platelet of I/S. (Magnification : 27,000 X)



B) Its digital STEM image.

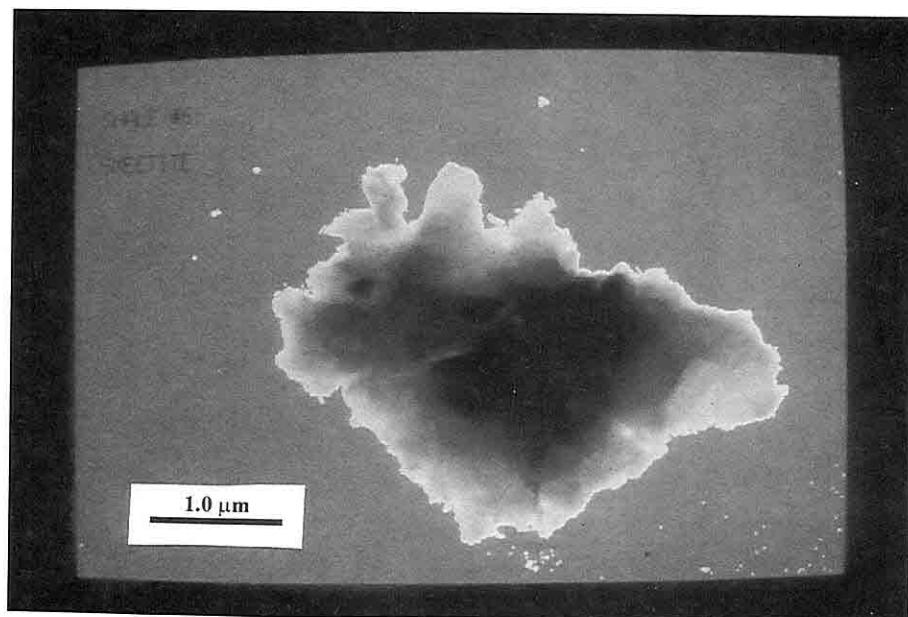


Figure 6. Digital STEM image of smectite aggregate displaying internal structure of the particle.

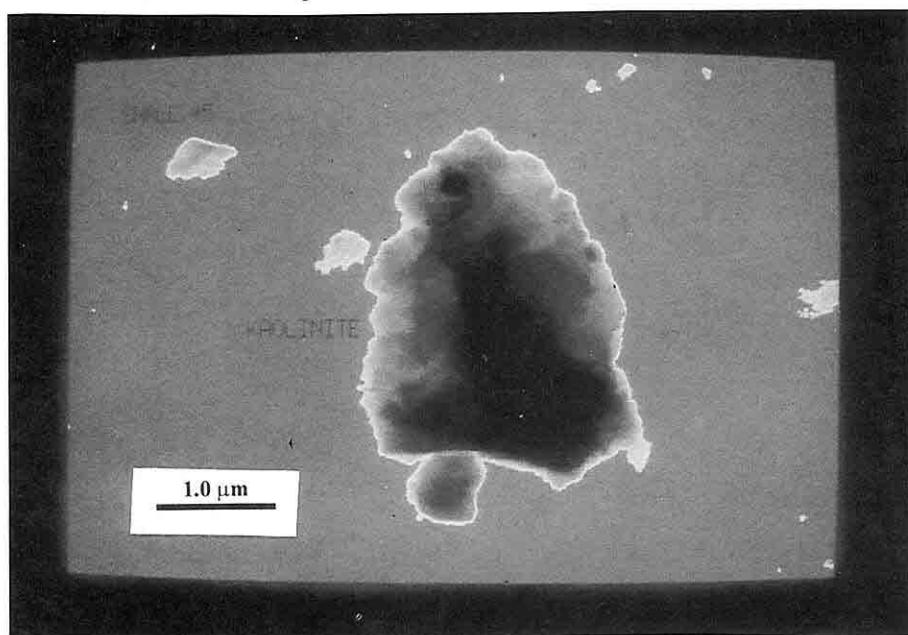


Figure 7. Digital STEM image of kaolinite particle displaying its internal structure.

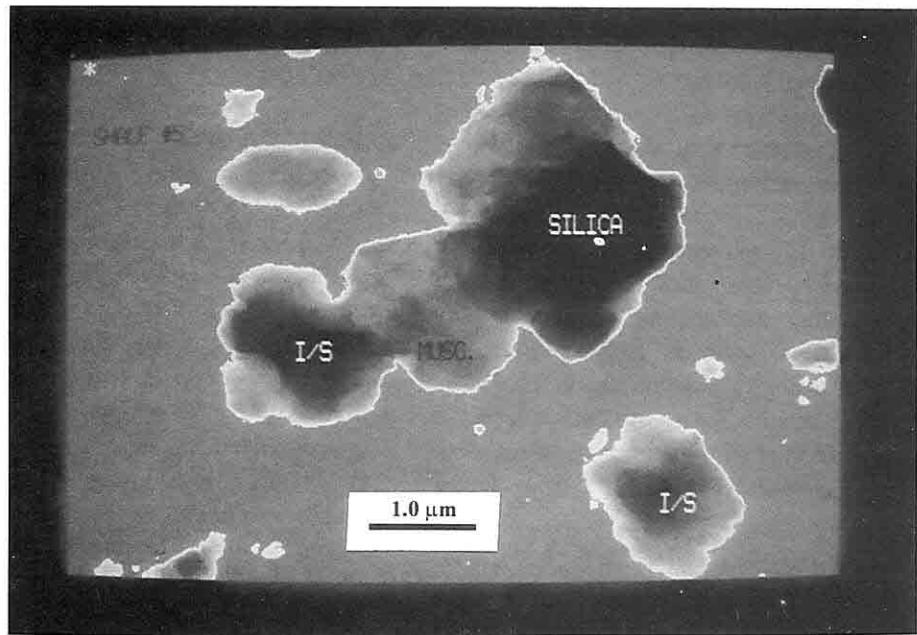


Figure 8. Digital STEM image of I/S particle with muscovite and silica particles displaying their internal structures.

and do not exhibit diagenetic overgrowths of illite-like forms as fibers or laths. This result is favored for solid-state transformation. However, this conclusion requires more detailed study including high-resolution TEM lattice images. In the study area, the illitization took place during burial of the shales following their deposition because of the presence of diagenetic ankerite minerals in the bulk samples.

The ankerite (Fe, Mg-rich calcite) has an importance of being as a geothermometer in sediments, indicating an occurrence at temperatures exceeding about 100°C (Boles and Franks, 1979). This result is supported by the degree of illitization (75-80% illite in I/S) and I/S ordering type ($R=1$) in Atoka shales. The

first occurrence of ordered I/S with 20 % smectite layers is at about 100°C (Burtner and Warner, 1986). Glasman et al. (1989) concluded that temperatures ranging from 80 to 140°C have been correlated with the occurrence of $R=1$ I/S. Therefore, Atoka shales were subjected to burial temperatures of above 100°C. This result conflicts with formation temperatures (T_f) of the samples (Table 1). The difference can be explained by a difference between recent and paleo-geothermometers, or by erosion which caused omission of upper levels of the stratigraphic record. The formation of ankerite requires Fe and Mg which are provided by the illitization reaction (Boles and Franks, 1979). Some Fe and Mg were transferred from shales to

adjacent Atoka carbonates to form saddle dolomites (ferroan and non-ferran). Close association of saddle dolomites with dickite cement in the stylolitic pores of the carbonate rocks indicates Al³⁺ transfer from surrounding shales (Eren, 1993). The movements of ions from clay to the eventual sites of ankerite, saddle dolomite, and dickite formations may have been through possibly fluid flow or diffusion (Mchargue and Price, 1982). The results suggest that smectite transformed to I/S mainly in response to increased temperature from burial (Table 1).

6. CONCLUSIONS

Atoka shales have been subjected to a high degree of illitization as a result of increased temperature of above 100 °C from burial. The illitization reaction released Fe²⁺ and Mg²⁺ ions to form ankerites in the shales and saddle dolomites (late cement) in adjacent carbonate reservoir rocks. TEM/STEM images of clay particles suggest that the reaction of smectite to illite proceeded by solid-state transformation. For this reason, the clay particles do not exhibit diagenetic overgrowths of illite-like forms.

7. ACKNOWLEDGEMENTS

This paper is a part of a Ph.D. dissertation studied at Texas Tech. University, Lubbock, Texas (USA). I would like to thank Dr. Necip Güven of the Department of Geosciences, Texas Tech. University, for TEM/STEM analyses and his support. Appreciation is extended to Santa Fe Energy Company

who supplied the necessary materials available.

8. REFERENCES

- Aronson, J.L., and Hower, J., 1976, Mechanism of burial metamorphism of argillaceous sediment: 2. Radiogenic argon evidence. *Geol. Soc. America Bull.*, v. 87, p. 738-744.
- Asquith, G.B., 1982, Basic well log analysis for geologists. Tulsa, Oklahoma, Amer. Assoc. Petr. Geol., Methods in Exploration No. 3, 216 p.
- Bell, T.E., 1986, Microstructure in mixed-layer illite/smectite and its relationship to the reaction of smectite to illite. *Clays and Clay Minerals*, v. 34, p. 146-154.
- Bethke, C.M., and Altaner, S.P., 1986, Layer-by-layer mechanism of smectite illitization and application to a new rate law. *Clays and Clay Minerals*, v. 34, p. 136-145.
- Boles, J.R., and Franks, S.G., 1979, Clay diagenesis in Wilcox sandstones of southwest Texas: Implications of smectite diagenesis on sandstone cementation. *Jour. Sed. Petrol.*, v. 49, p. 55-70.
- Burtner, R.L., and Warner, M.A., 1986, Relationship between illite/smectite diagenesis and hydrocarbon generation in Lower Cretaceous Mowry and Skull Creek shales of the northern Rocky Mountain Area. *Clays and Clay Minerals*, v. 34, p. 390-402.
- Dypvik, H., 1983, Clay mineral transformations in Tertiary and Mesozoic sediments from North Sea. *Amer. Assoc. Petr. Geol. Bull.*, v. 67, p. 160-165.

*SMECTITE TO ILLITE CONVERSION : A REVIEW AND A CASE STUDY ON ATOKA
SHALES IN EDDY COUNTY, NEW MEXICO USA*

- Eberl, D., and Hower, J., 1976, *Kinetics of illite formation*. *Geol. Soc. America Bull.*, v. 87, p. 1326-1330.
- Eberl, D.D., 1980, Alkali cation selectivity and fixation by clay minerals. *Clays and Clay Minerals*, v. 28, p. 161-172.
- Elliott, W.C., Aronson, J.L., Matisoff, G., and Gautier, D.L., 1991, Kinetics of the smectite to illite transformation in the Denver Basin: Clay mineral, K-Ar data, and mathematical model results. *Amer. Assoc. Petr. Geol. Bull.*, v. 75, p. 436-462.
- Eren, M., 1993, Petrophysical study of Pennsylvanian Atoka carbonate bank complex Eddy County, New Mexico. Unpublished Dissertation, Texas Tech. University, Lubbock, Texas USA, 261 p.
- Eslinger, E., Highsmith, P., Albers, D., and DeMayo, B., 1979, Role of iron reduction in the conversion of smectite to illite in bentonites in the Disturbed Belt, Montana. *Clays and Clay Minerals*, v. 27, p. 327-338.
- Foscolos, A.E., and Kodama, H., 1974, Diagenesis of clay minerals from Lower Cretaceous shales of North Eastern British Columbia. *Clays and Clay Minerals*, v. 22, p. 319-335.
- Foster, W.R., and Custard, H.C., 1980, Smectite-illite transformation-role in generating and maintaining geopressure (abstract). *Amer. Assoc. Petr. Geol. Bull.*, v. 64, p. 708.
- Glasmann, J.R., Larter, S., Briedis, N.A., and Lundegard, P.D., 1989, Shale diagenesis in the Bergen High Area, North Sea. *Clays and Clay Minerals*, v. 37, p. 97-112.
- Güven, N., 1993, Personal communication. Texas Tech. University, Lubbock, Texas, USA.
- Hoffman, J., and Hower, J., 1979, Clay mineral assemblages as low-grade metamorphic geothermometers, application to the thrust faulted disturbed belt of Montana. In: Scholle, P.A., and Schluger, P.R., eds., *Aspects of diagenesis*. Tulsa, Oklahoma, Soc. Econ. Paleon. Miner. Special Publication No. 26, p. 55-79.
- Howard, J.J., and Roy, D.M., 1985, Development of layer charge and kinetics of experimental smectite alteration. *Clays and Clay Minerals*, v. 33, p. 81-88.
- Hower, J., Eslinger, E.V., Hower, M.E., and Perry, E.A., 1976, Mechanism of burial metamorphism of argillaceous sediment. I. Mineralogical and chemical evidence. *Geol. Soc. America Bull.*, v. 87, p. 725-737.
- Inoue, A., Kohyama, N., Kitagawa, R., and Watababe, T., 1987, Chemical and morphological evidence for the conversion of smectite to illite. *Clays and Clay Minerals*, v. 35, p. 111-120.
- Inoue, A., Velde, B., Meunier, A., and Touchard, G., 1988, Mechanism of illite formation during smectite-to-illite conversion in a hydrothermal system. *The American Mineralogists*, v. 73, p. 1325-1334.
- James, A.D., 1985, Producing characteristics and depositional environments of Lower Pennsylvanian reservoirs, Parkway-Empire south area, Eddy County, New Mexico. *Amer. Assoc. Petr. Geol. Bull.*, v. 69, p. 1043-1063.
- Lahann, R.W., 1980, Smectite

- diagenesis and sandstone cement: the effect of reaction temperature.* *Jour. Sed. Petrol.*, v. 50, p. 755-760.
- Lahann, R. W., and Roberson, H.E., 1980, *Dissolution of silica from montmorillonite: effect of solution chemistry.* *Geochim. Cosmochim. Acta* 44, p. 1937-1943.
- McCubbin, D.G., and Patton, J.W., 1981, *Burial diagenesis of illite/smectite, a kinetic model (abstract).* *Amer. Assoc. Petr. Geol. Bull.*, v. 65, p. 956.
- McHargue, T.R., and Price, R.C., 1982, *Dolomite from clay in argillaceous or shale-associated marine carbonates.* *Jour. Sed. Petrol.*, v. 52, p. 873-886.
- Nadeau, P.H., and Reynolds, R.C., 1981, *Burial and contact metamorphism in the Mancos shale.* *Clays and Clay Minerals*, v. 29, p. 249-259.
- Perry, E.A., and Hower, J., 1970, *Burial diagenesis in Gulf Coast pelitic sediments.* *Clays and Clay Minerals*, v. 18, p. 165-177.
- Perry, E.A., and Hower, J., 1972, *late-stage dehydration in deeply buried pelitic sediments.* *Amer. Assoc. Petr. Geol. Bull.*, v. 56, p. 2013-2021.
- Perry, E.A., 1974, *Diagenesis and the K-Ar dating of shales and clay minerals.* *Geol. Soc. America Bull.*, v. 85, p. 827-830.
- Pollard, C.O., Jr., 1971, *Semidisplacive mechanism for diagenetic alteration of montmorillonite layers to illite layers (Appendix): In: Weaver, C.E., and Beck, K.C., Clay water diagenesis during burial: how mud becomes gneiss.* *Geol. Soc. America Special Paper* 134, p. 79-93.
- Pollastro, R.M., and Barker, C.E., 1986, *Application of clay-mineral, vitrinite reflectance, and fluid inclusion studies to the thermal and burial history of the Pinedale Anticline, Green River Basin, Wyoming.* In: Gautier, D.L., ed., *Roles of organic matter in sediment diagenesis.* Tulsa, Oklahoma, Soc. Econ. Paleon. Miner. Special Publication No. 38, p. 73-84.
- Powers, M.C., 1967, *Fluid release mechanisms in compacting marine mudrocks and their importance in oil exploration.* *Amer. Assoc. Petr. Geol. Bull.*, v. 5, p. 1240-1254.
- Reynolds, R.C., 1985, 'NEWMOD' computer program for mixed-layer analysis, Hanover, NH.
- Roberson, H.E., and Lahann, R.W., 1981, *Smectite to illite conversion rates: Effects of solution chemistry.* *Clays and Clay Minerals*, v. 29, p. 129-135.
- Towe, K.M., 1962, *Clay mineral diagenesis as a possible source of silica cement in sedimentary rocks.* *Jour. Sed. Petrol.*, v. 32, p. 26-28.
- Weaver, C.E., and Wampler, 1970, *K, Ar, illite burial.* *Geol. Soc. America Bull.*, v. 81, p. 3423-3430.
- Weaver, C.E., and Beck, K.C., 1971, *Clay water diagenesis during burial: how mud becomes gneiss.* *Geol. Soc. America Special Paper* 134, 96 p.
- Yau, Y.C., Peacor, D.R., Essene, J.H., Lee, J.H., Kuo, L.C., and Cosca, M.A., 1987, *Hydrothermal treatment of smectite, illite, and basalt to 460 oC: comparison of natural with hydrothermally formed clay minerals.* *Clays and Clay Minerals*, v. 35, p. 241-250.

KUMCA ZENGİN FIRTINA SEDİMANLARI İLE TÜRBİDİTLER
ARASINDAKİ FARKLILIKLARA ADANA BASENİ'NDEN BİR ÖRNEK

Kemal GÜRBÜZ ve Ulvi Can ÜNLÜGENÇ

Ç.U., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET: Jeoloji literatüründe son yillara kadar ender olarak rastlanan firtina sedimanları, türbiditlere benzerlik sunmalarından dolayı genellikle araştırcılar tarafından karıştırılmaktadır. Bu çalışmada; Adana Basenı sedimanter istifinde yer alan ve daha önce çeşitli araştırmacılar tarafından Cingöz Formasyonu türbidit istifinin bir bölümü olarak değerlendirilen firtına sedimanları tanıtlacak ve bunlarla türbiditler arasındaki farklar tartışılacaktır. İnceleme alanında; Cingöz denizaltı yelpazesine ait istifin üst kesimlerini oluşturan alt yelpazel/basen düzlüğü sedimanları önceki araştırmalarda Güvenç Formasyonu olarak değerlendirilmiş ve haritalanmıştır. Ayrıca; bu ince taneli kirintılı istifin hemen üzerine gelen ve genelde masif, çapraz tabakalı (*hamak tipi*), yer yer sıç denizel makro fosil içeren kumtaşı-şeyl ardalanmasından oluşan istif Cingöz türbiditlerine dahil edilmiştir. Bu çalışmada ise; istifin Cingöz denizaltı yelpazelerinin alt yelpazel/basen düzlüğü sedimanları ve üzerine gelen ince taneli kirintılı istif önceki araştırmalarda olduğu gibi yorumlanarak Güvenç Formasyonuna dahil edilmiştir. Ancak; bunun üzerine gelen istifte yapılan sedimentolojik çalışmalar bunların önceki araştırmalarda belirtildiği gibi türbiditler olmadığı; kıyı ötesinde gelişmiş kumca zengin firtına sedimanları olduğunu göstermiştir. Dolayısıyla; daha önce Cingöz türbiditleri olarak haritalanan geniş erozyonal tabanlı, *hamak tipi* çapraz tabakalı, makro fosil kirintılı, tabaka üst yüzeylerinde büyük dalga ripillerinin ve bünyesinde tabandan koparılan parçaların bulunduğu kalın kumtaşı tabakaları ve çamurtaşlarının ardalanmasından oluşan bu istif Güvenç Formasyonu'na dahil edilerek haritalanmıştır.

DIFFERENCES BETWEEN TURBIDITES AND SANDY TEMPESTITES: AN
EXAMPLE FROM THE ADANA BASIN

ABSTRACT: Tempestites have often been misused by researchers as turbidites which are not well documented in geology literature so far. In this study; tempestites will be introduced as a part of Cingöz Formation within the Adana Basin sequence by some researchers and their differences with turbidites will be discussed. Generally massive, hummocky cross-stratified and shallow marine macro fossiliferous sand-shale

intercalations which are overlain those fine-grained units have been included within the Cingöz sequence in the earlier studies. With this study; lower fan/basin plain sediments and overlain finer grained sediments are included in Güvenç Formation as used in previous researches. But, detailed sedimentological studies on subsequent sequence show that these are not turbidites as cited in previous literature, are sandy tempestites which are deposited around the offshore. Thus, large erosional surfaced, hummocky cross-stratified, detritus of macro fossils, wave rippled thick sandstones with reworked upper part of the beds and mudstone intercalations have been included and mapped as Güvenç Formation.

1. BÖLGESEL JEOLOJİ VE STRATİGRAFİ

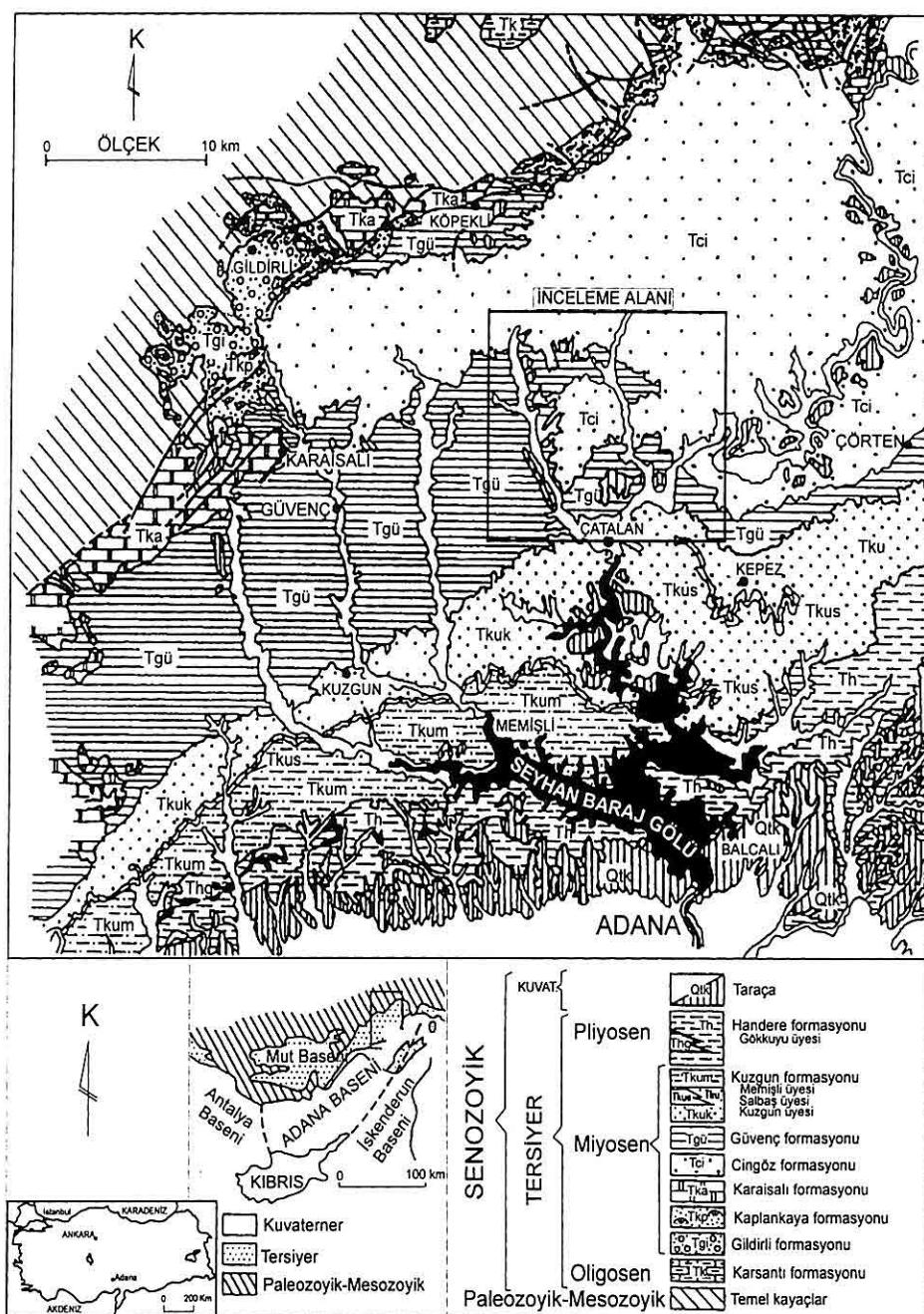
İnceleme alanının içerisinde bulunduğu Adana Baseni Kuzeyde Toros Dağları, Batıda Ecemış Fay Zonu, Doğu Amanos Dağları ve Güneyde Akdeniz ile sınırlanmıştır. Bu Basene ait sedimanter istifte birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların çoğunuğu genel jeoloji, sedimentoloji, paleontoloji ve bir mikarda ekonomik jeoloji amaçlıdır. Bunlardan Schmidt (1961) Adana Baseni sedimanter istifi içerisindeki çoğu formasyonu adlamış olup, bu formasyon adları halen günümüzde kullanılmaktadır. Schmidt (1961)'i Özer ve diğ (1974), Görür (1979, 1980), Gürbüz (1985, 1993), Yetiş ve Demirkol (1986), Lagap (1986), Ünlügenç ve Demirkol (1988), Ünlügenç ve diğ (1990), Ünlügenç (1993) gibi çalışmalar izlemiştir.

Adana Baseni Tersiyer istifi, Paleozoyik ve Mesozoyik yaşı temel kayaçlar üzerine uyumsuz olarak gelmektedir (Şekil 1). Adana Baseni'nde Tersiyer dönemi, Oligosen-Pliyosen zaman aralığında çökelen sedimanter kayaçlar ile temsil edilmekte ve Toros orojenik kuşağıni oluşturan Paleozoyik-

Mesozoyik yaşı temel kayaçların oluşturduğu engebeli bir topoğrafya üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Bu topoğrafya Miyosen'deki sedimentasyonu etkilemiş olup, havza kenarındaki vadi ve çukurluklara Oligosen-Erken Miyosen evresinde, tamamiyle karasal akarsu ve göl ortamlarını karakterize eden Gildirli ve Karsanti formasyonları (Schmidt, 1961) çökelmıştır. Paleotopoğrafik yükseltilerde ve basenin kenar kesimlerinde Erken-Orta Miyosen zaman aralığında Kaplankaya ile Karaisalı formasyonları, daha derin kesimlerde ise Cingöz ve Güvenç formasyonları çökelmıştır (Schmidt, 1961). Kaplankaya Formasyonu, alttaki Gildirli Formasyonu ile uyumlu olup, üzerine gelen resifal nitelikli Karaisalı Formasyonu ile yanal ve düşey geçişlidir (Ünlügenç ve Demirkol, 1988).

Adana Baseni'nin türbiditik çökellerini temsil eden Cingöz Formasyonu'nun iki adet denizaltı yelpazesi ile temsil edildiği ve yukarı doğru incelen istifler sunduğu saptanmıştır (Gürbüz, 1993, Naz ve diğ, 1991). Cingöz Formasyonu'nun foraminifer topluluğuna göre Langhiyen-

KUMCA ZENGİN FIRTINA SEDİMANLARI İLE TÜRBİDİTLER ARASINDAKI
FARKLILIKLARA ADANA BASENİ'NDEN BİR ÖRNEK



Şekil 1. İnceleme alanı yerbulduru ve jeoloji haritası (Yetiş ve diğ., 1995'ten alınmıştır).

Serravaliyen yaşında olduğu (Nazik ve Gürbüz, 1992) saptanmıştır. Güvenç Formasyonu; Cingöz Formasyonu'na ait denizaltı yelpazelerinin derin kesiminden başlar ve istifin üst kesimlerine doğru giderek sağlaşarak kıyı ötesinde gelişmiş fırtına çökellerine geçer. İstif yukarı doğru daha da sağlaşarak aşınmalı bir taban dokanağıyla Kuzgun Formasyonu'na geçiş göstermektedir. Güvenç Formasyonu türbiditlerin olmadığı Adana Baseni kuzey kesimlerinde; resifal karbonatlardan oluşan Karaisalı Formasyonu'ndan başlayarak güneye doğru resif ilerisi daha sonra basenin sağlaşması ile birlikte yine Kuzgun Formasyonu'na geçiş göstermektedir (Gürbüz, 1993; Ünlügenç, 1993). Güvenç Formasyonu'nun yaşı Langiyen-Serravaliyen'dir. Tortoniyen yaşlı karasal, sığ denizel ve deltalık sediman ardalanmasından oluşan Kuzgun Formasyonu (Schmidt, 1961; Ünlügenç, 1993 ; Yetiş vd., 1995) Kuzgun, Memişli ve Salbaş tuf üyelerine ayrılmıştır (Yetiş ve Demirkol, 1986; Yetiş, 1988; Ünlügenç ve diğ., 1990). Kuzgun Formasyonu üzerinde Handere Formasyonu'na (Schmidt, 1961) ait sığ denizel kırıntıları ve evaporitik çökeller (Gökkuyu Alçıtaşı üyesi, Yetiş, 1988) ile akarsu sedimanları yer alır. Bütün bu Miyosen sedimanları Kuvaterner yaşlı taraşa, kaliçi oluşumları ve alüvyon tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir (Şekil 1).

Bu çalışmada Yetiş (1988), Yetiş ve Demirkol (1986) tarafından Cingöz Formasyonu üst kesimleri olarak

haritalanan ve daha sonra Gürbüz, (1993) ile Ünlügenç (1993) tarafından kıyı ötesi sedimanları olarak tanımlanan ve Güvenç Formasyonu içerisinde haritalanması öngörülen Cingöz Formasyonu'nun üst kesimlerine ait sedimanter istifte yer alan fırtına sedimanları detaylı olarak tanıtılcaktır.

2. CİNGÖZ VE GÜVENÇ FORMASYONLARI STRATİGRAFİSİ

Yetiş ve Demirkol (1986); ile Yetiş (1988) yaptıkları çalışma ile Adana Baseni sedimanter istifinin büyük çoğunluğunu içerisinde alan Kozan N34 pastasının jeolojik haritasını yapmışlar ve basenin stratigrafisini revize etmişlerdir. Gürbüz (1993) Adana Baseni kuzey taraflarında yer alan iki adet denizaltı yelpazesinin varlığını ortaya koymuştur. Ünlügenç (1993) ise basen stratigrafisini ve evrimini yeniden gözden geçirmiştir ve bazı birimlerin isimlendirmelerinde ve sınırlarında değişiklikler yapmıştır.

Cingöz Formasyonu ilk olarak Schmidt (1961) tarafından adlandırılmış ve Köpekli, Ayva ve Topallı üyelerine ayrılarak incelenmiştir. Gürbüz (1993) ise bu formasyonun iki adet denizaltı yelpazesinden olduğunu ve tabanda üst yelpazeye ait çakıltıları ile başlayıp, üstte doğru orta yelpaze kumtaşı/şeyl ardalanmasına ve en üstte ise alt yelpaze ve basen düzüğünə ait ince kumtaşları/şeyl ardalanmasına geçtiğini saptamıştır. Basen düzlüğü sedimanları ve onun üzerine gelen derin denizel şeyller Güvenç Formasyonu'na tedrici olarak

KUMCA ZENGİN FIRTINA SEDİMANLARI İLE TÜRBİDİTLER ARASINDAKI FARKLILIKLARA ADANA BASENİ'NDEN BİR ÖRNEK

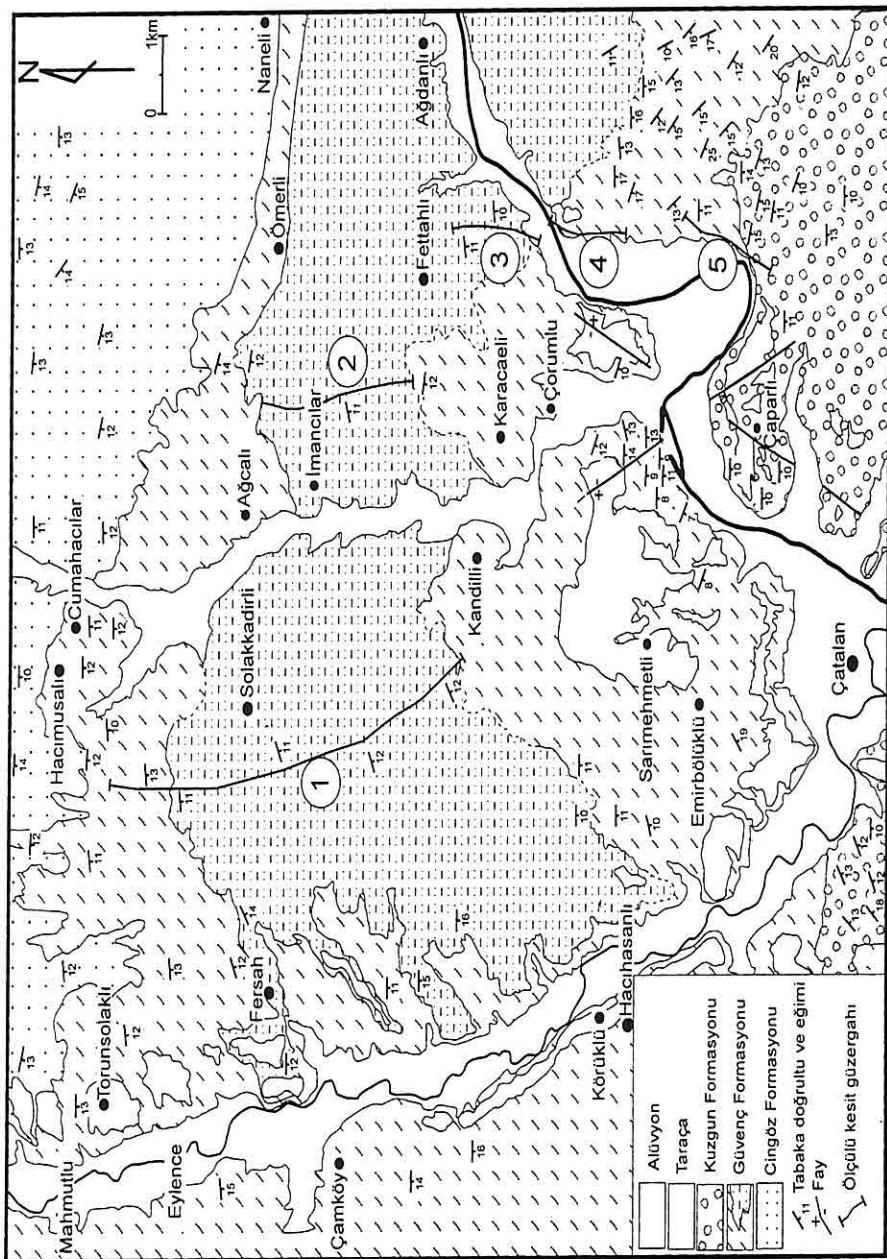
geçiş göstermektedirler. Ancak bu çalışmanın konusunu oluşturan alanda bu ince taneli kıritılı istif üzerine tekrar özellikle tabandan kopartılmış köşeli parçacıklar içeren kumtaşlarının hakim olduğu bir istif gelmektedir. Bu istif hem kumtaşı/şeyl ardalanmasından oluşması, hem de diğer benzeri sebeplerden dolayı Cingöz Formasyonu'na dahil edilerek haritalanmıştır (Şekil 1). Ancak, yapılan sedimentolojik incelemeler ile bunların türbiditler olmadıkları, kumca zengin fırtına sedimanları oldukları saptanmıştır. Dolayısıyla, detayları aşağıda verilen sedimentolojik çalışmalar sonucunda bu istif (kumca zengin fırtına sedimanları) Güvenç Formasyonu içerisinde bırakılarak haritalanmıştır (Şekil 2).

3. FIRTINA ÇÖKELLERİ İLE TÜRBİDİTLERİN AYIRICI KRİTERLERİ

Kumca zengin fırtına sedimanları jeoloji literatüründe son zamanlarda yer almaya başlamıştır. Bazen bu tip sedimanlar sığ su türbiditleri olarak değerlendirilmiştir (Gökçen, 1981). Sedimanter yapıları ve istiflenme şekilleri açısından türbiditlere çok benzer yanları bulunan bu sedimanter oluşumlar üzerinde yapılmış çalışmalar bazları Kelling ve Mullin, (1975), Gökçen ve Kelling, (1985), Varol ve Okan, (1988) dır. Bu benzerliklerinden dolayı çoğu araştırmacı tarafından türbiditlerle karıştırılmaktadırlar. Kumca zengin fırtına sedimanları ile türbiditlerin birbirinden ayrılması ile ilgili olarak Einsele ve Seilacher, (1991) detaylı bilgiler vermişlerdir (Tablo 1, Şekil 3).

Bu sedimanlar; genellikle kıyı ötesi denizel ortamlarda oluşmuşlar ve tipik olarak hamak tipi (hummocky) çapraz tabakanma, oluk izleri (gutter casts), dalga ripilleri ve bol miktarda fosil kıritiliği içermektedirler. Türbiditlerde taban yapıları büyük çoğunlukla tek yönlü olduğu halde, fırtına çökellerinde dalga etkisi altında yeniden işlenmeden dolayı farklı yönlerde paleoakıntı söz konusu olabilmektedir. Fırtına sedimanlarının malzemesi genelde deniz tabanından dalga etkisi ile koparılmış ve yeniden sedimentasyona uğramıştır. Fırtına sedimanları türbiditlere göre daha sığ ve daha az taşınmış (allokton) malzeme içerirler. Bunun tersine türbiditler ise çökel alanına tamamen dışarıdan taşınmış malzemeden oluşmakta olup, çevresindeki litolojilerle önemli farklılıklar sunarlar (Einsele ve Seilacher, 1991).

Fırtına çökelleri ve onlarla ardalanmalı olan birimler dalga etkisinin hakim olabileceği kesimlerde genelde sığ denizel fauna içerirler. Tabaka içerisinde fosil parçacıkları kavşının ve sedimanın hidrolik davranışına uygun olarak yer değiştirmiştir ve yeniden depolanmıştır. İknofauna fırtına çökelleri oluşumuna göre, sedimentasyon öncesi ve sedimentasyon sonrası olmak üzere iki grupta incelenebilir. Buna sığ denizel gezinme ve beslenme izleri olan *Cruziana* iknofasisi örnek olarak gösterilebilir. Türbiditler fosil içeriği açısından hem taşınmış sığ denizel fauna (genelde kıritiller halinde) hemde yerinde olmuş derin denizel faunayı içerirler.



Sekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası (Yetiş ve diğ., 1995' ten yeniden çizilmişdir).

Not: Sekil 1 ile Sekil 2 farkına dikkat ediniz.

**KUMCA ZENGİN FIRTINA SEDİMANLARI İLE TÜRBİDİTLER ARASINDAKİ
FARKLILIKLARA ADANA BASENİ'NDEN BİR ÖRNEK**

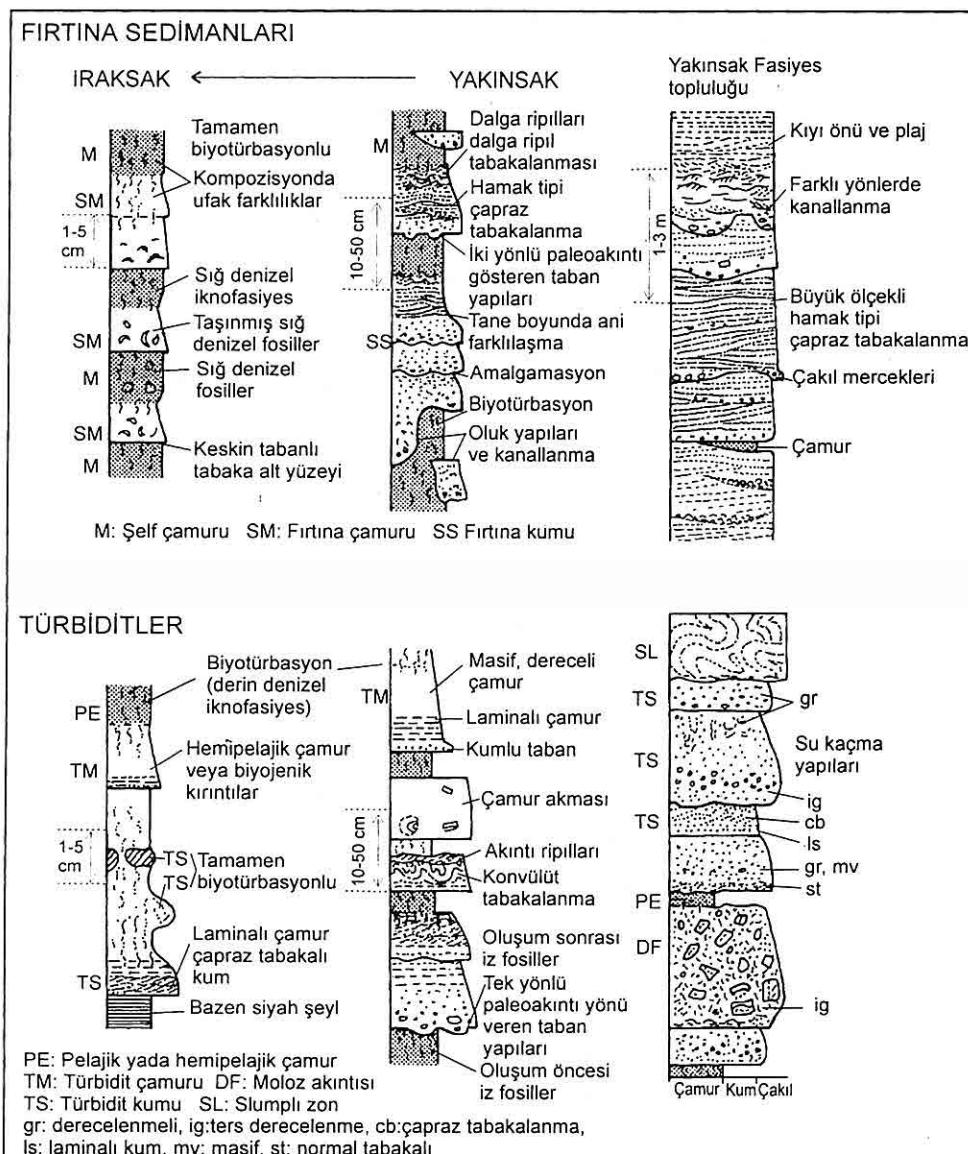
Tablo1. Fırtına sedimanları ile türbiditleri birbirinden ayırma kriterleri (Einsele ve Seilacher, 1991 den).

		Fırtına sedimanları	Türbiditler
Sedimanter yapılar (tabakanın üst yüzeyinden tabana doğru)	Dalga ripilleri ve laminalanması	Yaygın (ıraksak tipleri hariç)	Yok
	Akıntı ripili ve tabakalanması	Türbiditlerden daha azyaygın	Yaygın
	Konvolut laminalanma Hamak tipi çapraz tabakalanma	Çok seyrek Yaygın	Yaygın Yok
	Suçılma yaygıları ve ters derecelenme	Yok	Yakınsak kesimlerde yaygın
	Taban yapılarının durumu	Sıkça çift yönlü paleoakıntı, düzensiz aşınmalı, özellikle oluk yapıları yaygın	Tek yönlü
Biyofasiyes	Bentik geriplan topluluğu (çamurlu seviyelerde)	Şıg denizel fauna	Derin denizel fauna
	Oluşum sırasında fosillerde yer değiştirme	Sadece sıg deniz fosilleri	Şıg deniz ve derin deniz fosilleri birlikte
	Otokton oluşum sonrası fauna ve biyoturbasyon	Oluşum öncesi fauna içeriğine geri dönüş	Bazı özel grupların kolonileri oluşturmaları
Stratigrafik durum	Amalgamasyon	Çok yaygın ve tipik	Daha az yaygın
	Tek tabakaların yanal devamlılığı	Genellikle sınırlı	Sıkça uzun mesafeler sunar
	İstif kalınlığı	Sınırlı ve sıg deniz fasiyelerle birlikte	Genellikle çok kalın ve derin deniz fasiyeleri ile birlikte

Türbiditlerdeki iz fosiller ise bulunduğu ortam ve sekansa göre değişik formları kapsayabilirler. Bunlara spiral, menderesli, ağ ve dentritik yapılı formlar örnek olarak gösterilebilir (Einsele ve Seilacher, 1991).

Kumca zengin fırtına sedimanlarını türbiditlerden ayırmada kullanılan en önemli yapılar bu istiflerin genelde proksimal kesimlerinin karşılaştırılması

mömkün olabilmektedir. Proksimal fırtına sedimanları masif kumlar ile hamak tipi çapraz tabakalarının ardalanması şeklinde gelişmiştir. Genellikle kıyı önü kumları, kıyı yüzü, hatta plaj kumları ve çakılları bunlara eşlik edebilir. Bu istiflerin kalınlıkları genelde fazla değildir, çünkü dalga etkilerinin fazla süre etkili olmamasından dolayı ya daha derin ya da daha sıg



Şekil 3. Firtına sedimanları ile türbiditler arasındaki farklar ve ayırma kriterleri (Einsele ve Seilacher, 1991'den çevrilmiştir).

denizel istiflere geçmek durumundadırlar. Aksine türbidit ve bunlarla ilgili istifler genellikle yüzlerce hatta binlerce metre kalınlığa

erişebilirler. Proksimal türbidit istifleri tipik olarak çamur ve moloz akıntısı ürünü sedimanlar içerirler (Einsele ve Seilacher, 1991).

4. GÜVENÇ FORMASYONU VE FIRTINA SEDİMANLARI

Adana Baseni stratigrafisi ile ilgili paragraflarda da anlatıldığı gibi istifin bazı yerlerinde çeşitli kavram ve bilgi karmaşasından doğan farklı yorumlar yapılmıştır. Bunların en önemli nedeni ise, basen içerisinde çok sık gözlenen ani fasiyeler değişimleridir. Çalışma alanında Cingöz denizaltı yelpaze istifinin basen düzlüğü ile ilgili seviyeleri, yani istifin üst kısımları Güvenç Formasyonu olarak değerlendirilmiş ve haritalanmıştır. Ancak daha önceki araştırmacılar bu derin denizel istiften hemen sonra başlayan denizin güneye doğru doğru çekilmesi ve basenin sedimanla dolmasına paralel olarak gelişen genelde masif, hamak tipi çapraz tabakalı (Şekil 4, 5, 6 ve 7), yer yer sıç denizel makro fosil kırıntıları içeren istifi tekrar istifte üstte bulunmasına rağmen Cingöz turbiditlerine dahil etmişler ve o şekilde de değerlendirmişlerdir. Ancak; yapılan detay sedimentolojik incelemeler bunların turbiditler olmayıp kıyı ötesinde gelişmiş kumca zengin fırtına sedimanları olduğunu ortaya koymuştur. Bu kesimdeki sedimanter istif özellikleri tekrar gözden geçirildiğinde (Şekil 4) Cingöz denizaltı yelpazelerinin alt yelpaze/besen düzlüğü sedimanları üzerinde Güvenç Formasyonu'na ait derin denizel şeyllerin geldiği ve daha sonra da geniş erozyonal tabanlı, makro fosilli, tabaka üst yüzeylerinde büyük dalga ripillerinin (Şekil 6 ve 7) ve yeniden çökelme izlerinin bulunduğu kalın

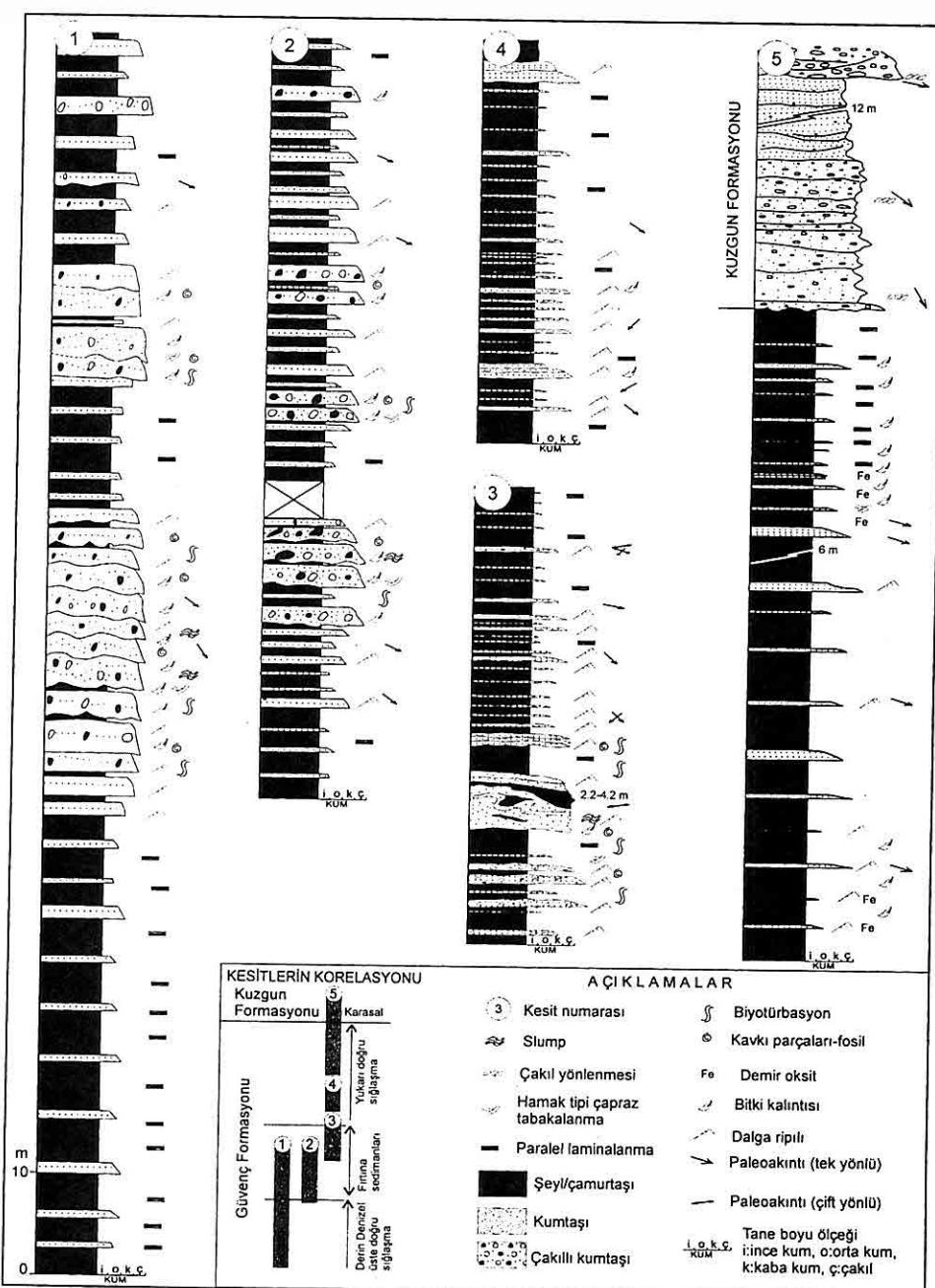
kumtaşı tabakaları ve çamurtaşlarının ardalanmasına geçilmekte olduğu gözlenir. Bu sedimanlar üzerinde yapılan çalışmalarla bunların kıyı ötesinde (offshore) oluşmuş fırtına sedimanları olduğu gözlenmiştir. Ayrıca bu verileri geniş erozyonal tabanları olan masif yapılmış kumtaşları ve onlarla ardalanmalı olarak gözlenen sıç denizel fosil içeren ince taneli kırıntılı istifinin varlığı da desteklemektedir.

5. SONUÇLAR

Adana Baseni sedimanter istifi içerisinde, Serravallien yaşı, daha önce Cingöz Formasyonu'nun üst seviyeleri olarak düşünülen ve turbiditler olarak haritalanan istifin yapılan sedimentolojik incelemeler sonucunda turbiditler olmadıkları saptanmıştır. Bu sedimanter istifin, hamak tipi çapraz tabakalı olması, taşınmış makro fosil kırıntıları içermesi, kumtaşları içerisinde tabandan koparılmış köşeli-az yuvarlak ince kırıntılı sediman parçaları bulundurması ve kumlarla ardalanmalı ince taneli kırıntılı kayaçlarda gözlenen biyoturbasyonlar ile dalga ripillerinin varlığı sözkonusu istifin daha sıç bir ortamda çökelmanış sedimanları olduğunu belirtmektedir. Dolayısıyla bu istif Güvenç Formasyonu içerisinde haritalanmıştır.

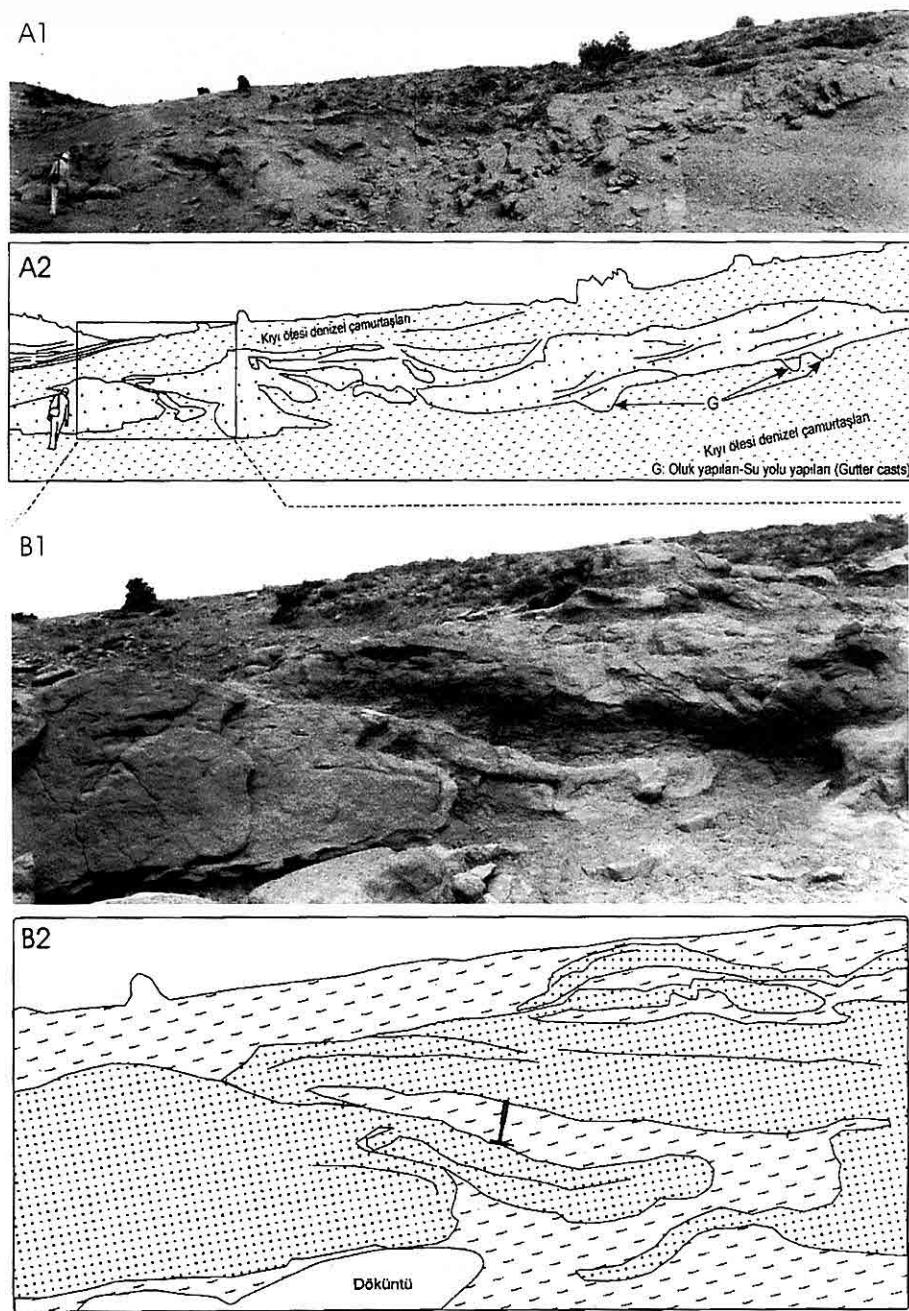
6. TEŞEKKÜR

Yazarlar saha çalışmaları ve diğer katkılarından dolayı Prof. Dr. Gilbert Kelling'e (Keele Univ. İngiltere) teşekkür ederler.

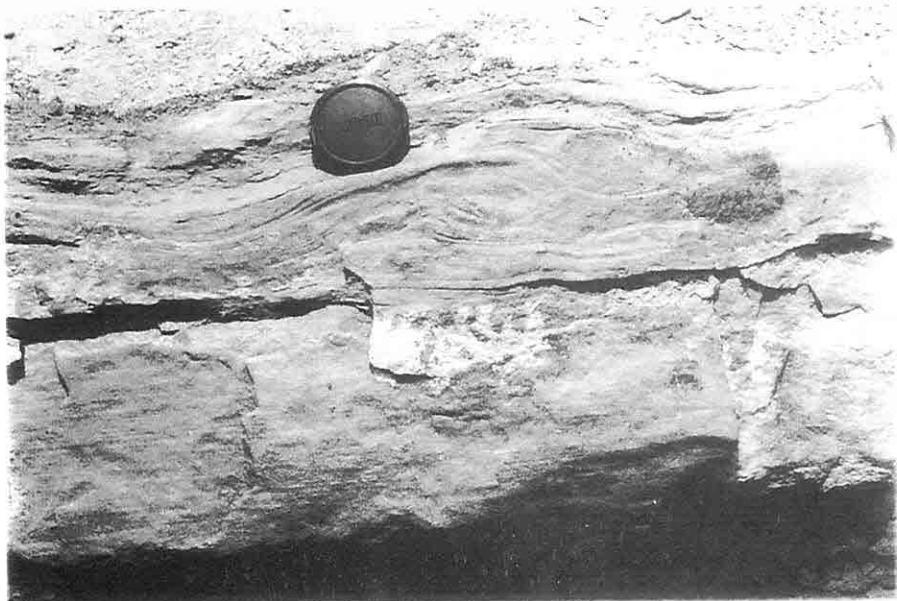


Şekil 4. Güvenç Formasyonu'ndan ölçülmüş olan sedimentolojik kesitler (Kesit güzergahları için Şekil 2'ye bakınız).

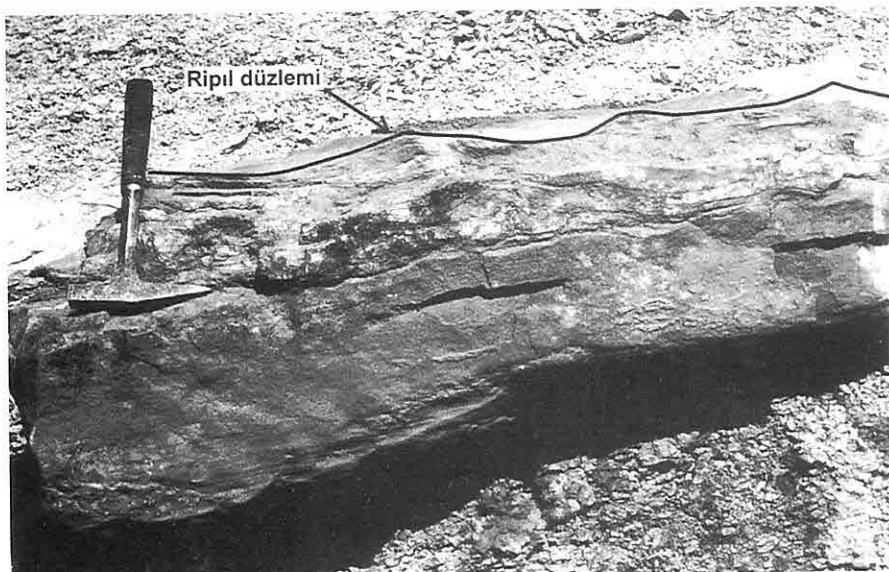
KUMCA ZENGİN FIRTINA SEDİMANLARI İLE TÜRBİDİTLER ARASINDAKİ
FARKLILIKLARA ADANA BASENİ'NDEN BİR ÖRNEK



Şekil 5. Fırtına sedimanlarının arazi görünümleri (fotoğraf 3 nolu kesitin alt seviyelerini göstermektedir).



Şekil 6. Fırtına sedimanları içerisinde üst yüzeyleri dalga ripilli kumtaşlarından bir görünüm (3 nolu sedimentolojik kesitin 20. metresi).



Şekil 7. Fırtına sedimanları içerisinde üst yüzeyleri dalga ripilli ve tabanda oluk yapılı kumtaşlarından bir görünüm (4 nolu sedimentolojik kesitin 9. metresi).

**KUMCA ZENGİN FIRTINA SEDİMANLARI İLE TÜRBİDİTLER ARASINDAKİ
FARKLILIKLARA ADANA BASENİ'NDEN BİR ÖRNEK**

7 KAYNAKLAR

- Einsele, G., Seilacher, A., 1991. *Distinction of tempestites and turbidites, In Cycles and Events in Stratigraphy, E, inseele et al. (Eds), by Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 377-383.*
- Gökçen, S. L., 1981. *Zara-Hafik Güneyindeki Paleojen istifinin sedimentolojik ve paleocoğrafik evrimi; Yerbilimleri, 8, 1-26.*
- Gökçen, S.L., Kelling, G., 1985. *Oligocene deposits of the Zara-Hafik region (Sivas, Central Turkey); evolution from storm-influenced shelf to evaporitic basin; geol. Rundschau, 74, 1, 139-153.*
- Görür, N., 1979. *Karaaisalı Kireçtaşının Sedimentolojisi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 22(2), 227-235.*
- Görür, N., 1980. *Miyosen yaşı Karaaisalı kireçtaşının diyajenetik evrimi. Saner, S. and Perincek, D., (ed.) Türkiye Beşinci Petrol kongresi bildiriler kitabı.*
- Gürbüz, K. 1985. *Karaömerli-Akkuyu-Balcalı Bölgesi (K.Adana) Tersiyer istifinin sedimanter jeolojik incelenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 77 s.*
- Gürbüz, K., 1993. *Identification and evolution of Miocene submarine fans in the Adana Basin, Turkey. Ph.D Thesis, University of Keele. 327 p.*
- Kelling, G., Mullin, P.R., 1975. *Graded limestones and limestone-quartzite couplets; Possible storm deposits from the Moroccan Carboniferous; Sedimentary Geology, 13, 161-190.*
- Lagap, H. 1986. *Kıralan-Karakılıç Karaaisalı (KB Adana) Alanının Stratigrafisi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 77 s.*
- Naz, H., Çuhadar, Ö, ve Yeniyay, G., 1991. *Middle Miocene deep-sea fan deposits of the Adana Basin, Ozan Sungurlu Symposium, Proceedings, 170-212.*
- Nazik, A. ve Gürbüz, K. 1992. *Karaaisalı-Çatalan-Eğner Yüresinin (KB Adana) Alt-Orta Miyosen istifinin planktonik foraminifer biyostratigrafisi. Türkiye Jeoloji Bülteni, 35 (1), 67-80.*
- Özer, B., Duval, B., Courrier, P. and Letouzey, J. 1974. *Antalya-Mut-Adana Neojen Havzaları Jeolojisi. Türkiye II. Petrol Kongresi, Ankara, 57-84.*
- Schmidt, G.C., 1961. *Stratigraphic nomenclature for Adana region, Petroleum district VII: Petroleum Administration Bulletin, Ankara, 6. 47.*
- Ünlügenç, U.C. ve Demirkol, C., 1988, *Kızıldağ Yayla (Adana) dolayının stratigrafisi, Jeoloji Mühendisliği, Sayı 32-33, s. 17-25, Ankara.*
- Ünlügenç, U.C., Kelling, G., Demirkol, C., 1990, *Aspects of Basin Evolution in the Neogene Adana Basin, SE Turkey, International Earth Sciences Congress on Aegean Region 1-6 October, İzmir-Turkey, p. 353-369*
- Ünlügenç, U.C. 1993. *Controls on Cenozoic sedimentation in the Adana Basin, southern Turkey. Unpublished PhD Thesis, Keele University, UK. 2 volumes, 229 pp.*
- Varol, B., Okan, Y., 1988. *Naltaş (Saimbeyli, KB-Adana) Karbonifer istifinde eski karbonat firtına depoları. Türkiye Jeoloji Bülteni, 31, 87-96.*

- Yetiş, C., 1988. Reorganisation of the Tertiarg stratigraphy in the Adana Basin, Southern Turkey. *Newsletter Stratigraphy*, 20 (1), 43-58.
- Yetiş, C. ve Demirkol, C., 1986. Adana Baseni Batı kesiminin detay etüdü. MTA Rapor No: 8037, 187 s., (yayınlanmamış).
- Yetiş, C., Kelling, G., Gökcen, S.L. and Baroz, F., 1995. A revised Stratigraphic Framework for Later Cenozoic Sequences in the Northeastern Mediterranean Region. *Geologische Rundshau*, 84, 794-812.

AKPINAR - TATKÖY - ULUMUHSİNE – SARAYKÖY (KONYA)
DOLAYINDAKİ GÖLSEL STROMATOLİTLERİN FASİYES ÖZELLİKLERİ

A. Müjdat ÖZKAN

S.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya/Türkiye

ÖZET: Akpinar - Tatköy - Ulumuhsine – Sarayköy (Konya) dolayında yüzlek veren Üst Miyosen – Alt Pliyosen yaşı Yalitepe formasyonu, fillit, şist, kuvarsit, kireçtaşı, dolomit, spilit, diyorit, gabro, diyabaz ve serpentinitten yapılmış Silüriyen – Kretase yaşı Temel kayaları üzerine açılı uyumsuz olarak gelmektedir. Birim Üst Miyosen – Alt Pliyosen yaşı konglomera, kumtaşı ve çamurtaşından oluşan Sille formasyonu, kireçtaşı, killi kireçtaşı, çamurtaş, marn ve dolomit ardalanmasından yapılmış Ulumuhsine formasyonu ile volkanik bres, tüfit, tüf ve aglomeradan oluşan Küçükmuhsine formasyonu ile yanal ve düşey geçişlidir. Yalitepe formasyonu üst üste yiğili yarı küreseller (SH - tipli stromatolitler), yan yana bağlı yarı küreseller (LLH - tipli stromatolitler) ve onkoidler (SS - tipli stromatolitler) ile algal biyohermler şeklinde yüzlek verir. Bu stromatolitik kireçtaşlarının oluşumunda mavı - yeşil alglerden Schizothrix sp. ve Scyttonema sp. gibi cinsler rol oynarken, ortamda ayrıca yeşil alglerden Chara sp. de bulunmaktadır. Yalitepe formasyonu çoğulukla çamurtaş, daha az olarak da killi kireçtaşı ve marn ile ardalanmalıdır. Yalitepe formasyonu algal biyoherm fasisiyesi, intraklast – pellet – ooid tanetası, pellet – intraklast – biyojen vaketası, fosilli – kumlu çamurtaş fasisiyesi, karbonatlı sinter kabuk fasisiyesi, yan yana bağlı yarı küresel stromatolit fasisiyesi, üst üsteki yiğili yarı küresel stromatolit fasisiyesi ve onkoidal stromatolit fasisiyesi olmak üzere altı fasisiye ayrılarak incelenmiştir.

FACIES CHARACTERISTICS OF LACUSTRINE STROMATOLITES
IN THE AKPINAR – TATKÖY - ULUMUHSİNE - SARAYKÖY
(KONYA) AREA

ABSTRACT: The Upper Miocene – Lower Pliocene aged Yalitepe formation in the Akpinar – Tatköy – Ulumuhsine – Sarayköy (Konya) area unconformably overlies Silurian – Kretase aged basement rocks consisting of phyllite, schist, quartzite, limestone, dolomite, spilite, diorite, gabbro, diabase and serpentinite. This grades vertically and laterally into the same age fluvio – lacustrine Sille and Ulumuhsine formations and volcanoclastic Küçükmuhsine formation. The formation consists dominantly of SH, LLH, SS typed stromatolites and algal bioherms. Yalitepe formation

is mainly depend on Schizothrix sp. and Scytonema sp. (blue-green algae). The Chara sp. (green algae) can be seen in the environment. This formation is generally intercalated with mudstones and with lesser amount of clayey limestones and marls. Yalıtepe formation can be grouped into six facies: (1) algal bioherm facies, (2) Intraclast – pellet – ooid grainstone, pellet – intraclast – biogene wackestone facies, fossiliferous – sandy mudstone facies, (3) crustal facies of sinter with carbonate facies, (4) Lateral linked hemispheroidal stromatolite facies, (5) Stacked hemispheroidal stromatolite facies and (6) oncoidal stromatolite facies.

1. GİRİŞ

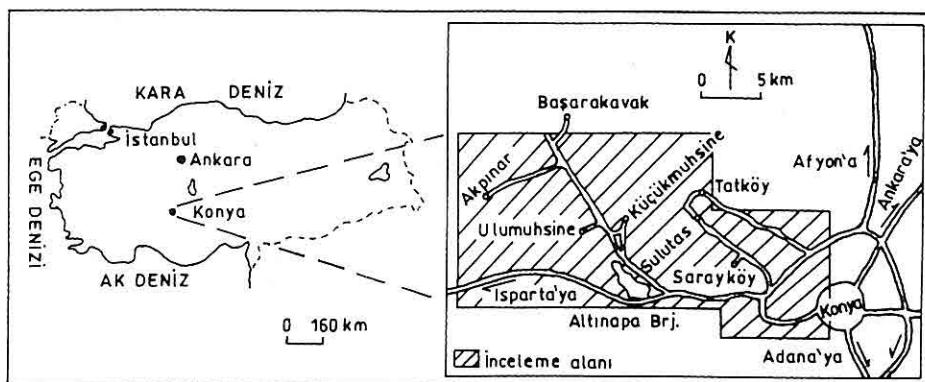
İnceleme alanında (Şekil 1 ve 2) geniş yayılmış gösteren çoğunlukla Stromatolitik, yer yer onkoidal ve daha az olarak da algal biyohermlerden oluşan kireçtaşları Niehoff (1961) ve Wiesner (1968) tarafından "Neojen çökelleri" içinde incelenmiştir (Şekil 3). Aynı birim Göger ve Kıral (1969) ve Görmüş (1984) tarafından "Dilekçi formasyonu" bünyesinde tanımlanmıştır. Eren (1993) yapmış olduğu çalışmada, bu birimi "Ulumuhsine formasyonu" içerisinde tanımlamıştır. Özkan (1998) tarafından ilk kez "Yalıtepe formasyonu" adı altında tanımlanan birim, bu çalışmada da formasyon niteliğinde görüldüğünden Ulumuhsine formasyonundan ayrılarak "Yalıtepe formasyonu" adı altında incelenmiştir (Şekil 2 - 4).

2. STRATİGRAFİ

Bozdağlar masifi olarak adlanan Temel kayalar, otokton ve allokton konumlarına göre üç ana grubu bölünebilirler (Eren, 1993). Buna göre, temeli görünürde otokton ya da paraotokton konumlu ve Permiyen – Mesozoyik yaşlı Gökçeyurt grubuna ait metamorfik kayaçlar oluşturur. Bunlar kristalize kireçtaşı,

mermer, dolomit, kalkşist, grafitşist, metakuvarsit ve az oranda da metaçörtlerden oluşan Derbent formasyonu; fillit, metakumtaşı, metakonglomera, kalkşist, rekristalize kireçtaşı, dolomit ve dolomitik kireçtaşı, ile az oranda metabazit ara katkılardan yapılmış Aladağ formasyonu; Metaçört ara tabakalı rekristalize kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomit içeren Lorasdağı formasyonundan oluşmaktadır. Allokton konumlu olan Ladik metamorfitlerini Silüriyen – Permiyen yaşlı Sızma grubu ve bu grubu açılı uyumsuzlukla örten Permiyen (?) – Mesozoyik yaşlı Ardıçlı grubu oluşturur. Sızma grubu rekristalize kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, dolomit ve mermerden yapılmış Bozdağ formasyonu; metakumtaşı, fillit, metakuvarsit, metakonglomera, metaçört ve rekristalize kireçtaşından oluşan Bağrikurt formasyonundan oluşmaktadır. Ardıçlı grubu ise, metakarbonat, kalkşist, fillit, metakumtaşı ve metakonglomera ardalanmasından yapılmış Bahçecik formasyonu; metaçört ara tabakalı rekristalize kireçtaşı, dolomit ve dolomitik kireçtaşından yapılmış Ertuğrul formasyonu ile temsil edilmektedir. Ladik metamorfitleri Gökçeyurt grubunu

**AKPINAR - TATKÖY - ULUMUHSİNE – SARAYKÖY (KONYA)
DOLAYINDAKİ GÖLSEL STROMATOLİTLERİN FASİYES ÖZELLİKLERİ**



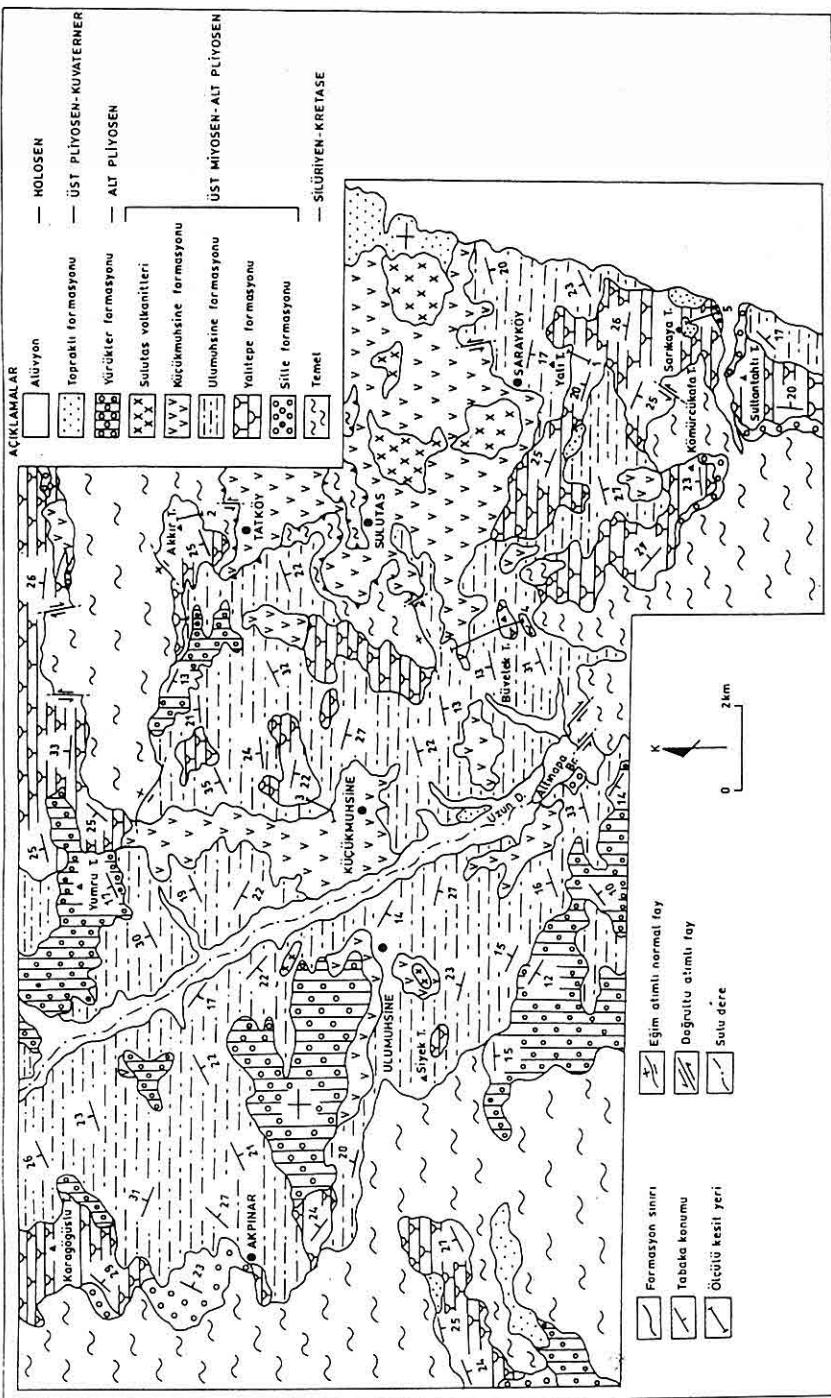
Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.

Güneypınar – Tepeköy napı boyunca tektonik olarak üstlemektedir (Eren, 1993). Temel kayalarının diğer allokton konumlu topluluğunu ise, görünürde alttan üste doğru gabro, diyabaz, spilitik bazalt ve serpantinitten yapılı Çayırbağı ofiyolitine ait magmatik kayaçlar oluşturur ve Ladik metamorfitleri altında yüzlek verir.

İnceleme alanında az yayılmış olarak gözlenen Üst Miyosen – Alt Pliyosen yaşı Sille formasyonu kırmızı renkli konglomera, kumtaşı ve çamurtaşından oluşmaktadır. İlk kez Eren (1993) tarafından Sille formasyonu adı altında tanımlanmıştır. Daha sonra Özkan (1998) tarafından da aynı isimle incelenmiştir. Formasyonun egemen litolojisini çoğunlukla matriks destekli, az olarak da tane destekli konglomeralar oluşturur. Kaba ters derecelenmeli, kötü boyanmalı ve bazı seviyelerde binik yapıları olarak gözlenen konglomeralar polimiktik özellikte olup, bileşenlerini temelden türeme çakıllar oluşturur. Maksimum tane boyu 70 cm olan konglomeranın

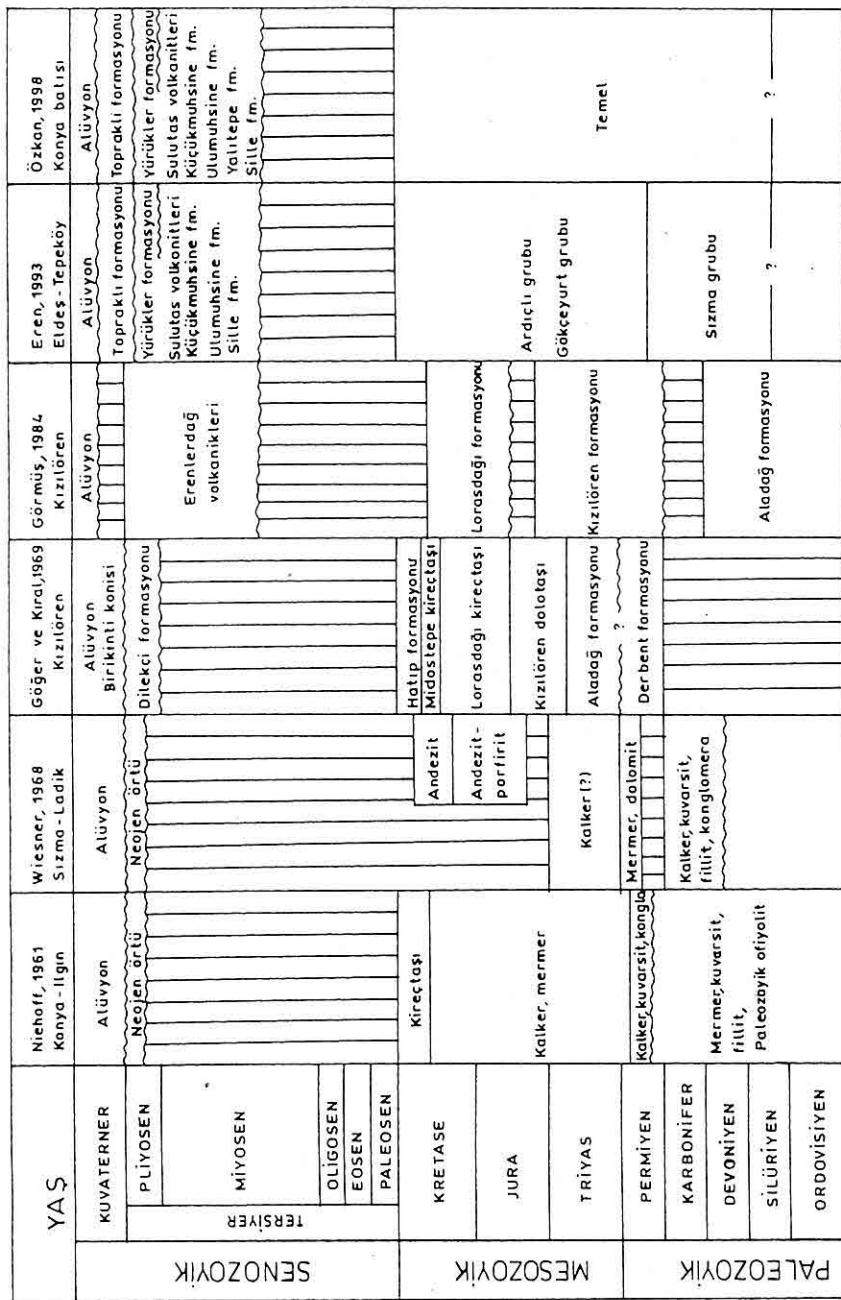
çimentosunu çoğunlukla karbonat, az olarak da kil oluşturur. Ara düzeyler halinde kapsadığı kumtaşı masif ve laminalı özellikle olup, orta – kalın tabakalanmalı, çoğunlukla kalsit, az olarak da demiroksit çimentoludur. Mikroskopik incelemelere göre litik kumtaşıdır. Yine ara düzeyler şeklinde bulunan çamurtaşları ince – çok kalın tabakalı ve yer yer çakılı – kumlu seviyeler halindedir. Temel kayaları üzerine açılı uyumsuz olarak gelir ve Yalıtepe formasyonu, Ulumuhsine formasyonu, Küçükmuhsine formasyonu tarafından yanal – düşey geçişli olarak üzerlenir.

Ulumuhsine formasyonu alacalı renkli kireçtaşı, killi kireçtaşı, killi kireçtaşı – çamurtaşı ardalanması, marn, çört bantlı ve yumrulu kireçtaşı ile dolomit yapılmıştır, ara düzeyler halinde tüfit, konglomera ve stromatolitik kireçtaşı da kapsamaktadır. Kireçtaşları ince – orta tabakalı ve çoğunlukla laminalıdır. Bazı seviyelerde bol miktarda gastropod, bivalv, ostrakod ve iz fosiller ile az

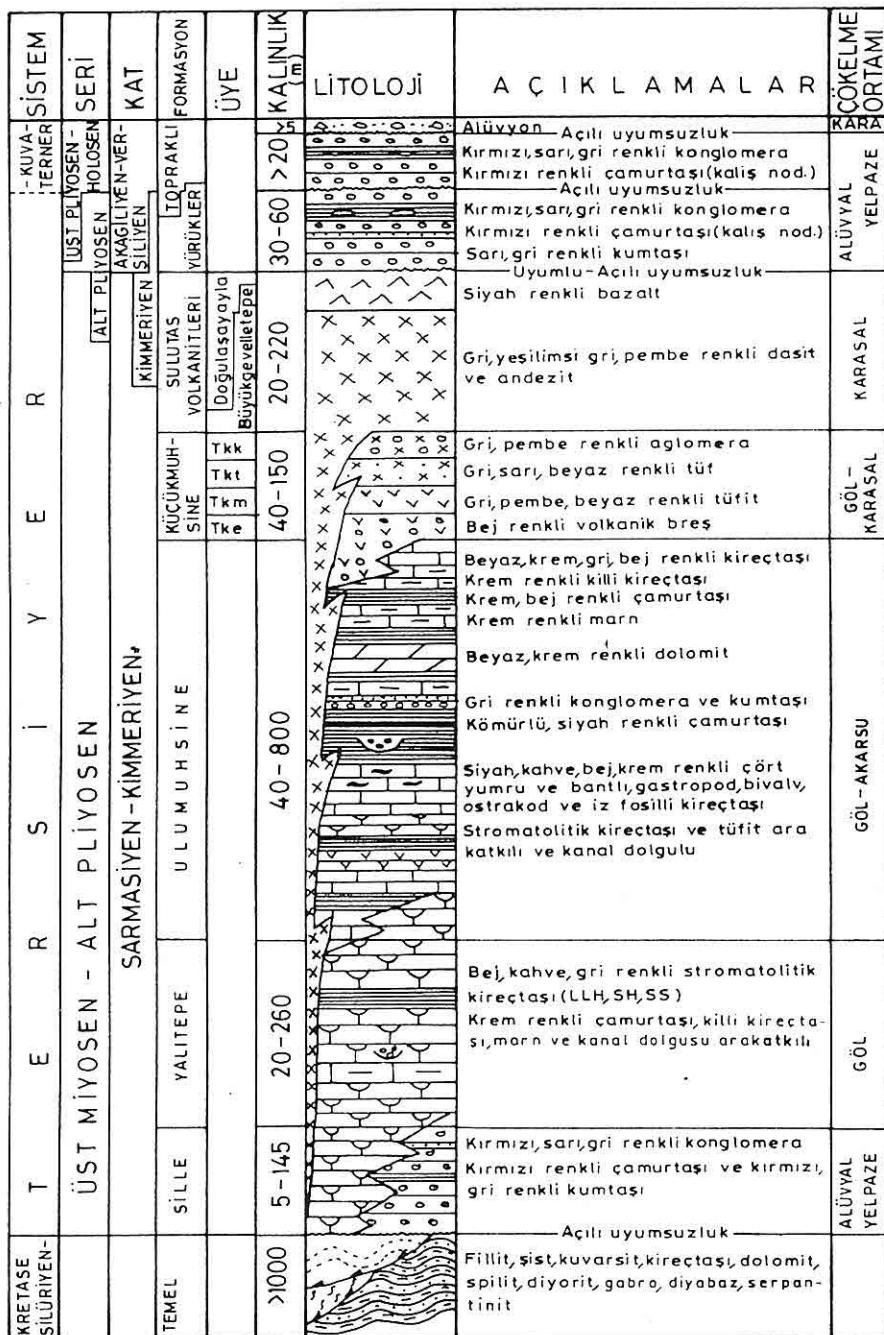


Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası.

**AKPINAR - TATKÖY - ULUMUHSİNE – SARAYKÖY (KONYA)
DOLAYINDAKİ GÖLSEL STROMATOLİTLERİN FASİYES ÖZELLİKLERİ**



Şekil 3. İnceleme alanı ve dolayına ait stratigrafik korelasyon çizelgesi.



Şekil 4. İnceleme alanının genelleştirilmiş dikme kesiti.

**AKPINAR - TATKÖY - ULUMUHSİNE – SARAYKÖY (KONYA)
DOLAYINDAKİ GÖLSEL STROMATOLİTLERİN FASİYES ÖZELLİKLERİ**

oranda bitki kırıntıları bulundururlar. Birim ilk kez Eren (1993) tarafından stromatolitik kireçtaşları da dahil edilerek Ulumuhsine formasyonu adı altında tanımlanmıştır. Özkan (1998) tarafından stromatolitik kireçtaşlarından ayrılarak Ulumuhsine formasyonu şeklinde incelenmiştir. Formasyon Temel kayaları üzerine açılı uyumsuz olarak gelmekte, Sille formasyonu, Yalıtepe formasyonu ve Küçükmuhsine formasyonu ile yanal – düşey geçişli olarak bulunmaktadır.

Volkanik breş, tüfit, tuf ve aglomeradan yapılmış Üst Miyosen – Alt Pliyosen yaşlı Küçükmuhsine formasyonu ilk kez Eren (1993) tarafından adlanmıştır. Özkan (1998) tarafından da Küçükmuhsine formasyonu adı altında fakat, Evlicoyuktepe volkanik breş üyesi, Mandalastepe tüfit üyesi, Takkaltepe tuf üyesi ve Kanyakasitepe aglomera üyesi şeklinde dört ümeye ayrılarak incelenmiştir. Volkanik breş beige renkli olup, orta – çok kalın tabakalıdır. İnce – iri taneli, çoğunlukla dasit, andezit az oranda da temel kayalardan türemeye taneli olup, maksimum tane boyutu 1 m'dir. Tüfítler beyaz, gri, pembe renkli, ince – çok kalın tabakalıdır. Bazı düzeylerde kuruma çatlaklı, bazı düzeylerde ise, çapraz tabakalanmalıdır. Normal derecelenme ve ripilmekler arasında gözlendiği tüfítler az da olsa kanal dolguları da kapsamaktadır. Tüfler beyaz, sarımsı gri renkli olup, orta – çok kalın tabakalıdır. Bazı düzeylerde çört yumruları kapsayan tüfler mikroskopik incelemelere göre litik tuf, kristal tuf ve vitrik tuf özelliğindedir. Beyaz, beige renkli

aglomeralar masif olup, ince – iri tanelidir. Bileşenlerini dasit ve andezit çakılları oluşturur. Formasyonun alt sınırı temel kayalar ile açılı uyumsuz, Sille, Yalıtepe ve Ulumuhsine formasyonları ile uyumlu olup, üstten temel kayalar ile tektonik dokanaklı ve Yürükler formasyonu ile hem uyumlu hem de açılı uyumsuz ve Topraklı formasyonu ile de açılı uyumsuz dokanaklıdır.

Üst Miyosen – Alt Pliyosen yaşlı dasit, andezit ve az oranda bazalttan yapılmış Sulutas volkanitleri ilk kez Eren (1993) tarafından adlanmıştır. Özkan (1998) tarafından aynı adla fakat, Büyügevelletepe andezit/dasit üyesi ve Doğulaşayaya bazalt üyesi şeklinde iki üye ayrılarak incelenmiştir. Formasyon inceleme alanında volkan konileri ve lav akıntıları şeklinde yüzlek verir. Kalkalkalen özellikle dasit ve andezitler gri, pembe ve yeşil renklidir. Mikroskopik incelemelere göre dasitler hornblend dasit, andezitler ise çoğunlukla hornblend andezit, az olarak da hornblend – biyotit andezit şeklindeidir. Hipokristalin porfirik dokulu dasitlerin boşluklarında yer yer çortleşme görülür. Hipokristalin porfirik dokulu, hiyalopolitik porfirik dokulu ve hiyalopolitik fluidal dokulu andezitlerde ise, yer yer uralitleşme ve oksitlenme bulunmaktadır. Koyu gri ve koyu yeşil renkli bazaltlar lav akıntıları şeklinde olup, Ulumuhsine formasyonu içerisinde sil şeklinde, volkanik breş üzerinde ise yastık lav şeklinde gözlenir. Mikroskopik incelemelere göre hipokristalin porfirik dokulu olup, olivin bazalt olarak

isimlendirilmiştir. Bazaltlarda yaygın olarak oksitlenme ve iddingsitleşme izlenir.

Konglomera, kumtaşı ve çamurtaşından yapılmış Alt Pliyosen yaşı Yürükler formasyonu ilk kez Eren (1993) tarafından tanımlanmıştır. Birimin egemen litolojisini kırmızı renkli konglomeralar oluşturur. Konglomeralar çoğunlukla matriks, az olarak da tane destekli seviyeler şeklinde olup, normal ve ters derecelenme ile yatay çakıl diziliği de gözlenir. Ayrıca, bazı düzeylerde teknemsi çapraz tabakalanma, kama şekilli çapraz tabakalanma ve binik yapı bulunmaktadır. İnce – iri taneli, maksimum tane boyu 2 m olan konglomeraların bileşenlerini temel kayadan türeme çakıllar ile Yalıtepe ve Ulumuhsine formasyonlarına ait çakıllar oluşturur. Orta sıkı karbonat ve zayıf tutturulmuş kil çimentolu düzeyler kapsamaktadır. Ara düzeyler halinde bulunan kırmızı renkli çamurtaşları masif olup, kaliş yumruları içermektedir. Alt sınırı temel kayalar ile uyumsuz, Ulumuhsine ve Küçükmuhisne formasyonları ile hem uyumlu hem de uyumsuz dokanaklıdır. Üst sınırı ise Topraklı formasyonu ve alüvyonlar ile açılı uyumsuz dokanaklıdır.

Üst Pliyosen – Kuvaterner yaşı Topraklı formasyonu kırmızı renkli konglomera ve çamurtaşından yapılmış olup, ilk kez Eren (1993) tarafından tanımlanmıştır. Formasyonun egemen litolojisini oluşturan konglomeralar çoğunlukla matriks, az olarak da tane desteklidir. İnce – iri taneli, maksimum

tane boyu 80 cm'dir. normal ve ters derecelenme ve binik yapı ve düzlemsel çapraz tabakalanmalı düzeyler sunmaktadır. Bileşenlerini temel kaya, Yalıtepe formasyonu, Ulumuhsine formasyonu ve Sulutas volkanitlerinden türeme çakıllar oluşturur. Orta - kalın tabakalı birimin çimentosunu çoğunlukla karbonat, az olarak da kil oluşturmaktadır. Formasyonun diğer litolojisini oluşturan çamurtaşları kırmızı renkli olup, orta – çok kalın tabakalıdır. Bazı düzeylerde kaliş yumrularını kapsamaktadır. Formasyon kendisinden yaşı tüm birimleri açılı uyumsuzlukla örtmektedir.

Gölsel algal biyohermlerin yeşil ve mavi-yeşil alglerin henüz canlıken hızlı bir şekilde kalsitleşmeleri ve gelişmeleri sonucu oluştuklarını ifade eden bir çok kaynak mevcuttur (Dean ve Eggleston 1975; Eggleston ve Dean 1976; Reading 1977; Varol ve dig. 1984; Pedley 1990). Yine tatlı sulara özgün mavi - yeşil alglerin gölsel ortamlarda Stromatolit oluşturma yetenekleri bilinmektedir (Monty 1972; Monty ve Hardie 1976; Dean ve Fouch 1983; Golubic 1976; Varol ve dig. 1984; Pedley 1990).

Algal biyohermler metreden bir kaç on metreye değişen boyutta dom ve mercek şekilli olup, hızlı bir şekilde kalsitleşen mavi - yeşil alg tüplerinin birleşmesiyle oluşan laminalı karbonat kütleleri şeklindedir. Stromatolitler ise, yine mavi - yeşil algler tarafından göl suyundaki ince taneciklerin kapanlanmasıyla organo - sedimanter olarak oluşturulan laminasyonlar halinde bir kaç on

metreden bir kaç yüz metreye kadar yanal uzanımlı tabakalar şeklindedirler. Suyun enerjisinin ve derinliğinin artmasına bağlı olarak değişik geometrik yapılar kazanmışlardır. Bunlar Logan ve dig. (1964)'e göre tanımlanan yan yana bağlı yarı küreseller (LLH - tipi stromatolitler), üst üste yiğili yarı küreseller (SH - tipi stromatolitler) ve onkoidler (SS - tipi stromatolitler) şeklinde gözlenmektedirler (Şekil 5).

2.1. YALITEPE FORMASYONU

2.1.1. Tanımı ve Dağılımı

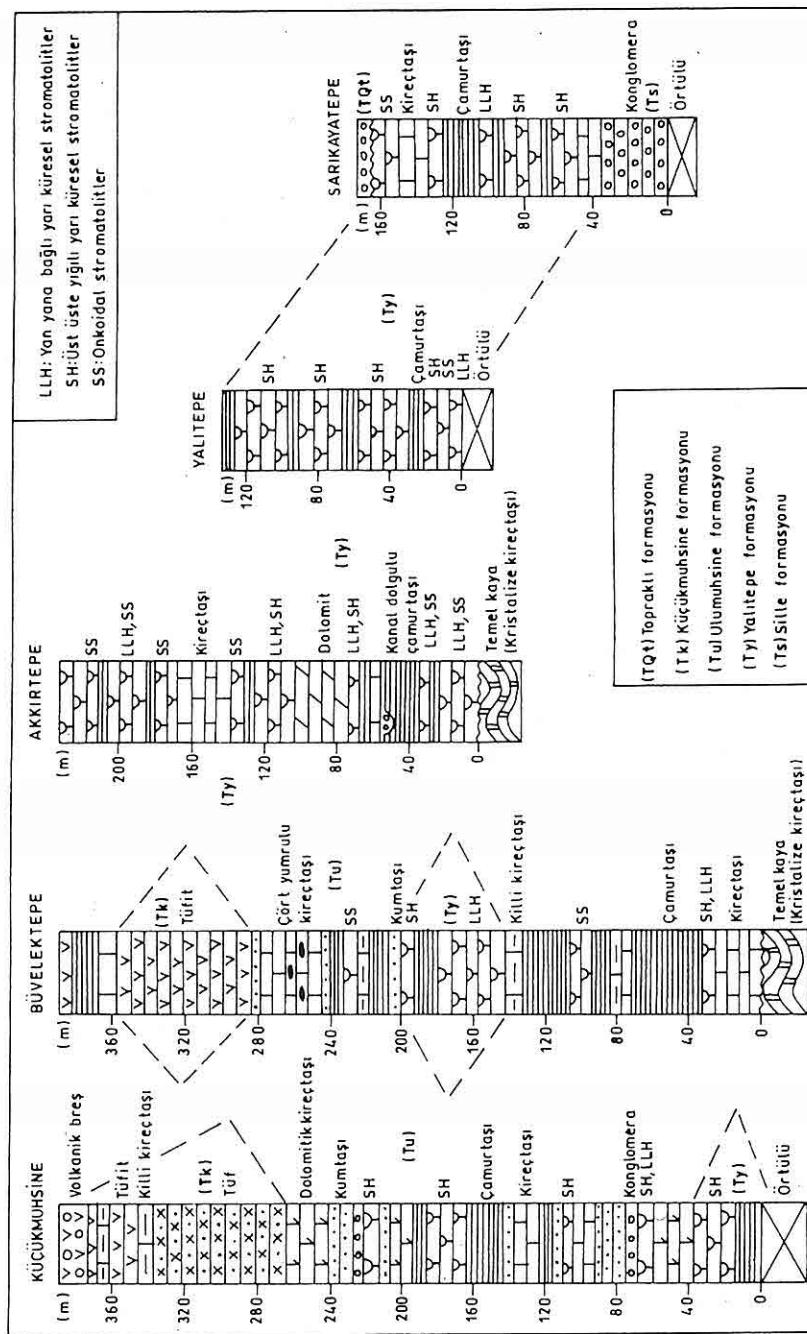
İnceleme alanında geniş yayılım gösteren birim Karagögüslü Tepe, Dilekçi Köyü güneybatısı, Siyek Tepe, Küçükmuhsine Köyü kuzyeyi, Yumru Tepe doğusu, Akkir Tepe, Sulutas Köyü batısı, Büvelek Tepe, Yalı Tepe, Sarıkaya Tepe, Kömürküfa Tepe ve Sultantahtı Tepe dolayında yüzlek vermektedir (Şekil 2).

2.1.2. Litolojik Özellikleri

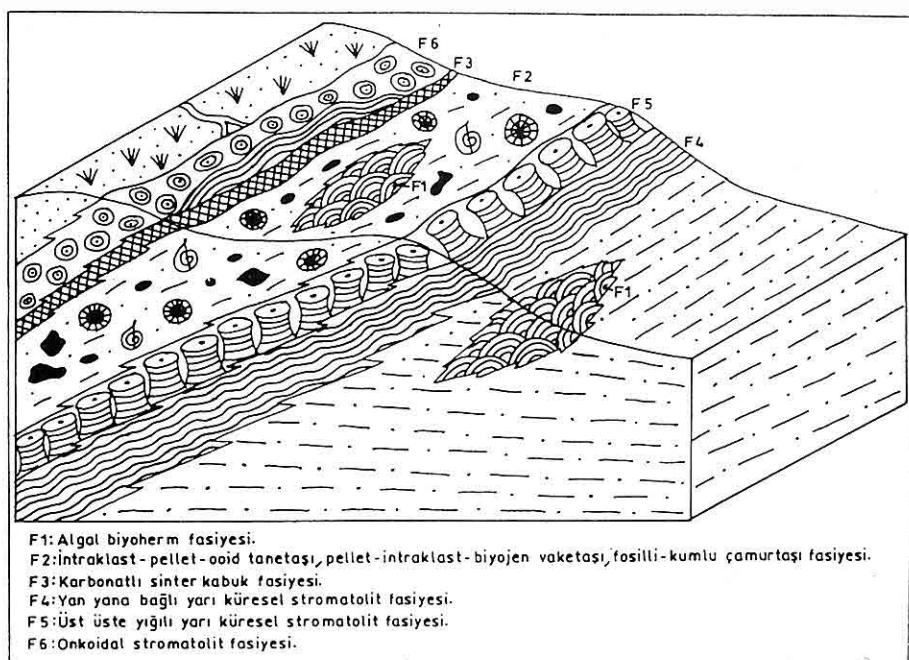
Formasyon bej, kahve renkli stromatolitik kireçtaşı ve algal biyohermlerden oluşmaktadır. Stromatolitik kireçtaşları LLH – tipi stromatolitler (Levha 1, Şekil 1 ve 2), SH - tipi stromatolitler (Levha 1, Şekil 3 ve 4) ve SS - tipi stromatolitler (Levha 1, Şekil 5) şeklinde olup, orta – kalın tabakalanmalı ve masif özelliktedir. Orta sertlikteki Yalıtepe formasyonu çoğunlukla krem, bej renkli çamurtaşları ile az olarak da krem renkli marn ve killi kireçtaşları ile ardalanmalıdır (Şekil 4 ve 5; Levha 1, Şekil 6). Bazı seviyelerde

Temel kayalardan (Silüriyen – Kretase yaşı) türeme çakıllardan ibaret konglomera kapsar. Yer yer ardalanmalı olduğu çamurtaşları içerisinde algal biyohermler şeklinde görülür (Levha 1, Şekil 7). Bu biyohermler bir kaç metre ile bir kaç on metre yanal devamlılık gösterir. Formasyonun bazı seviyelerinde gastropod ve yaprak kalipleri gözlenmektedir. Sille formasyonu (Üst Miyosen - Alt Pliyosen yaşı) ile geçişli olduğu seviyelerde kırmızımsı bej renkli iken, organik maddenin bol olduğu düzeylerde gri renkli olarak gözlenirler. Bu stromatolitik kireçtaşlarının bağlayıcısını sparitik kalsit cimento ve mikritik matriks oluşturmaktadır (Levha 1, Şekil 8 ve 9). Biyohermler ve stromatolitlerde hızlı kristalleşme ve cimentolanmada yeşil alglerin özümleme işlemleri sonucu ortamda CO₂'in azalmasının yanı sıra, biyokimyasal reaksiyonlar ve mavi - yeşil alglerin yağış faaliyetleri etkili olmuştur.

Alg yaygılarda kuruma, kabuklaşma ve sinter örtülme ile kıvrılma ve kubbeleşme yapıları da gözlenmektedir (Levha 1, Şekil 10; Levha 2, Şekil 1). Yalıtepe formasyonu içerisinde yer yer az oranda Temel kayalardan türeme, çoğunlukla stromatolit ve onkoid tanelerinden oluşan çakılları kapsayan çapraz tabakalanmalı kanal dolguları yer alır. Ayrıca, az oranda çört bantları ile tüfit ve dasitik / andezitik lav akıntılarından oluşan ara düzeyler içermektedir. Stromatolit oluşumlar havzaya gelen kil oranının artmasıyla killi kireçtaşı ve marnlara geçiş



Sekil 5. İnceleme alanının farklı bölgelerinden alınan ölçülu stratigrafi kesitlerinin korelasyonu



Şekil 6. Stromatolitik kireçtaşlarının fasıyes modellemesi

gösterirler (Şekil 4 ve 5).

Yalıtepe formasyonu içindeki karbonat kayalar çoğunlukla seyrek intrapelmikrit / vaketaşı, kötü boyanmış pelintrasparit / tanetaşı, kötü boyanmış intrasparit / tanetaşı, seyrek biomikrit / vaketaşı, kumlu dismikrit / kumlu çamurtaşı, seyrek pelbiointramikrit / vaketaşı, kötü boyanmış intraosparit / tanetaşı, fosilli mikrit / çamurtaşı ve biyolitit / bağlamtaşı özellikle özelligindedir.

2.1.3. Alt, Üst, Yanal Sınırlar ve Kalınlık

Formasyonun alt sınırı Temel kayaları ile uyumsuz olup, Sille formasyonu, Ulumuhsine formasyonu, Küçükmuhsine formasyonu ile uyumlu dokanaklıdır (Şekil 4). Üst sınırı ise Topraklı

formasyonu (Üst Pliyosen - Kuvaterner yaşı) ile uyumsuz dokanaklıdır. Birim, yanal olarak Sille formasyonu, Ulumuhsine formasyonu ve Küçükmuhsine formasyonu ile yanal geçişlidir. Formasyonun kalınlığı 20-260 m arasında değişmektedir.

2.1.4. Fosil Topluluğu ve Yaşı

Formasyondan *Chara* sp., *Schizothrix* sp. ve *Scytonema* sp. gibi fosiller derlenmiştir. Göger ve Kiral (1969) çalışmasında tanımladığı Dilekçi formasyonundan *Unio* sp., *Radix* sp., *Ostrakodes* sp. ve *Chara* sp. gibi tatlı su fosillerini bularak birime Pliyosen yaşı vermiştir. Görmüş (1984) Dilekçi formasyonu olarak tanımladığı birimin taban konglomeralarında bulduğu

Protorxy carolinae, *Gazella deperdita*, *Sus erymanthus*, *Tragocerus amaltheus*, *Prostrepticerus rothundicordis*, *Ovis* sp., *Hiparion* sp., *Ictitherium* sp. omurgalı faunasına dayanarak birime Üst Miyosen - Alt Pliyosen yaşı vermiştir. Eren (1993) ise Keller ve diğ. (1977) ile Besang ve diğ. (1977)'nin volkanitlere verdikleri 11.95 - 3.35 milyon yıl yaşı ve Görmüş (1984)'ün verdiği yaşı dikkate alarak birime Üst Miyosen - Alt Pliyosen yaşı vermiştir. Bu çalışmada da birime Üst Miyosen - Alt Pliyosen yaşı verilmiştir.

2.1.5. Çökelme Ortamı

Sedimentolojik, paleontolojik ve mikrofasiyes verileri birimin bir sig göl ortamında çökeldiğini işaret etmektedir. *Chara* sp. gölsel çökellerde oldukça yaygın olup, 10 - 15 m derinliğe kadar yaşamaktadır (Wright 1990). Belirtilen cins tatlı su ortamları için karakteristik olup, tuzluluk oranı % 0.7'ye kadar gikan tuzlu ortamlarda da yaşamaktadır (Wright 1990). *Schizothrix* sp. ve *Scytonema* sp. cinsleri de tatlı sulara özgü olup, gölsel kıyı zonlarında stromatolit oluştururlar (Monty 1972; Monty ve Hardie 1976; Golubic 1976).

Stromatolitik kireçtaşlarında gözlenen kuruma ve sinter kabuklaşma atmosferle teması yansitar. Bu ince kabuksu yapı (Walter 1976; Varol ve diğ. 1984) stromatolitlere benzer ise de bunlar biyojen kökenli değildir. Atmosfer etkisinde çözülen ve yeniden tortullaşan CaCO_3 'in şekillendirdiği ince laminalli zarlar, kabuklaşmanın önemli

işaretçisidirler (Schneider 1977; Varol ve diğ. 1984).

2.1.6. Deneştirme

Formasyon, Göger ve Kıral (1969)'ın Kızılıoren dolayında yaptığı çalışmada tanımladığı Dilekçi formasyonunun bir bölümü, Görmüş (1984)'ün Kızılıoren dolayında yaptığı çalışmada tanımladığı Dilekçi formasyonunun bir bölümü, Eren (1993)'ün Eldeş - Derbent - Tepeköy - Söğütözü dolayında yaptığı çalışmada tanımladığı Ulumuhsine formasyonunun bir bölümü ve Özkan (1998)'ın Konya Batosunda yaptığı çalışmada tanımladığı Yalitepe formasyonu ile denestrilebilir özellikle (Şekil 3).

3. FASİYESLER

3.1. Algal Biyoherm Fasıyesi

Algal biyohermler bazı düzeylerde çamurtaşları içerisinde (Levh 1, Şekil 7) bazı düzeylerde ise killi kireçtaşı ve / veya marn üzerinde yer almaktır, bir kaç metreden bir kaç on metreye kadar yanal uzanımlı ve bir kaç on santim ile bir kaç metre kalınlıkta masif küteler halinde gözlenirler. Küresel (Levh 2, Şekil 2), yarı küresel ve mercek şekilli kütelerde laminalli yapı görülmektedir (Levh 1, Şekil 7). Üzerlerine bazı düzeylerde çamurtaş, bazı düzeylerde ise konglomeralar (sualtı dağıtıçı kanal) gelmektedir. Gelişimlerinde mavi-yeşil alglerden *Schizothrix* sp. ve *Scytonema* sp. etkili olmuştur. Algal biyohermlerin bağlayıcılarını çokunlukla mikritik kalsit, az olarak da sparikalsit oluşturmaktadır. Alg tüplerinin yoğun bir şekilde mikrit

ile kalsitleşmesi hızlı bir CaCO_3 tortullaşmasını gerektirmektedir. Kalsitleşme olayı çok erken diyajenezde veya sedimanın daha tortul ortamıyla ilişkisinin kesilmediği bir evrede gelişmiş olabilir (Varol ve diğ. 1984). Bu derece yoğun CaCO_3 tortullaşmasını denetleyen ortamsal parametreler derinlik, sıcaklık, biyojen aktivite ve CaCO_3 'a doygunluk şeklinde sıralanabilir (Varol ve diğ. 1984). Burada biyojenik aktivitenin ön planda olduğu düşünülmektedir. Ortamda yeşil alglerin (*Chara* sp.) bol olarak bulunması (Levha 1, Şekil 9) fotosentez işlevi sonucu ortamda CO_2 'i azaltmasını dolayısıyla CaCO_3 'a doygunluğu ve karbonat çökelimini artttırduğu düşünülmektedir. Bloksu spariksitik çimentonun geç diyajenetik aşamada geliştiği öngörülebilir.

3.2. İtraklast - Pellet - Ooid Tanetaşı, Pellet - İtraklast - Biyojen Vaketaşı, Fosilli - Kumlu Çamurtaşları Fasiyesi

Yalıtepe formasyonunun bazı düzeylerinde intraklastlı, pelletli, ooidli tanetaşı; pelletli, intraklastlı, fosilli vaketaşı; fosilli, kumlu çamurtaşları fasiyesleri gözlenebilmektedir (Şekil 6; Levha 2, Şekil 3 ve 4). Pelletler yuvarlak ve elips şekilli olup, gölde yaşayan yumuşakçalar (gastropod) tarafından fekal pellet olarak oluşturulmuştur. İtraklastlar ise köşeli taneler şeklinde mikritik karbonat çamurunun atmosferik yüzeylemesi sonucu kuruyup parçalanması ve tekrar su altında kalıp yeniden çöktelmesiyle oluşmuştur.

Daha az olarak da yüksek enerjili evrelerde sig su karbonat çamurunun kıyı boyu akıntılar ve dalgalar etkisiyle aşındırılması sonucu oluşan düşündürmektedir. Ooidler ise, çoğunlukla elips, daha az olarak da dairesel şekilli olup, yüksek enerjili sig su kesiminde iğnemsi aragonit kristallerinin bir çekirdek etrafında sarılması sonucu oluşmuştur. Çekirdekte ekstraklast, intraklast ve pelletler gözlenebilmektedir. Fosilli vaketaşı ve çamurtaşlarındaki fosilleri ostrakod, bivalv ve gastropod oluşturmaktadır. Kumlu çamurtaşları göle boşalan akarsuların (mevsimsel ve iklimsel olarak) getirdiği ekstraklastların çökelmekte olan karbonat çamurunun içine karışması sonucu oluşmuş olmalıdır.

3.3. Karbonatlı Sinter Kabuk Fasiyesi

Alg yaygırlarında kuruma, kabuklaşma, sinter örtülme, kıvrılma ve mikritik zarflar gözlenebilmektedir (Levha 1, Şekil 10; Levha 2, Şekil 1, 5, 6 ve 7). Atmosferik yüzeyleme sonucu erime ve tekrar çökelmeyele oluşan mikrometre ölçüdeki kabukta yersel kıvrılma ve kubbeleşmeler yer alır (Levha 1, Şekil 10). Ayrıca, boşlukların çeperinde mikrometre kalınlığında mikritik zarflar görülmektedir. Bu boşlukların mikritik zarftan itibaren bloksu spariksitik çimentoya dolduruldukları görülmüştür (Levha 2, Şekil 5). Atmosfer etkisinde çözülen ve yeniden tortullaşan CaCO_3 'in şekillendirdiği bu ince laminalı zarlar, kabuklaşmanın önemli işaretçisidirler (Schneider 1977; Varol ve diğ. 1984).

Sinter oluşukları (Pedley 1990) tufalardan inorganik CaCO_3 içeriği ile ayrılır. İnce kesit olmaksızın sinter ile tüfa ayırımı zordur. Sinter hemen hemen hiç bitki içermez. Coğulukla üniform şekilde laminalı yapı gösterir, kristallenmeleri yüksektir ve tufalardan daha az yaygındırlar (Pedley 1990).

3.4. Yan Yana Bağlı Yarı Küresel Stromatolit Fasiyesi

Yalıtepe Formasyonunun asıl ögesini oluşturan stromatolitlerden yan yana bağlı yarı küresel (LLH - tipli stromatolitler) stromatolitler inceleme alanında orta-kalın tabakalanmalı ve yer yer masif görünümü olup, yanal olarak yüzlerce metre yayılıma sahiptir. Laminalı özellikteki bu stromatolitler bazı düzeylerde üst üste yığılı yarı küresel (SH - tipli stromatolitler) stromatolitler ile, bazı düzeylerde ise onkoidal (SS - tipli stromatolitler) stromatolitler ile ardalanmalıdır (Şekil 5; Levha 1, Şekil 1 ve 2). *Schizothrix* sp. tarafından oluşturulan bu stromatolitlerde coğulukla mikritik matriks ile bağlanma gözlenmektedir. Bu LLH - tipli stromatolitlerde ayrıca sinter kabuklu düzeyler (Levha 1, Şekil 10; Levha 2, Şekil 1), ekstraklastlar ve odun parçalı laminasyonlar da görülmüştür (Levha 2, Şekil 7 ve 8). Yine bu stromatolitlerde matriksten itibaren gelişen öz şekilli kalsit kristal büyümeleri de gözlenmektedir (Levha 2, Şekil 9 ve 10).

Mavi - yeşil alglerin büyümeye şekilleri su derinliği ve enerjisi ile yakından ilişkilidir. Su derinliği ile birlikte azalan

işığı yeterli olarak almak için algler kendilerini yayarak yüzey geliştirirler (Atabey 1997). Bu nedenle yanal büyümeye hızı, dikey büyümeyi geçerek yanal olarak bağlanmış yarı küresellerden oluşan stromatolit tipi (LLH) oluşur; yeterli ışık ise dikey büyümeyi hızlandırır, bunun sonucu üst üste yığılı yarı küresel stromatolit tipi (SH) gelişir; artan enerji ile özellikle de gel-git kanallarında ve çevresinde LLH tipli stromatolitler kopar ve çekirdekli veya çekirdeksiz olarak sarılmalar ile küresel (SS) onkoid yapıları oluşur (Atabey 1997).

Buradaki LLH - tipli stromatolitlerin nispeten derin su ortamında yeterli miktarda sedimanla desteklenen alg yaygılarının tekrarlanmalı laminasyonlar oluşturarak gelişikleri düşünülmektedir (Şekil 5 ve 6).

3.5. Üst Üste Yığılı Yarı Küresel Stromatolit Fasiyesi

Yalıtepe formasyonunun diğer önemli bir bileşeni olan üst üste yığılı yarı küresel stromatolitler (SH-tipli stromatolitler) inceleme alanında kalın tabakalı ve masif özellikte yüzlek verirler (Levha 1, Şekil 1). Yanal olarak bir kaç yüz metre yayılmışlardır. Enine kesitleri dairesel ya da elips şeklinde olan (Levha 1, Şekil 4) bu stromatolitler suda yaşayan bitkiler etrafında veya odun ve dal parçaları çevresinde sarıcı algler tarafından oluşturulmuştur. Bunların gelişiminde *Schizothrix* sp. ve *Scytonema* sp. gibi mavi-yeşil algler etkili olmuştur. Bireysel ayrık SH - tipli stromatolitler

**AKPINAR - TATKÖY - ULUMUHSİNE – SARAYKÖY (KONYA)
DOLAYINDAKİ GÖLSEL STROMATOLİTLERİN FASİYES ÖZELLİKLERİ**

gözlendiği gibi yer yer birleşmiş olarak da gözlenmektedirler (Levha 1, Şekil 3 ve 8). İç kısımları kalsit kristalleri veya tortul ile doldurulduğu gibi boş olarak da bulunabilmektedirler (Levha 3, Şekil 1). İçi boş olanlarda yer yer çekirdeği oluşturan bitki izleri görülebilmektedir. Bu stromatolitler çoğunlukla tabakalanmaya dik konumlu sütunlar şeklinde, daha az olarak da verev ve yatay konumda görülebilmektedirler. Silindirik stromatolitlerin aralarındaki boşluklar sparikalsitik çimento mozayıği ve mikritik matriks ile doldurulmuş durumdadır. Bu SH - tipli stromatolitlerin çevresinde yer yer mikritik zarflar da gözlenmektedir (Levha 2, Şekil 6). Stromatolitleri oluşturan kalsitleşmiş alg tüpleri bazı örneklerde belirgin (Levha 3, Şekil 2) bazı örneklerde ise az belirgin (Levha 3, Şekil 3) olarak gözlenmektedir. Aynca, matriksten türemiş öz şekilli kalsit kristal büyümesi de gözlenmektedir (Levha 3, Şekil 4).

SH - tipli stromatolitler, sedimentasyon ortamının oldukça hızlı değişen koşullarına uyum sağlayabilen iki mavi - yeşil alg cinsi *Schizothrix* sp. ve *Scytonema* sp. tarafından oluşturulmuş olup, yatay mavi - yeşil alg iplikçiklerinin *Schizothrix*'lere ve sualtı koşullarına, dikey büyuyen filamanların ise *Scytonema*'lara ait olduğu ve atmosferik koşullarda belirli bir zemin ıslaklığında büyündükleri Monty (1976), Monty ve Hardie (1976) ve Varol ve dig. (1984) tarafından belirtilmektedir. Bunlar su seviyesindeki kısa süreli ve uzun süre devam eden dalgalanmalara bağlı olarak

oluşmuşlardır (Şekil 6).

3.6. Onkoidal Stromatolit Fasiyesi

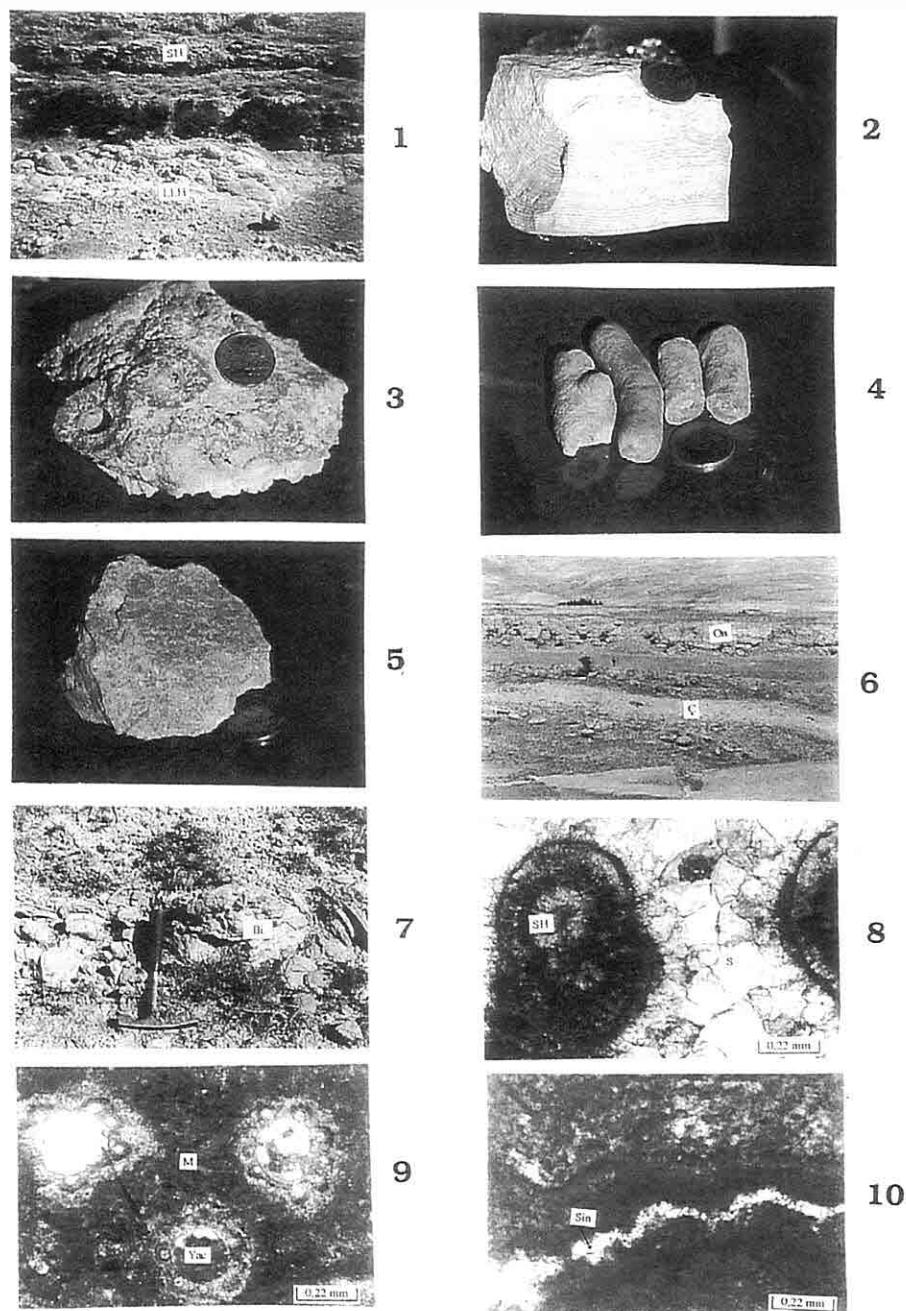
Yalıtepe formasyonunun az yayılmış ögesini oluşturan onkoidal (SS - tipli stromatolitler) stromatolitler LLH - tipli stromatolitlerin ortamda yükselen enerjiye bağlı olarak kopolmaları ve zeminde hareket etmeleriyle oluşturulmuştur (Şekil 6). Birkaç milimetre ile birkaç santimetre çapında küresel ya da elipsoidal şekilli taneler (Levha 1, Şekil 5) şeklinde gözlenen onkoidler, orta - kalın tabakalanmalı ve yanal olarak bir kaç on metre yayılmışlardır (Levha 1, Şekil 6). Çekirdeklerini ortama gelen ekstraklastlar ile bitki kırrıntıları oluşturduğu gibi, mikritik, sparitik ve boş olarak da görülebilmektedir. Ayrıca, çekirdeklerinde fosil (*Chara* sp.) görülebilmektedir (Levha 3, Şekil 5). Gelişimi düzgün laminalı olduğu gibi, mameelonlu yapılı da olabilmektedir (Levha 2, Şekil 5). Onkoidlerin şekli ortamsal enerji etkisi ile belirlenir. Genellikle oldukça küresel oluşuklar nehirlerde egemendir; oldukça basık küresel oluşuklar tipik olarak hafif akıntı rejimi ve serbest gelişimli sakin şartlarda oluşurlar (Pedley, 1990). Ayrik onkoidler şeklinde olduğu gibi komposit onkoidler de görülmektedir. Bazı örneklerde onkoidlerin çevresinde mikritik zarf gözlenmektedir (Levha 2, Şekil 5; Levha 3, Şekil 6). Bağlayıcılarını mikritik matriks ile sparikalsitik çimentonun oluşturduğu onkoidal kireçtaşlarında yarı öz şekilli kalsit kristallerinde kenar ve

LEVHA 1

1. Altta yan yana bağlı yarı küresel (LLH - tipli stromatolitler) ve üstte üst üstte yiğili yarı küresel (SH - tipli stromatolitler) stromatolitler.
2. Yan yana bağlı yarı küresel (LLH - tipli stromatolitler) stromatolitlerde laminasyonlar.
3. Üst üstte yiğili yarı küresel (SH - tipli stromatolitler) stromatolitler.
4. Üst üstte yiğili yarı küresel (SH - tipli stromatolitler) stromatolitler ve stromatolitlerde tomurcuklanma.
5. Onkoidal (SS - tipli stromatolitler) stromatolitler.
6. Çamurtaş ile ardalanmalı stromatolitik (SS - tipli stromatolitler) kireçtaşısı.
Ç: Çamurtaş, On: Onkoid.
7. Yalıtepe formasyonunun ardalanmalı olduğu çamurtaşları içerisinde algal biyoherm. Bi: Biyoherm.
8. Yalıtepe formasyonundaki üst üstte yiğili yarı küresel (SH -tipli stromatolitler) stromatolitler ve onları bağlayan sparitik (S) çimento.
9. Yalıtepe formasyonundaki mikritik matriks ve yeşil alglerden *Chara* sp. M: Mikrit, Yac: *Chara* sp.
10. Yalıtepe formasyonundaki stromatolitlerde (LLH - tipli stromatolitler) kuruma, kabuklaşma ve sinter örtülme ile kıvrılma, kubbeleşme ve *Schizothrix* sp. laminaları. Sin: Sinter kabuk.

AKPINAR - TATKÖY - ULUMUHSİNE – SARAYKÖY (KONYA)
DOLAYINDAKİ GÖLSEL STROMATOLİTLERİN FASİYES ÖZELLİKLERİ

LEVHA 1

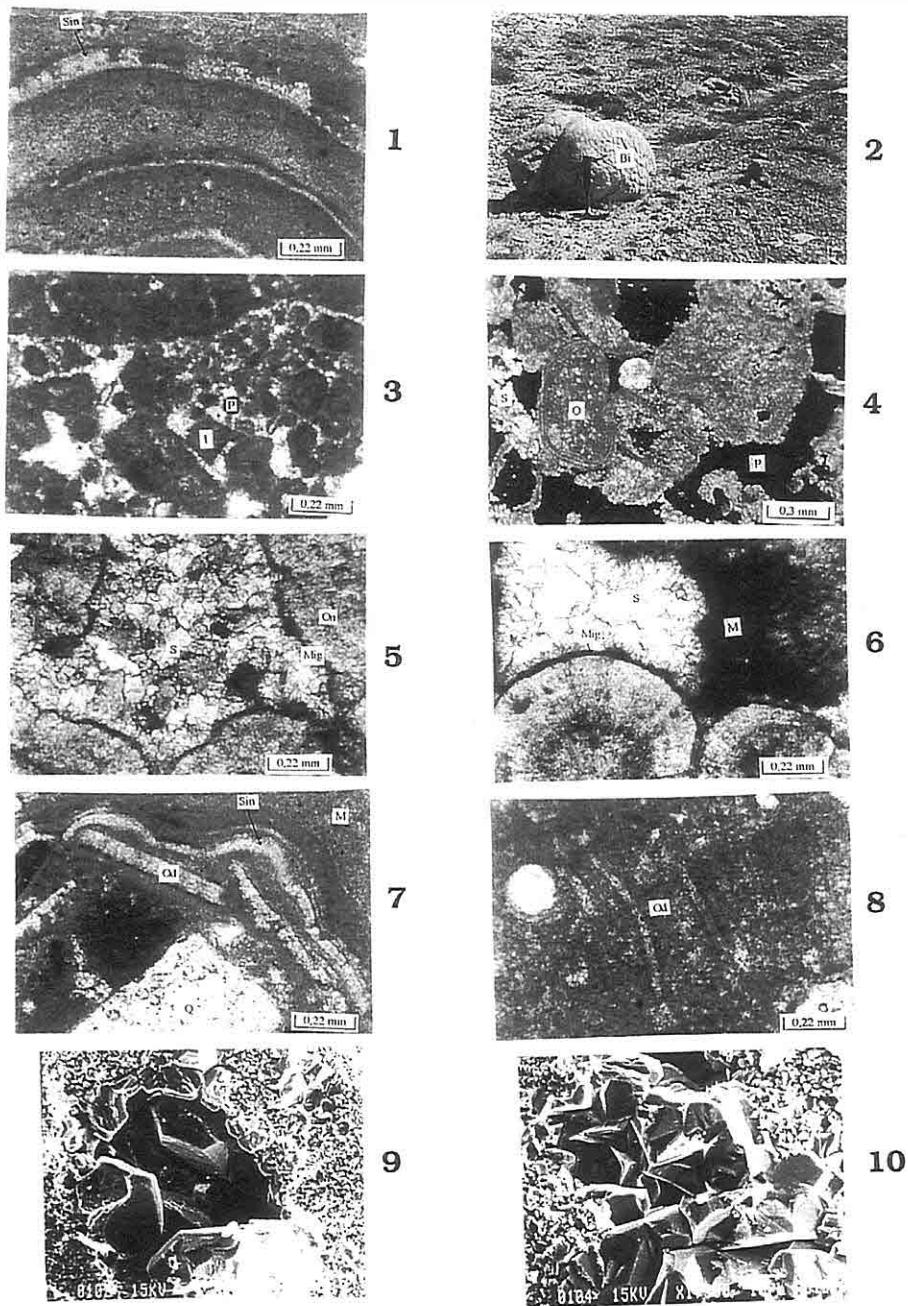


LEVHA 2

1. Stromatolitik kireçtaşlarındaki (LLH - tipli stromatolitler) sinter kabuk (sin), kubbeleşme ve *Schizothrix* sp. laminaları.
2. Küresel şekilli algal biyohermler (Bi).
3. Yalıtepe formasyonundaki pelletli (P), intraklastlı (I) ara seviye.
4. Yalıtepe formasyonundaki ooidli (O) ara seviye. P: Porozite.
5. Onkoidal (SS - tipli stromatolitler) stromatolitlerdeki mamealonlu yapı, mikritik zarf ve bloksu sparikalsitik çimento. On: onkoid, Mig: mikritik zarf, S: sparikalsit.
6. Stromatolitlerdeki (SH - tipli stromatolitler) mikritik zarf (Mig), mikrit (M) ve Sparikalsitik (S) çimento.
7. Stromatolitlerde (LLH - tipli stromatolitler) gözlenen ekstraklast (Q), odun parçası (od), mikrit (M) ve sinter kabuk (Sin). Q: kuvars.
8. Stromatolitik kireçtaşlarında (LLH - tipli stromatolitler) odun parçaları (od).
9. Stromatolitik kireçtaşlarında (LLH - tipli stromatolitler) matriksten itibaren gelişen öz şekilli kalsit kristali büyümeli (SEM, X 3500).
10. Stromatolitik kireçtaşlarında (LLH - tipli stromatolitler) matriksten itibaren gelişen kalsit kristali büyümeli (SEM, X 1300).

AKPINAR - TATKÖY - ULUMUHSİNE – SARAYKÖY (KONYA)
DOLAYINDAKİ GÖLSEL STROMATOLİTLERİN FASİYES ÖZELLİKLERİ

LEVHA 2



LEVHA 3

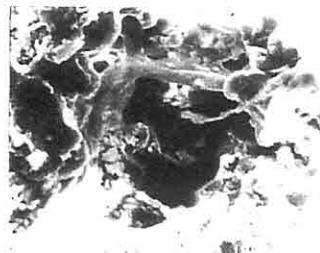
1. Yalıtepe formasyonundaki üst üste yığılı yarı küreseel stromatolitlerde (SH - tipli stromatolitler) alglerin sardığı kamış ya da diğer bitki parçalarının çürümesi sonucu boş kalan çekirdek kısımları ve yer yer kamış izleri.
2. Stromatolitik kireçtaşlarında (SH - tipli stromatolitler) alg tüpleri (SEM, X 2000).
3. Stromatolitik kireçtaşlarında (SH - tipli stromatolitler) az belirgin alg tüpleri (SEM, X 650).
4. Stromatolitik kireçtaşlarında (SH - tipli stromatolitler) matriksten itibaren gelişen öz şekilli kalsit kristali büyümeli (SEM, X 370).
5. Stromatolitik kireçtaşlarında (SS - tipli stromatolitler) *Chara* sp.'yi saran onkoid. Yac: *Chara* sp., M: Mikrit.
6. Onkoidal (SS - tipli stromatolitler) stromatolitlerde mikritik zarf (Mig), sparikalsitik çekirdek (S), mikrit (M) ve bloksu sparikalsitik çimento (S). On: onkoid.
7. Onkoidal (SS - tipli stromatolitler) stromatolitlerdeki yarı öz şekilli kalsit kristallerinde kenar ve yüzeylerde çözünme (SEM, X 850).

AKPINAR - TATKÖY - ULUMUHSİNE – SARAYKÖY (KONYA)
DOLAYINDAKİ GÖLSEL STROMATOLİTLERİN FASİYES ÖZELLİKLERİ

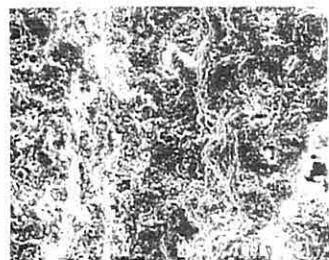
LEVHA 3



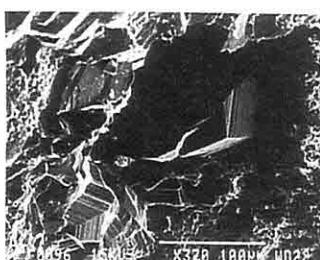
1



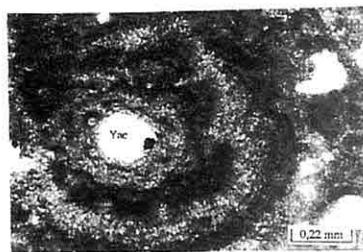
2



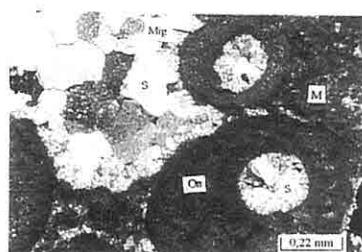
3



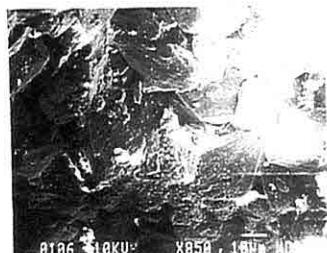
4



5



6



7

yüzeylerde çözünme emareleri de gözlenebilmektedir (Levha 3, Şekil 7).

4. SONUÇLAR

1. Yalıtepe formasyonu adı altında tanımlanan kireçtaşları algal biyoherm ve stromatolitlerden (LLH, SH ve SS - tipli stromatolitler) yapılıdır.
2. Algal biyoherm ve stromatolitler mavi - yeşil alglerden *Schizohtrix* sp. ve *Scytonema* sp. tarafından oluşturulmuş olup, ortamda yeşil alglerden *Chara* sp. de bulunmaktadır.

3. İntraklastlı, ooidli, pelletli ara düzeyler ile sinter kabuk ve mikritik zarfin gözlenmesi su seviyesindeki ve enerjisindeki dalgalanmaları ifade etmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Atabey, E., 1997, Karbonat Sedimentolojisi. TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odası yayınları: 45, 130 s.
- Besang, C., Eckhardt, F.J., Harre, W., Kreuzer, H. and Muller, P., 1977, Radiometricsche altersbestimmungen an Neogenen eruptivgesteinen des Turkei. *Geol. Jb.*, B 25, 3 - 36.
- Dean, W. E. and Eggleston, J. R., 1975, Comparative anatomy of marine freshwater algal reefs, Bermuda and Central New York. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 86, 665 - 676.
- Dean, W. E. and Fouch, T.D., 1983, Lacustrine Carbonates. In: P.A. Scholle, D.G. Bebout and C.H. Moore ed., Carbonate Depositional Environments. Am. Assoc. Pet. Geol., Mem., 33, 98 - 130.
- Eggleston, J. R. and Dean, W. E. , 1976, Freshwater stromatolitic bioherms in Green Lake. Walter, M.R., ed., *Stromatolites* de: Elsevier Publ. Amsterdam - New York, 479 - 488.
- Eren, Y., 1993, Eldeş - Derbent - Tepeköy - Söğütözü arasındaki Jeolojisi, Doktora Tezi, S.Ü. Fen Bil. Enst. 224 s. Konya, (Yayınlanmamış).
- Golubic, S., 1976, Organisms that build Stromatolites. Walter, M. R., ed., *Stromatolites* de: Elsevier Publ. Amsterdam – New York, 113-125.
- Göger, E. ve Kıraklı, K., 1969, Kızılıören dolayının Jeolojisi. MTA, Rapor No:5204, I-14 (Yayınlanmamış).
- Görmüş, M., 1984, Kızılıören (Konya) dolayının Jeoloji incelemesi. Yüksek Lisans Tezi, S.Ü. Fen Bil. Enst. 67 s. Konya (Yayınlanmamış).
- Keller, J., Jung, D., Burgath, K. and Wolff, F., 1977, Geologie und Petrologie des Neogenen Kalkkalivulkanismus von Konya (Erenler Dağı, Alacadağ Massiv, Zentral Anatolian). *Geol. Jb. B* 25, 37 - 117.
- Logan, B.W., Rezak, R. and Ginsburg, R.N., 1964, Classification and environmental significance of algal stromatolites. *J. Geology*, 72, 68 - 83.
- Monty, C.L.V., 1972, Recent algal stromatolitic deposits, Andros Islands, Bahamas. Preliminary report: *Geol. Rundsch.*, 61, 742 - 743.
- Monty, C.L.V., 1976, The origin and development of cryptalgal fabric. Walter, M.R., ed., *Stromatolites* de: Elsevier Publ., Amsterdam - New York, 193 - 251.
- Monty, C.L.V. and Hardie, L.A., 1976,

AKPINAR - TATKÖY - ULUMUHSİNE – SARAYKÖY (KONYA)
DOLAYINDAKİ GÖLSEL STROMATOLİTLERİN FASİYES ÖZELLİKLERİ

- The geological significance of the freshwater blue-green algal calcareous marsh.* Walter, M.R. ed., *Stromatolites de:* Elsevier Publ., Amsterdam - New York, 447 - 477.
- Niehoff, W., 1961, 1 / 100.000 ölçekli Akşehir 90 / 2 paftastı, İlgin 91 / 1, 91 / 3 ve 91 / 4 paftalari üzerinde 1961 yaz mevsiminde yapılmış revizyon çalışmaları hakkında rapor. MTA, Derleme Rapor, No: 3387, 1-20. (Yayınlanmamış).
- Özkan, A. M., 1998, Konya Batosındaki Neojen Çökellerinin Stratigrafisi ve Sedimentolojisi. Doktora Tezi, S.Ü. Fen Bil. Enst. 228 s. Konya (Yayınlanmamış).
- Pedley, H.M., 1990, Classification and environmental models of cool freshwater tufas. *Sed. Geol. Elsevier, Sci. Publ. B.V.*, Amsterdam, 68, 143 - 154.
- Reading, R., 1977, Skeletal Stromatolites. Flügel, E., ed., *Fossil Algae de:* Springer Verlag, Berlin Heidelberg - New York, 57 - 60.
- Schneider, J., 1977, Carbonate construction and decomposition by epilithic and endolithic microorganism in salt and fresh water. Flügel, E., ed., *Fossil Algae de:* Springer Verlag, Berlin Heidelberg - New York, 248 - 260.
- Varol, B., Kazancı, N. ve Okan, Y., 1984, Kınık (KB Ankara) Eosen tatlı su alg biyoherm ve stromatolitleri. Türkiye Jeol. Kur. Bült., 27, 119-129.
- Walter, M. R., 1976, Geyserites of Yellowstone National Park; An example of abiogenic stromatolites. Walter, M. R., ed., *Stromatolites de:* Elsevier Publ. Amsterdam - New York, 87 - 112.
- Wiesner, K., 1968, Konya civar yatakları ve bunlar üzerindeki etüdler. MTA, Derg. 70, 178 - 213.
- Wright, V. P., 1990, Lacustrine Carbonates. In: M.E. Tucker, V.P. Wright and J.A.D. Dickson ed., *Carbonate Sedimentology*, Black - Well. 164 - 190.

ELAZIĞ YAKIN KUZEYİNDEKİ MAGMATİTLERİN PETROGRAFİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Sevcan KÜRÜM ve A. Hulusi TAŞKIN

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

ÖZET: Elazığ il merkezinin yakın kuzeyinde yer alan ve inceleme konusunu oluşturan Elazığ Magmatitleri Senonyen yaşılı olup, çalışma alanındaki en yaşlı birimi oluşturur. Elazığ Magmatitleri üzerine uyumsuz olarak gelen Kırkgeçit Formasyonu ise Orta Eosen-Üst Oligosen yaşılı olup, Üst Miyosen-Pliyosen yaşılı Karabakır Formasyonu tarafından uyumsuz olarak üzerlenir. Bölgedeki en genç birim ise Pliyo-Kuvaterner yaşılı Palu Formasyonudur.

Petrografik incelemeler Elazığ Magmatitleri'nin granit, granodiyorit, tonalit, diyorit, gabro, kuvarlı diyorit, mikrodiyorit, diyabaz, bazalt, andezit ve dasit gibi kayaçlardan olduğunu göstermiştir. Granitik grup içerisindeki kayaçlarda mafik mineral olarak biyotit baskınken, diyoritik bileşimli kayaçlarda amfibol baskındır. Her iki kayaç grubunda da manyetit yaygın olarak bulunan opak mineraldir.

Elazığ Magmatitleri'nde yapılan jeokimyasal incelemeler sonucunda; subalkalen ve çarpışma bölgesi granitoyid (COLG) özelliğinde olan bu granitoyidlerin, I tipi granitoyid bileşiminde olması, mafik mineral bileşenleri, molar oranlarının (A/NKC) 1'den büyük olması, K_2O içeriğine göre K 'ca zengin bir kaynağı işaret etmesi ve Ce , Hf , Zr , Sm , Y ve Yb gibi elementlerce zenginleşmiş olması hibrid bir magmadan türemiş olduğuna işaret eder.

PETROGRAPHIC AND GEOCHEMICAL FEATURES OF THE MAGMATICS IN THE NORTHERN OF ELAZIĞ

ABSTRACT: Senonian Elazığ Magmatics, subject of this study, are the oldest unit of the study area is located at immediate north of Elazığ township. Middle Eocene-Upper Oligocene Kırkgeçit Formation is overlain unconformably the Elazığ Magmatics and overlain unconformably by Upper Miocene-Pliocene Karabakır Formation. In the area, the youngest unit is Plio-Quaternary Palu Formation.

Petrographic investigations show that Elazığ Magmatics is characterized by granite, granodiorite, tonalite, diorite, gabbro, quartz diorite, micro-diorite, diabase, basalt, andesite and dacite. In the granitic rocks biotite is dominant as mafic mineral, but in the dioritic rocks, amphibole is dominant. In the both rocks groups, magnetite is opaque mineral which exists widely.

The geochemical investigations of the Elazığ Magmatics show that the granitic rocks have subalkali and collisional granite (COLG) features. I - type granitoid characteristics, mafic mineral compositions, high molar proportions of A/NKC (>1), indications of K - rich origin and enrichment in Ce , Hf , Zr , Sm , Y and Yb , refer that Elazığ Magmatics is derived from a hybrid magma.

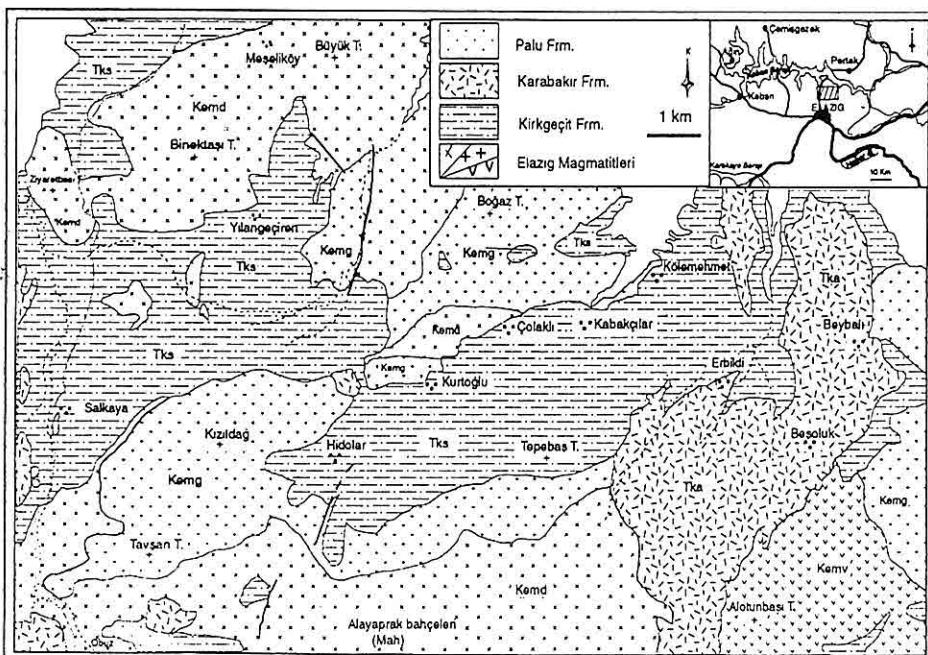
1. GİRİŞ

Elazığ'ın yakın kuzeyinde yer alan çalışma bölgesi, yaklaşık 100 km²'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1).

Daha önce yapılan pek çok çalışmada, Yüksekova Karmaşığı (Perinçek, 1979; Perinçek ve Özka, 1981; Yazgan, 1981; Bingöl, 1984, 1988; Akgül, 1993),

Baskılı Magmatitleri veya Baskılı Granitoyidi (Yazgan, 1984; Asutay, 1985, 1987; Akgül, 1991; Yazgan ve Chesseix, 1991) ile Elazığ Magmatitleri ya da Elazığ volkanik Karmaşığı (Hempton, 1984; Turan ve diğ., 1995; Akgül, 1997) olarak adlandırılan birim için bu çalışmada Elazığ Magmatitleri adı kullanılmıştır. Çalışmanın amacı, genel jeolojik özellikleri İnceöz (1994)

tarafından incelenmiş olan alandaki magmatik kayaçların petrolojik özelliklerini belirlemek ve bu özelliklerin birimin yüzeylediği diğer alanlarda belirlenmiş olan özelliklerle karşılaştırılmaktır. Böylece çok geniş alanlarda yayılmış sunan Elazığ Magmatitleri'nin petrografik ve petrolojik özelliklerinin daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunulacaktır. Bu amaçla arazi çalışmaları sırasında alınan örneklerden petrografik amaçlı kesitler hazırlanıp, incelenmiştir. Ayrıca 9 adet örneğin kimyasal analizleri Kanada-ACME Analitik Laboratuarlarında (ACME Analytical laboratories) ICP metodu ile yaptırılmış ve elde edilen sonuçlar diyagramlarda değerlendirilmiştir.



Şekil 1. İnceleme alanı jeoloji ve yer bulduru haritası (İnceöz, 1994'den değiştirilerek alınmıştır).

2. STRATİGRAFİ

Çalışma alanındaki en yaşlı birimi oluşturan Elazığ Magmatitleri; granitik kayaç grubu, diyorit grubu ve yüzey kayaçları olarak ayrılp haritalanmıştır (Şekil 1). Asidik bileşimli derinlik kayaçları (granit, granodiyorit ve tonalit) granitik grubu oluşturanken; diyorit, gabro, kuvars diyorit, mikrodiyorit, ve diyabaz gibi kayaçlar diyoritik grubu; bazalt, andezit ve dasit ise yüzey kayaçlarını oluşturur.

Arazide diyoritik topluluk genellikle yeşilimsi ve açık siyah renkleri, granitik kayaçlar ise kirli sarı ve pembemsi beyaz renkleriyle birbirinden kolaylıkla ayrılır. Bu birimler kendi içlerinde birbirleriyle iç içe bulunduklarından, ancak petrografik ve jeokimyasal olarak ayırmaları yapılmış, haritada ise grup olarak gösterilmiştir. Granitik kayaç grubu içerisinde granitler yoğun olarak bulunurken, granodiyorit ve tonalitler daha az oranda bulunur. Diyoritik birim içerisinde de yine diyoritler baskınken, diğer kayaç bileşimleri daha az oranda bulunmaktadır.

Elazığ Magmatitleri'nde yapılan çalışmalarda (Bingöl, 1984; Akgül, 1993; Akgül ve Bingöl, 1997) bazik bileşimli kayaçların ilk evrede oluşmasına karşın, asidik bileşimli kayaçların ikinci evrede oluştuğu belirtilir. Özellikle Keban ve Baskıl çevresinde daha yoğun olarak izlenen aplit ve lamprofir gibi dayklar ise en son evrede oluştuğu belirtilir. İnceleme alanında ise en son evreye karşılık gelen daykların izlenmemesine karşın, arazi gözlemlerine dayanarak

asidik bileşimli kayaçların bazik bileşimli kayaçlardan daha sonraoluştugu söylenebilir.

Çalışma alanının güneydoğusunda sınırlı bir alanda mostra veren yüzey kayaçları, daha çok bazalt, daha az olarak da andezitten oluşmuştur. Dasit ise çok daha az oranda bulunmaktadır. Arazide iç içe bulunan yüzey kayaçları koyu renkli, sert ve dayanıklı olmalarıyla kolaylıkla fark edilirler.

Elazığ Magmatitleri üzerinde uyumsuz olarak bulunan Orta Eosen-Üst Oligosen yaşlı Kırkçeşit Formasyonu oldukça geniş bir yayılım sunmaktadır. Çoğunlukla Konglomera, kumtaşı ve az oranda da marn ve masif kireçtaşlarıyla temsil edilen birim, çoğun tarım arazilerini oluşturan toprağımsı bir halededir. Kırkçeşit Formasyonu üzerinde açılı uyumsuzlukla bulunan Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Karabakır Formasyonu ise bazaltlarla temsil olunur. Çalışma alanında Elazığ-Pertek karayolunun batısında yayılım gösteren bazaltlar koyu siyah renkli, akıntı yapılı, oldukça sert ve dayanımlıdır. İnceleme alanında en genç birim olan Palu Formasyonu, Obuz köyü çevresinde sınırlı bir alanda yüzeylemeye olup, Elazığ Magmatitleri, Kırkçeşit Formasyonu ve Karabakır Formasyonu üzerinde uyumsuz olarak bulunur. Yer yer ince tabakalar halinde olan birim, daha çok toprağımsı bir görünümdedir.

3. ELAZIĞ MAGMATİTLERİNİN PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ

Arazi gözlemleri, petrografik bulgular

ve jeokimyasal verilere göre çalışma bölgesindeki kayaçlardan; asidik bileşimli olanlar granitik kayaç grubu içinde, bazik bileşimli kayaçlar diyorit grubu olarak, yüzey kayaçları ise ayrı bir grup olarak değerlendirilmiştir.

Granitik kayaçlar

Bu grup kayaçlarda yapılan petrografik incelemeler sonucunda kayaçların esas olarak kuvars, plajiyoklas, alkali feldispat, biyotit ve amfibolden meydana geldiği belirlenmiştir. Klorit, epidot, karbonat ve daha az oranda bulunan serizit ikincil ürünlerini oluştururken, sfen tali bileşen olarak bulunmaktadır. Ayrıca tüm kayaçlarda opak mineraller yaygın olarak görülmektedir.

Granüler doku gösteren bu kayaçlardaki mineraller genellikle iri kristallidir. Kayaçlardaki en baskın minerallerden biri olan kuvars, genellikle değişik boyutlu ve öz şekilsiz kristaller halinde ve dalgalı sönmelidir. İri kristalli kuvarslar genellikle çatlaklı iken küçük kristalleri ise ara boşlukları dolduracak şekilde gelişmiştir. Granodiyorit ve tonalitlerde alkali feldispatlara göre daha baskın olarak bulunan plajiyoklaslar, değişik boyutlarda ve öz-yarı özçekilli kristaller halindedir. Yoğun bir alterasyonlaşmanın görüldüğü alkali feldispatlarda pertitler çok sık olarak görülür. Daha çok ortoklas, daha az olarak da mikroklin olarak bulunan alkali feldispatlarda kayaç genelinde izlenen ikincil mineraller-klorit, epidot görülür. Granitlerde ortoklaslarla kuvarslar zaman zaman granofirik doku oluşturmaktadır.

56

Asidik kayaçlar içerisindeki mafik bileşenleri oluşturan biyotit ve amfiboller yarı öz ve özçekilsiz kristaller oluştururlar. Her iki mineralde de dilinimler ve çatlaklar boyunca klorit ve epidot mineralleri izlenmektedir. Kloritler çoğun, biyotitlerin alterasyonuyla oluşmuştur. Genellikle küçük kristalli biyotitlerin hemen hemen tamamının kloritleştiği, ancak yer yer kalıntı biyotitlere rastlandığı da belirlenmiştir. Epidotlar ise genellikle çatlaklara yerleşmiş, bazen yığışımalar şeklinde, yer yer de kloritlerle birlikte bulunmaktadır. Bu kayaçlardaki opak mineraller ise manyetit olarak tespit edilmiştir. Öz ve yarı özçekilli kristaller halinde bulunan manyetitlerin çatlak ve kenarları boyunca yer yer hematitler gelişmiştir.

Diyorit grubu kayaçlar

Bu grup kayaçlar esas olarak diyorit ve gabro, daha az oranda ise kuvars-diyorit gibi derinlik kayaçları ile bunları kesen mikrodiyorit ve diyabaz türü damar kayaçlarından oluşmaktadır.

Bu grup kayaçlar içerisinde en yoğun olarak bulunan diyoritler ve gabrolardır. Subhedral granüler doku gösteren bu her iki kayaçtan diyoritlerde plajiyoklas ve amfiboller esas mineralleri oluştururken, gabrolar plajiyoklas ve piroksenlerden meydana gelmiştir. Plajiyoklaslar, çoğunlukla prizmatik, yarı öz ve özçekilsiz kristaller halindedirler. Genellikle zonlu yapı ve ikizlenme gösteren plajiyoklaslarda ölçülen sönme açılarına göre anortit oranı, diyoritlerde

%42-47 arasında değişen andezin, gabrolarda ise %52-60 anortit içeriğine sahip labrador bileşiminde olduğu belirlenmiştir. Diyoritlerdeki mafik mineralleri oluşturan hornblendler, genelde özsekilsiz kristaller halinde iken, daha az oranda bulunan biyotitler ise, özsekilsiz ve genellikle dilinimler boyunca kloritleşmiş olup, açık ve koyu kahverengi arasında değişen pleokroizma rengine sahiptir.

Gabrolarda görülen piroksenler ise klinopiroksen türünde olup, oldukça iri kristalli, bol çatlaklı ve dilinimlidirler. Polarizasyon renkleri daha çok amfibollere benzeyen piroksenler uralitleşmiştir. Ayrıca yine bu piroksenlerde, özellikle çatlaklarda gelişmiş klorit ve epidotlar da bulunur. Her iki kayaçta da tali bileşen olarak, özsekilsiz küçük kristaller halinde bulunan kuvarslar ve zaman zaman yoğun olarak izlenen opak mineraller yer almaktadır.

Diyorit grubu kayaçlar içerisinde, diyorit ve gabrolardan sonraki çoklukta bulunan kuvars-diyoritler, mineralojik ve minerallerinin optik özellikleri bakımından diyoritlere benzerler. Arazideki yayılımları belirlenemeyen bu kayaçlar, mineralojik olarak kuvars oranındaki artış dikkate alınarak kuvars-diyorit olarak tanımlanmıştır. Diyoritlerden farklı olarak daha fazla kuvars içeren bu kayaçlardaki kuvarslar genellikle özsekilsiz ve iri kristalli olup, dalgalı sönmelidirler.

Yine bu grubu içinde tanımlanan mikrodiyoritler, plajiyoklas ve

amfibollerden oluşmuş olup, intersertal ve porfirik doku gösterirler. Diyabazlar ise plajiyoklas ve piroksen (genellikle uralitleşmiş) minerallerinin yanında, klorit ve daha az oranda da karbonat gibi ikincil mineraller içerir. Bunlar, özellikle piroksenlerin alterasyonlarıyla oluşmuşlardır. Genelde çok çatlaklı olan iri plajiyoklas kristallerinde ise çatlaklar boyunca serisitleşme izlenmektedir.

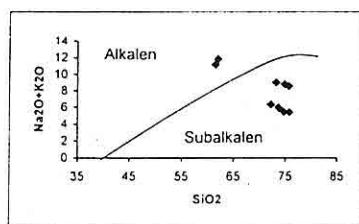
Yüzey kayaçları

Bazaltlar, bu grup kayaçlar içerisindeki en yaygın litolojiyi oluştururlar. Çoğun intersertal, daha az olarak mikrolitik ve porfirik dokunun görüldüğü kayaçlar, plajiyoklas, olivin ve piroksenlerden meydana gelmişlerdir. Camsı hamur malzemenin içinde mikrolit ya da fenokristal halinde bulunan plajiyoklaslardan özellikle fenokristaller bol çatlaklı ve çatlaklar boyunca altere olmuştur. Daha az oranda bulunan andezitler ise porfirik dokulu olup, esas olarak plajiyoklas çok daha az oranda da piroksen içermektedir. Her iki kayaçta da klorit, epidot, kalsit ve kuvars ikincil olarak bulunan bileşenlerdir.

Yüzey kayaçları grubu içerisinde ele alınan dasitler; kuvars ve plajiyoklaslardan meydana gelmiş olup, ayrıca amfibol, klorit, epidot ve opak mineral içerirler. Tipik olarak porfirik dokunun görüldüğü bu kayaçlarda, tüm mineraller değişik boyut ve şekillerde olup, dokusal özelliklerini desteklemektedir.

4. JEOKİMYA

Elazığ Magmatitlerine ait 9 örneğin Kanada ACME Analitik Laboratuarlarında yaptırılan ana element oksit, iz element ve nadir toprak element analizleri ile bazı parametre değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Analizi yapılan örneklerden ikisi dışındakiler (214, 224) asidik bileşimli örneklerle karşılık gelmektedir. SiO_2 içeriği açısından yakın değerlerde olan bu iki örneğin Ba, Rb, Sr, Zr ve Nb gibi elementlerce diğer örneklerle göre daha fazla zenginleşmiş olduğu (Tablo 1) ve farklılık oluşturduğu hemen tüm diyagramlarda görülür. Analizi yapılan örnek sayısı az ve bu örneklerdeki SiO_2 bileşenleri birbirine yakın değerlerde olduğundan, diğer ana oksit bileşenlerin SiO_2 'e göre değişimleri net olarak izlenememekte ancak molar oranlarının ($A/\text{CNK} > 1$) yüksek olduğu Tablo 1'de görülmektedir. Bu kayaçların analiz sonuçları toplam alkali ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) ve SiO_2 bileşenlerine göre değerlendirildiğinde (Irvine ve Baragar, 1971) iki örneğin (214, 224) dışındakilerin subalkalen bölgede yoğunlaştırıları görülür (Şekil 2).



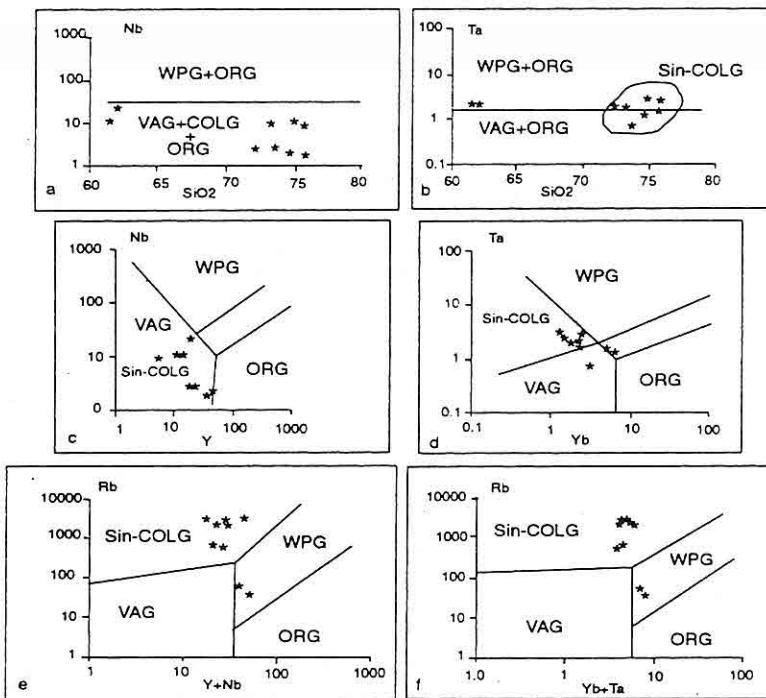
Şekil 2. Örneklerin $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ - SiO_2 diyagramındaki dağılımları (Irvine ve Baragar, 1971).

Örnekler, Pearce ve dig. (1984) tarafından geliştirilen ve %5 ve daha fazla oranda modal kuvars içeren bütün plütonlar için uygulanabilecek olan, granitoiydlerin tektonik sınıflandırma diyagramlarında değerlendirildiğinde, SiO_2 ve bazı elementlerin kullanıldığı diyagramlar (Şekil 3 b, d) ile, Rb-Y+Nb ve Rb-Yb-Ta bileşenlerinin kullanıldığı diyagramlarda (Şekil 3 e, f), 214 ve 224 no'lú örneklerin çarışma granitoydleri (COLG) bölgesinden farklı olarak yay granitoydleri (VAG) ya da levha içi granitoydler (WPG) alanında yer almalarına karşın diğer örneklerin tüm bu diyagramlarda (Şekil 3 a, b, c, d, e, f) çarışma granitoydleri (COLG) alanında bulundukları görülür. Yine örneklerin Pearce ve dig. (1984) tarafından önerilen okyanus sırtı granitoydlerine (ORG) normalleştirilmiş element dağılımları incelendiğinde K_2O , Rb, Ba, Th, Ta ve Nb gibi elementlerin çarışma ganitoidi örnekleri ile uyumlu, diğer elementlerin ise COLG'e göre daha zenginleşmiş olduğu görülür (Şekil 4). Araştırmacılar tarafından tanımlanan bu çarışma granitoydleri, Harris ve dig.'nin (1986) tanımladığı çarışma ile eş yaşı peralümin karakterli granitoyidlere karşılık gelmektedir. Şekil 5'a ve b'de 184 ve 208 no'lú örnekler dışındaki diğer örnekler çarışma granitoydleri (COLG) alanında yer alır. Çalışma bölgesindeki asidik bileşimli kayaçların peralümin özellikle olduğu $A/\text{CNK}-A/\text{NK}$ ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) molar oranlarının esas alındığı diyagramlarda da (Shand, 1951)

ELAZIĞ YAKIN KUZEYİNDEKİ MAGMATİTLERİN PETROG.VE JEOKİMYASAL ÖZEL.

Tablo 1. Granitoyidlere ait kimyasal analiz sonuçları.

Örn.no	179	184	187	188	200	204	208	214	224
SiO ₂	73,16	75,7	75,65	72,17	74,85	73,61	74,66	61,99	61,49
Al ₂ O ₃	13,97	12,86	12,9	14,41	13,54	13,48	13,15	17,08	16,46
FeO*	2,12	2,49	2,02	3	1,33	2,94	2,86	4,78	6,83
MgO	0,09	1,07	0,1	0,62	0,09	0,61	1,07	0,13	0,14
CaO	1,02	1,09	0,92	2,68	0,98	2,6	1,47	3,17	2,68
Na ₂ O	4,28	5	2,57	4,25	4,14	4,1	5,15	2,85	2,64
K ₂ O	4,77	0,41	6,02	2,1	4,67	1,89	0,3	9,01	8,54
TiO ₂	0,11	0,4	0,06	0,24	0,11	0,22	0,45	0,22	0,16
P ₂ O ₅	<0,01	0,03	<0,01	0,04	0,06	<0,01	0,04	<0,01	0,09
MnO	0,05	0,03	0,02	0,07	0,03	0,07	0,04	0,05	0,05
Cr ₂ O ₃	0,017	0,013	0,015	0,013	0,018	0,018	0,016	0,01	0,011
LOI	0,8	0,9	0,1	0,3	0,3	0,4	0,8	1,3	1,3
Topl.	100,47	100,03	100,43	100	100,2	99,99	100,05	100,82	100,6
Ba	358	58	281	683	367	164	33	1260	1218
Rb	2570	66	3370	758	2688	660	45	3640	3333
Sr	177	97	127	126	167	107	113	449	439
Zr	112	119	52	95	119	93	134	229	173
Nb	11,2	2,1	10,4	2,9	12,8	3,2	2,5	22,9	12,9
Ni	.26	<20	<20	<20	<20	20	<20	<20	<20
Sc	<10	16	<10	<10	<10	10	16	<10	<10
Y	10,5	36,7	6	17,7	14,7	22,5	47	19,1	13,9
La	30,4	11,2	14,1	7,8	9,5	10,4	12,2	11,5	10,3
Ce	40	20,8	15,5	8,8	15,8	13,7	21,1	21,9	20,3
Nd	10,55	18,27	5,41	6,86	9,6	9,33	18,18	17,17	16,57
Sm	1,29	4,18	0,7	1,51	1,44	1,93	4,27	2,75	2,67
Eu	0,43	1,04	0,33	0,82	0,4	0,6	1,16	0,85	0,87
Gd	1,62	5,18	0,88	2,06	1,72	2,71	5,59	2,61	2,3
Tb	0,3	1,28	0,19	0,49	0,34	0,66	1,42	0,55	0,44
Dy	1,58	6,58	0,88	2,71	1,78	3,41	7,71	2,69	2
Ho	0,33	1,41	0,2	0,6	0,43	0,77	1,67	0,58	0,39
Er	1,18	4,4	0,76	1,94	1,52	2,36	5,01	1,74	1,23
Tm	0,19	0,67	0,13	0,3	0,26	0,38	0,77	0,27	0,17
Yb	1,69	4,9	1,24	2,26	2,33	2,97	6,11	2,17	1,43
Lu	0,21	0,59	0,16	0,28	0,29	0,36	0,68	0,27	0,18
Hf	5,1	5,8	4,3	4,9	5,5	4,7	7,2	8,1	6,2
Ta	2,1	1,8	3,4	1,9	3,1	0,8	1,5	2,3	2,5
Th	21,8	2,2	27,1	4,6	112,4	4,6	2,4	9,2	4,8
U	3,2	0,6	8,7	1,2	17	1,1	4	6,6	6,3
NKC	10,07	6,5	9,51	9,03	9,79	8,59	6,92	15,03	13,86
A/NKC	1,3873	1,9785	1,3565	1,5958	1,383	1,5693	1,9003	1,1364	1,1876
A/NK	1,5436	2,3771	1,5017	2,2693	1,5369	2,2504	2,4128	1,4401	1,4723



Şekil 3. Örneklerin iz element karakteristiklerine göre, Pearce ve dig. (1984) tarafından önerilen tektonik ayırım diyagramlarındaki dağılımları.

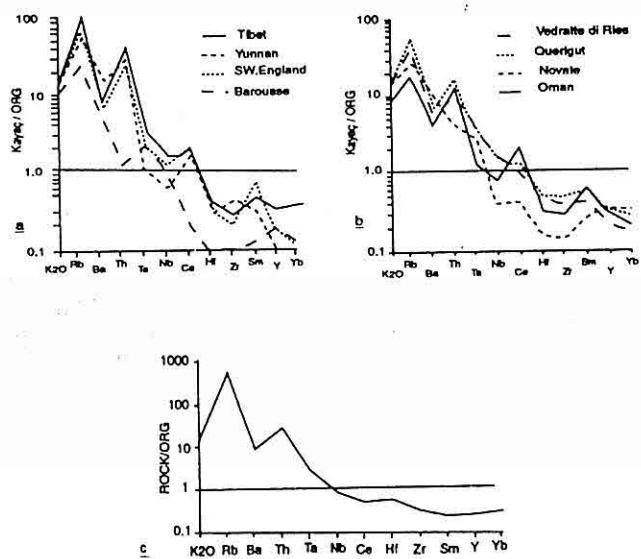
görmektedir (Şekil 6).

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

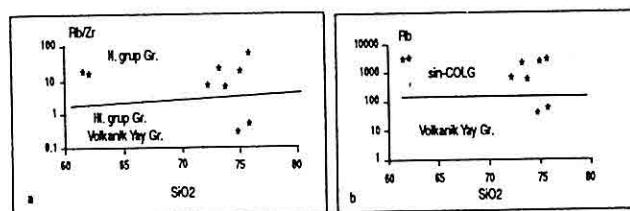
Elazığ ve çevresinde geniş yayılım gösteren Elazığ Magmatitleri'nin bir bölümünün ele alındığı bu çalışmada, magmatitlerin petrografik özelliklerinin yanında, asidik bileşimli derinlik kayaçlarının jeokimyasal özellikleri tanımlanmıştır.

Arazi gözlemleri ve petrografik incelemeler esas alınarak üç birim halinde incelenen magmatitlerde, diyoritik birim ve yüzey kayaçlarının ilk evrede, asidik bileşimlilerin ise ikinci evrede oluşu düşünülmektedir.

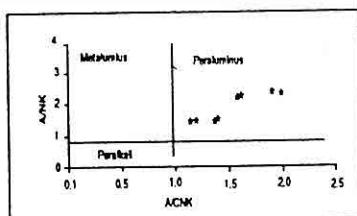
Konuya ilgili yapılan çalışmalarla; magmatiklerin üçüncü ve en son evresine karşılık geldiği belirlenen aplit ve lamprofirler (Akgül, 1991-1993; Akful ve Bingöl, 1997), Keban ve Barkıl çevresinde yaygın olarak izlenirken çalışma bölgesinde görülmemektedir. Elazığ Magmatitleri'nin oluşumu hakkında farklı görüşlerin ileri sürüldüğü pek çok çalışmada; Yazgan (1981) ve Asutay (1987) bu magmatitlerin kıta kenarı magmatizması ürünü olduğunu belirtirken, Akgül (1991), Baskılı magmatitlerinin granitik ve diyoritik bileşimli olduğunu, granitlerin çarışma kökenli, diyoritlerin ise



Şekil 4. Farklı çarpışma granitoyidlerinin, okyanus sırtı granitoyidlere (ORG) normalleştirilmiş iz element gidişleri (Pearce ve diğ. 1984). a: Çarpışma ile eş zamanlı volkanitler, b: Çarpışma sonrası granitoyidliler, c: Elazığ Magmatitlerine ait granitoyidliler.



Şekil 5. Örneklerin iz element karakteristiklerine göre, Harris ve diğ. (1986) tarafından önerilen tektonik ayırım diyagramlarındaki dağılımları.



Şekil 6. Örneklerin A/NK - A/CNK (Shand, 1951) diyagramındaki dağılımları.

volkanik yay kökenli olduklarını ileri sürer. Araştırmacı, farklı iki kökenli bu magmatitlerin oluşumunun yitim mekanizmasıyla değil de çarışma ile açıklanabileceğini belirtmiştir. Bingöl (1984), Akgül (1993) ile Akgül ve Bingöl (1997) ise, Elazığ Magmatitleri'nin kısmen okyanusal, kısmen de kıtasal kabuk üzerinde gelişen ada yayı ürünleri olduğunu ileri sürmektedirler. Turan ve

diğ. (1995) ise Elazığ Magmatitleri'ni Bitlis-Pütürge Masifi ile Keban Metamorfitleri arasında gelişen ve Neotetis'in bir kolu durumunda olan okyanus tabanı ve yay malzemesi ürünü olduğunu belirtirler. Bingöl ve Beyarslan'da (1996), Elazığ Magmatitleri'nin yay magmatizması ürünü olduğunu benimsemişlerdir.

Granitik kayaçlarda yapılan arazi gözlemleri ile petrografik ve jeokimyasal veriler dikkate alındığında, kayaçların geniş yayılmış oldukları, muskovitin bulunmadığı, opak mineral olarak manyetitin bulunduğu, normatif diyopsidin varlığı, Na_2O oranının genellikle %3.2'den fazla olduğu gibi özellikler belirlenmiş ve bunların, Chappel ve White (1974) ile White ve Chappel (1977) tarafından tanımlanan I-tipi granitoid özelliğinde olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak, kayaçlardaki biyotitin amfibollerden baskın olması ve molar oranlarının (A/CNK)>1 olması ise S-tipi granitoidlerle uygunluk gösterir. Bu kayaçlardaki molar oranlarının yüksekliği biyotit gibi Al oranı yüksek minerallerin varlığıyla açıklanabilir.

Jeokimyasal verilerin değerlendirilmesi sonucunda subalkalin karakterli, $\text{K}_2\text{O}'\text{ce}$ zengin, peralümin özelliğinde olduğu belirlenen granitik kayaçların, çok sayıdaki tektonik ayırım diyagramındaki dağılımları soncu ise, çarışma granitoidleri (COLG) özelliğinde olduğu belirlenmiştir. Ancak, örneklerin jeokimyasal verileri ve bölgenin jeotektonik evrimi dikkate alındığında bu

çarışmanın yay-kıta şeklinde geliştiği söylenebilir. Bu durum örnek sayısı yetersiz olmakla beraber, diyoritik bileşimdeki iki örneğin diyagramlardaki davranışları ile de kendini gösterir. Ayrıca örneklerdeki Ce, Hf, Zr, Sm, Y ve Yb gibi elementlerin çarışma granitoidlerine göre zenginleşmiş olması ve kıtasal litosfere sokulum yapan granitoidlerle uygunluk göstermesi kıtasal kabuktan etkilendiğine işaret eder. Benzer şekilde K_2O , Sr, Ba ve özellikle de Rb gibi elementlerin çok yüksek değerlere sahip olması (Tablo 1), bu granitoidlerin kabuksal etkileşimi desteklemektedir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Fırat Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir. Katkılarından dolayı Araştırma Fonu Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

6. KAYNAKLAR

Akgül, B. 1993. Piran köyü (Keban) çevresindeki magmatik kayaçların petrografik ve petrolojik özellikleri, Doktora Tezi, F. Ü. Fen Bilim. Enst., 125s.

Akgül, B. ve Bingöl, A. F., 1997. Piran köyü (Keban) çevresindeki magmatik kayaçların petrografik ve petrolojik özellikleri, Selçuk Ü. Müh. Mim. Fak. 20. Yıl Jeoloji Semp., 13-24.

Akgül, M., 1991. Baskıl (Elazığ) granitoidinin petrografik ve petrolojik özellikleri, Geosound/Yerbilimleri, 18, 67-78.

Asutay, H. J., 1985. Baskıl (Elazığ)

- çevresinin jeolojisi ve petrografik incelenmesi, Doktora Tezi, A.Ü. Fen Bilim. Enst., 156s. (yayınlanmamış).
- Asutay, H. J., 1987. Baskil (Elazığ) çevresinin jeolojisi ve Baskil magmatitlerinin petrolojisi, MTA. Enst. Derg., 106, 55-61.
- Bingöl, A. F., 1984. Geology of the Elazığ area in the Eastern Taurus region. *Geology of the Taurus Belt*, 209-217.
- Bingöl, A. F., 1988. Petrographical and petrological features of intrusive rocks of Yükseova Complex in the Elazığ region (Eastern Taurus - Turkey). *The Journal of Firat Univ., Science and Technology*, 3/2, 1-17.
- Bingöl, A. F. ve Beyarslan, M., 1996. Elazığ Magmatitlerinin jeolojisi ve petrolojisi, KTÜ. Jeol. Müh. Böl. 30. Yıl Semp. Bild., 208-224.
- Chappel, B. W. ve White, A. J. R., 1974. Two contrasting granite types. *Pac. Geol.*, 8, 173-174.
- Harris, N. B. W., Pearce, J. A. ve Tindle, A. G., 1986. Geochemical characteristics of collision-zone magmatism, In M.P. Coward & A.C. Ries (Eds), *Collision Tectonics*, Geological Society of London Special Publication, 19, 67-81.
- Hempton, M . R., 1984. Results of detailed mapping near Lake Hazar (Eastern Taurus Mount.) In: O. Tekeli ve M.C. Göncüoğlu (eds.), *Geology of the Taurus Belt Int. Symp. Proceedings*, 223-228.
- İnceöz, M., 1994. Harput (Elazığ) yakın kuzeyi ve doğusunun jeolojik özellikleri. Doktora Tezi. F.Ü. Fen Bil. Enst. 112s., (yayınlanmamış).
- Irvine, R. W. Ve Baragar, W. R. A., 1971. A Guide to the chemical classification of the common volcanic rocks Can. Jour. of Earth Sci. 8, 523-548.
- Pearce, J. A. Harris, N. B. W. ve Tindle, A. G., 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonics interpretation of granitic rocks. *Jour. of Petrol.*, 25, 954-983.
- Perinçek, D., 1979. Palu - Karabegan - Elazığ-Sivrice -Malatya alanının jeolojisi ve petrol imkanları, T.P.A.O. Rapor No: 1361 (Yayınlanmamış).
- Perinçek, D. ve Özkaya, I., 1981. Arabistan Levhası kuzey kenarının evrimi. H.Ü. Yerbilimleri, 8, 91-101.
- Shand, S. J., 1951. Eruptive rocks. Their genesis, composition, classification and their relations to ore deposits, John Wiley, New York, 44p.
- Shand, S.J., 1951. Eruptive rocks. Their genesis, composition, classification, and their relations to ore deposits, John Wiley, New York, p.44.
- Turan, M. Aksoy, E. ve Bingöl, A. F., 1995. Doğu Torosların jeodinamik evriminin Elazığ civarındaki özellikleri, F. Ü. Fen ve Müh. Bil. Derg., 7/2, 1-23.
- White, A. J. R. ve Chappel, B. W., 1977. Ultramethamorphism and granitoid genesis, *Tectonophysics*, 43, 7-22.
- Yazgan, E., 1981. Doğu Toroslar'da etkin bir kita kenarı etüdü (Üst Kretase-Orta Eosen) Malatya-Elazığ, Doğu Anadolu. H.Ü. Yerbilimleri, 7/1, 83-104.
- Yazgan, E., 1984. Geodynamics

KÜRÜM VE TAŞKIN

evolution of the Eastern Taurus region.
In: O.Tekeli ve M.C. Göncüoğlu (eds.),
Geology of the Taurus Belt Int. Symp.
Proceedings, 199-208.

Yazgan, E. ve Chessex, R., 1991,
Geology and tectonic evolution of the
South - eastern Taurides in the region
of Malatya. Türk. Petrol. jeol. Der. Bült.,
3/I, 1-42.

ELAZIĞ İLİ İÇME VE KULLANMA SULARININ HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Özlem ÖZTEKİN ve Bahattin ÇETİNDAĞ

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

ÖZET: Çalışma, Elazığ il merkezi ve yakın çevresini kapsamaktadır. Elazığ ve yakın çevresinde yaşları Paleozoyik'ten Senozoyik'e kadar değişen birimler yüzeylemektedir. Bu çalışmada incelenen birimler yaşıdan gence doğru Permo-Triyas yaşlı Keban Metamorfitleri, Senonyien yaşlı Elazığ Magmatitleri, Maestrichtian-Alt Eosen yaşlı Hazar Grubu, Orta Paleosen-Alt Eosen yaşlı Seske Formasyonu, Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı, Lütésiyen-Üst Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu ve Pliyosen göl oluşuklarıdır.

Bölgelerde su taşıyan formasyonlar Keban Metamorfitleri, Elazığ Magmatitleri, Seske Formasyonu, Kırkgeçit Formasyonu, Pliyosen çakıltaşları ile silt ve kumtaşlarıdır.

Kimyasal analiz sonuçlarına göre kaynak ve kuyu sularında bulunan başlıca anyon ve katyonların kökenleri açıklanmış, çizilen diyagramlar yardımıyla suların kimyasal bileşimlerinin litolojiyle ilişkileri ortaya konulmuş, ayrıca sular birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Magmatik kayaçlardan beslenen suların mineralizasyonları, sedimentler kayaçlardan beslenenlere oranla oldukça düşüktür. Ca^{+2} , Mg^{+2} ve HCO_3^- sularda en fazla bulunan iyonlardır.

THE HYDROGEOCHEMICAL PROPERTIES OF DRINKING AND USING WATERS OF ELAZIĞ

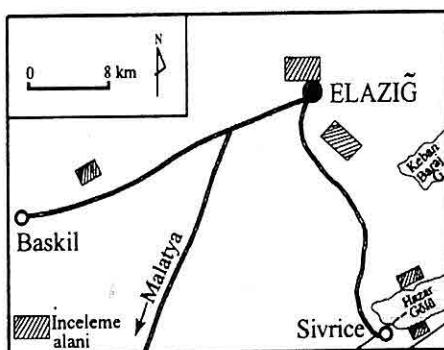
ABSTRACT: This study includes the city of Elazığ and its close vicinity. There are various aged units crop out in Elazığ. The age of these units range from Paleozoic to Cenozoic. Permo-Triassic Keban Metamorphics, Maestrichtian-Lower Eocene Hazar Group, Middle Paleocene-Lower Eocene Seske Formation, Middle Eocene Maden Complex, Lutetian-Upper Oligocene Kırkgeçit Formation and Pliocene lagunar formations crop out in the investigated areas.

Keban Metamorphics, Elazığ Magmatics, Seske Formation, Kırkgeçit Formation, Pliocene aged conglomerates, silt and sandstone are the aquifer formations in the studied areas.

The origin of anions and cations is determined by the chemical analysis of water samples. There are various diagrams used to deduce the relationship between the water chemistry and lithology, and to make hydrochemical correlations between water samples. The mineralization of waters recharging from magmatic rocks is lower than the waters recharging from sedimentary rocks. Ca^{+2} , Mg^{+2} and HCO_3^- are the major ions in the water samples.

1. GİRİŞ

Çalışma alanı Elazığ il merkezi ve yakın çevresidir (Şekil 1). Bu çalışmada Elazığ'daki içme ve kullanma sularının fiziko-kimyasal karakterleri, sularda bulunan başlıca anyon ve katyonların kökenleri aydınlatılmaya çalışılmıştır. Çalışma alanı ve çevresinde daha önce değişik amaçlı jeoloji incelemeleri yapılmıştır. Bu çalışmalarдан bazıları Bulut (1978), Doğru ve diğerleri (1970), Perinçek (1979a), Özkul (1988), Bingöl (1996), Çetindağ (1989), Turan (1984), Asutay (1985), Öztekin (1998) vb.dir.



Şekil 1. Çalışma alanlarının yer belirleme haritası.

2. JEOLOJİ

Çalışma alanında Paleozoyik yaşı metamorfik kayaçlar, Mesozoyik yaşı magmatik kayaçlar ve Senozoyik yaşı çeşitli oluşuklar vardır.

2.1. Keban Metamorfitleri (Permo-Triyas)

Çalışma alanında rekristalize kireçtaşları ile temsil olunan birim en geniş yayılımını Keban ilçesi çevresinde

sunmaktadır. Birim ilk defa Özgül (1976) tarafından adlanmış ve Batı Toroslar'da görülen Alanya Birliği'ne dahil edilmiştir. Formasyona ait rekristalize kireçtaşları kıraklı ve çatlaklı olup, kimi yerde erimeli yapı gelişmiştir. Coğunlukla kaba, masif görünüslü olup, bantlar ve mercekler halinde dolomiteşme gözlenmektedir (Çetindağ, 1989). Bölgede yapılan daha önceki çalışmalarla göre yaşı Permo-Triyas'tır.

2.2. Elazığ Magmatitleri (Senonyien)

Genel olarak bölgede derinlik, damar ve yüzey kayaçları ile temsil edilen bir karmaşıktır. Bunlar diorit, andezit, diyabaz, bazaltik yastık lav, tuf ve mor spilitleşmiş volkanitlerdir.

Karmaşık üzerinde yapılan daha önceki çalışmalarla (Perinçek, 1979a; Çetindağ, 1989) Senonyien olarak yaşılandırılmıştır.

2.3. Hazar Grubu (Meastrıhtıyen-Alt Eosen)

Birim ilk olarak Rigo de Righi ve Cortesini tarafından Hazar üyesi olarak tanımlanmıştır (Gürocak, 1993).

Hazar Gölü'nün doğusunda gri renkli kumtaşı-silttaşlı, marn ve şeyl ardalanmasıyla temsil edilir. Temelde çakıltaşları bulunur ve gri-kahve renkli şeyl ve kireçtaşlarıyla üstte doğru devam eder. Kireçtaşları gri renkli ve killidir.

2.4. Seske Formasyonu (Orta Paleosen-Alt Eosen)

Seske Formasyonu bölgede Kuşçular Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Tabanda gri-beyaz renkli

kumtaşları ile başlayan birim üstde doğru dereceli olarak kireçtaşlarına geçiş göstermektedir. Genel olarak görünümü masif olup, üst seviyelere doğru ortakalın tabakalanma sunar. Daha önceki çalışmalara göre yaşı Orta Paleosen-Alt Eosen'dir (Çetindağ, 1989).

2.5. Maden Karmaşığı (Orta Eosen)

Maden karmaşığı en geniş yüzeylemelerini maden bölgesinde sunar. Birim, tabanda ince çakıltaşı seviyesi ile başlar. Volkanik arakatkılı kırmızı ve gri renkli çamurtaşları, andezit ve bazaltlarla üstde doğru devam eder. En üst seviyelerde ise volkanik breşler yer almaktadır.

2.6. Kırkgeçit Formasyonu (Lütesyen-Üst Oligosen)

Formasyon bölgede tabanda ince bir çakıltaşı - seviyesi ile başlamakta, karbonat çimentolu kumtaşı, marn, kumlu-killi kireçtaşı ardalanması şeklinde bir litoloji sunmaktadır. Daha önce yapılan çalışmalara göre Formasyonun yaşı Lütesyen - Üst Oligosen'dir (Turan, 1984; Çetindağ, 1989).

2.7. Pliyosen Çökelleri

2.7.1. Çakıltaşları

Bölgедe çakıltaşı, kaba taneli kumtaşı, silt, yer yer kalişi-karbonatlı çökellerle temsil edilmektedir. Çakıltaşının kırıntıları zayıf, kumlu bir çimento ile tutturulmuştur. Çoğu yerde çakıllar serbest halededir.

2.7.2. Silt ve kumtaşı

Kahverengi kil, silt ve kireçtaşı

yumrulu birimlerle, bunların arasında kama ve mercek şeklinde ince kum ve küçük çakılı seviyelerden oluşan bir litoloji ile temsil edilmektedir. Alt seviyelerinde yer yer ara seviyeli kaliç türü kireçtaşı ve jipsli seviyeler gözlenmektedir.

2.7.3. Gölsel kireçtaşları

Bunlar kirli beyaz ve gri renkte olup üzerlerinde düzensiz karst yapıları gözlenmektedir. Yatay tabakalı ve oldukça kırılgandırlar. Tabanda pizolitik kireçtaşları ile başlamaktadır. Daha önceki yıllarda yapılan çalışmalarda birim Villafransiyen olarak yaşılandırılmıştır (Çetindağ, 1989).

2.7.4. Kil

Bölgенin ova kesimlerinde yüzeylenmektedir. Merkeksi bir konumda olup, açılan sondajlarda 60-70 metrelük bir kalınlığa sahip olduğu gözlenmiştir.

3. HİDROJEOLİJİ

3.1. Yeraltı Suyu Taşıyan Formasyonlar

Bölgедe su taşıyan formasyonlar Keban Metamorfitleri, Elazığ Magmatikleri, Seske Formasyonu, Pliyosen çakıltaşları, silt ve kumtaşıdır.

Keban Metamorfitlerine ait kristalize kireçtaşlarının birincil gözeneklilikleri oldukça düşüktür. Ancak bunlar metamorfizmadan sonra ve bölgede meydana gelen tektonizmaya bağlı olarak çataklı ve kırıklı bir yapı kazanmışlardır. Bu çataklı ve kırıklı yapı karstlaşmayı daha da geliştirmiştir. Böylece kayaçlarda ikincil gözenekliliğe bağlı geçirimlilik oldukça yüksek değerler

almış olduğundan su depolayabilmektedirler.

Elazığ Magmatitlerine ait magmatik ve volkanik kayaçların birincil gözeneklilikleri oldukça düşüktür. Bu kayaçlarda gelişen bozusma, çatlak ve kırık sistemleri ikincil gözeneklilik ve geçirimlilik oluşturmuşturlardır. Böylece bu kayaçlar da yeraltı suyu depolayabilme kapasitesi kazanmışlardır. Elazığ Magmatitleri ile Keban Metamorfitlerinin dokunaklarından bol miktarda su boşalımı vardır.

Seske Formasyonuna ait kireçtaşları, çatlaklı, kırıklı, erime boşluklu ve faylı bir yapıda olmaları nedeniyle bol miktarda su depolayabilmektedirler (Çetindağ, 1989).

Kırkgeçit Formasyonunun tavan birimini oluşturan kireçtaşları birincil ve ikincil gözeneklerinden su verebilmektedirler.

Pliyosen çakıltaşları gözeneklilik ve geçirimliliğinin yüksek değerlerde olması nedeniyle iyi bir akifer özelliği sunarlar.

3.2. Su Kimyası

Elazığ ili içme ve kullanma sularını karşılayan kaynak ve kuyulardan değişik tarihlerde alınan su örneklerinin kimyasal tahlilleri Tablo 1' de verilmiştir.

Karaçalı Kaynaklarında (K_1, K_2) Ca^{+2} iyonu katyonlarının %35.83'ü ile %49.86 mek/l'si arasındadır. Bu iyon amfibol, piroksen ve plajiyoklas gibi silikat minerallerinin bünyesinde bulunan Ca^{+2} 'nin çözünmesi ile yeraltı sularına geçmiş olmalıdır. Bölgede yüzeyleyen Elazığ Magmatitlerinde yapılan kayaç

analizlerinde (Bingöl ve Beyarslan, 1996) CaO miktarı gabro grubu kayaçlarda %6.55- %15.94; diyoritlerde ise %7.48- %14.59 arasındadır. Görüldüğü gibi kayaç analiz neticeleri suyun kimyasal analiz neticelerini destekler niteliktedir. Diğer kaynak ve kuyulardaki yüksek Ca^{+2} iyonu bölgede geniş alanlar kaplayan kireçtaşlarının CO_2 'li sularla çözünmesiyle yeraltı suyuna geçmiş olmalıdır.

Sularda bulunan Mg^{+2} iyonunun kaynağını dolomit, magmatik kayaçlardaki olivin, biyotit, hornblend, ojít ve metamorfik kayaçlardaki serpentin, talk, diyopsit, tremolit oluşturmaktadır (Şahinci, 1991). Sulardaki Mg^{+2} iyonu katyonların %17.69- %57.63 mek/l'sini oluşturur.

Sulardaki Na^+ değeri %2.27-%35.63 arasındadır. Na^+ iyonunun çoğunuğu, magmatik kayaçlardaki sodyumlu feldspatların ve plajiyoklasların bozusması ile yeraltı suyuna geçmiş olmalıdır. Bu iyon ayrıca kil minerallerinin baz değişimini sonucu da yeraltı suyuna geçmiş olabilir.

K^+ iyonu sularda %0.24-%1.23 arasında olup oldukça düşük değerdedir. K^+ , magmatik kayaçların bünyesinde bulunan mika, feldspat (ortoklas, mikroklin) gibi minerallerin bozusması ile suya geçmiş olmalıdır. Ayrıca kumtaşlarındaki potasyum feldspat, potasyum mika ve glokonit gibi potasyum mineralleri de yeraltı sularındaki K^+ 'un kaynağıdır.

İncelenen sulardaki Cl^- değeri anionlarının %3.19-%28.27 mek/l'sini

Tablo 1. İnceleme alanındaki kaynak ve kuyu sularının kimyasal tahlil sonuçları

Kuyu ve Kaynak İsmi	Ca^{+2} mg/l	Mg^{+2} mg/l	Na^+ mg/l	K^+ mg/l	Cl^- mg/l	SO_4^{2-} mg/l	HCO_3^- mg/l	EC mho/cmho	Sertlik $^{\circ}\text{C}$	pH	Suların Suyu Sınıfı	Besendiği Formasyon									
K ₁ nolu Karapaklı Kaynağı	14,8	0,74	14,28	1,19	3	0,13	0,2	0,095	2,13	0,06	3,0	0,63	42,7	0,7	50	8,07	11,6	0,13	9,65	C ₁ -S ₁	Elazığ Mağmatitleri
K ₂ nolu Karapaklı Kaynağı	18,2	0,91	9,36	0,78	3	0,13	0,2	0,095	2,84	0,08	4,0	0,083	36,6	0,6	50	8,33	8,8	0,14	8,45	C ₁ -S ₁	Elazığ Mağmatitleri
S ₁ nolu kuyu	46,6	2,33	30,6	2,55	5,2	0,23	0,9	0,02	6,39	0,18	16,0	0,33	183,0	3,0	280	7,41	17,9	0,15	24,4	C ₂ -S ₁	Elazığ Mağmatitleri+ Hazar-Maden Karstlığı
S ₂ nolu kuyu	63,4	3,17	26,16	2,18	6,9	0,3	1,2	0,03	14,2	0,4	28,5	0,59	286,7	4,7	560	7,8	16,3	0,11	26,75	C ₂ -S ₁	Elazığ Mağmatitleri+ Hazar-Maden Karstlığı
S ₃ nolu kuyu	53,2	2,66	13,92	1,16	3,7	0,16	1	0,026	4,26	0,12	21,0	0,44	195,2	3,2	370	7,8	18	0,12	19,1	C ₂ -S ₁	Elazığ Mağmatitleri+ Hazar-Maden Karstlığı
N ₁ nolu kuyu	27,8	1,39	5,04	0,42	4,2	0,18	0,9	0,023	4,26	0,12	10,0	0,21	103,7	1,7	180	7,88	-	0,19	9,05	C ₁ -S ₁	Pliyosen silt ve kumtauşı
N ₂ nolu kuyu	118,4	5,92	29,16	2,43	6,2	0,27	1,3	0,03	63,9	1,8	64,0	1,33	213,5	3,5	800	7,27	18,2	0,13	41,75	C ₂ -S ₁	Pliyosen silt ve kumtauşı
N ₄ nolu kuyu	48,8	2,44	34,48	2,9	3,8	0,17	1,1	0,03	7,1	0,2	10,0	0,21	256,2	4,2	420	7,76	16,9	0,1	26,7	C ₂ -S ₁	Keban Metamorfitleri
Hacıoğlu Kaynağı	52,8	2,64	7,2	0,6	2,8	0,12	1,3	0,03	2,84	0,08	12,0	0,25	128,1	2,1	220	7,95	17,8	0,09	16,2	C ₁ -S ₁	Seske ve Küçük F.
M ₁ nolu kuyu	47,0	2,35	38,76	3,23	2,9	0,13	0,6	0,015	22,72	0,64	21,0	0,44	237,9	3,9	540	7,68	15,8	0,08	27,9	C ₂ -S ₁	Pliyosen silt ve kumtauşı
616 nolu kuyu	102,5	5,13	40,5	3,38	100,6	4,37	4,2	0,11	109,8	3,09	188,6	3,93	352,3	5,78	1340	7,8	-	2,12	42,55	C ₃ -S ₁	Pliyosen silt ve kumtauşı
1733 nolu kuyu	60,8	3,04	36,4	3,03	78,5	3,41	3,6	0,09	96,4	2,72	126,2	2,63	260,6	4,27	980	8,1	-	1,96	30,35	C ₃ -S ₁	Pliyosen silt, kumtauş ve çakılış
S ₆ nolu kuyu	47,6	2,38	22,6	0,88	13,5	0,59	1,6	0,04	14,8	0,42	50,5	1,05	235,8	3,87	590	6,9	-	0,4	21,3	C ₂ -S ₁	Pliyosen silt, kumtauş ve çakılış
S ₁₁ nolu kuyu	26,8	1,34	36,5	3,04	20,6	0,9	1,5	0,04	30,6	0,86	55,8	1,16	185,4	3,04	380	7	-	0,61	21,9	C ₂ -S ₁	Pliyosen silt ve kumtauş+Kırkgöz F.
S ₁₄ nolu kuyu	40,6	2,03	15,8	1,32	15,7	0,68	1,9	0,05	10,5	0,3	45,2	0,94	188,6	3,09	502	6,8	-	0,53	16,75	C ₂ -S ₁	Pliyosen silt ve kumtauş+Kırkgöz F.

oluşturmaktadır. Bu iyonun kaynağı yağmur suları ve Pliyosen göl oluşuklarındaki tuzlu seviyelerdir.

SO_4^{2-} , %4.56-%30.7 arasında olup Elazığ Magmatitlerinden beslenen kuyu ve kaynaklarda pirit (FeS_2)'in oksidasyonu ile oluşan demir (II) sülfat (FeSO_4), diğer kuyu ve kaynaklarda ise Pliyosen göl oluşuklarında ve Kırkçeşit Formasyonunda bulunan jips ve anhidrit seviyelerinden kaynaklanmaktadır.

Kaynak sularında olduğu gibi kuyu sularında da oldukça yüksek değerlerde bulunan HCO_3^- , karbonatlı kayaçların CO_2 'li sularla çözünmesi ile zenginleşmiştir. Bu iyonun değeri % 44.39- % 91.1 oranındadır (Öztekin, 1998).

3.2.1. Suların Diyagramlarla

Gösterilmesi

Kaynak ve kuyu sularında yapılan tahlillerle yarı logaritmik Schoeller diyagramları çizilmiştir (Schoeller, 1962) (Şekil 2).

Diyagamlarda N_1 ile S_{14} nolu kuyuların, N_3 ile N_4 , M_1 nolu kuyu suları diyagamlarının birbirine paralel olduğu görülmüştür.

Elazığ Magmatitlerinden beslenen K_1 ve K_2 nolu kaynakların diyagramları da birbirine paralel olup, mineral konsantrasyonları magmatik kayaçlardan beslenmeleri nedeniyle oldukça düşüktür.

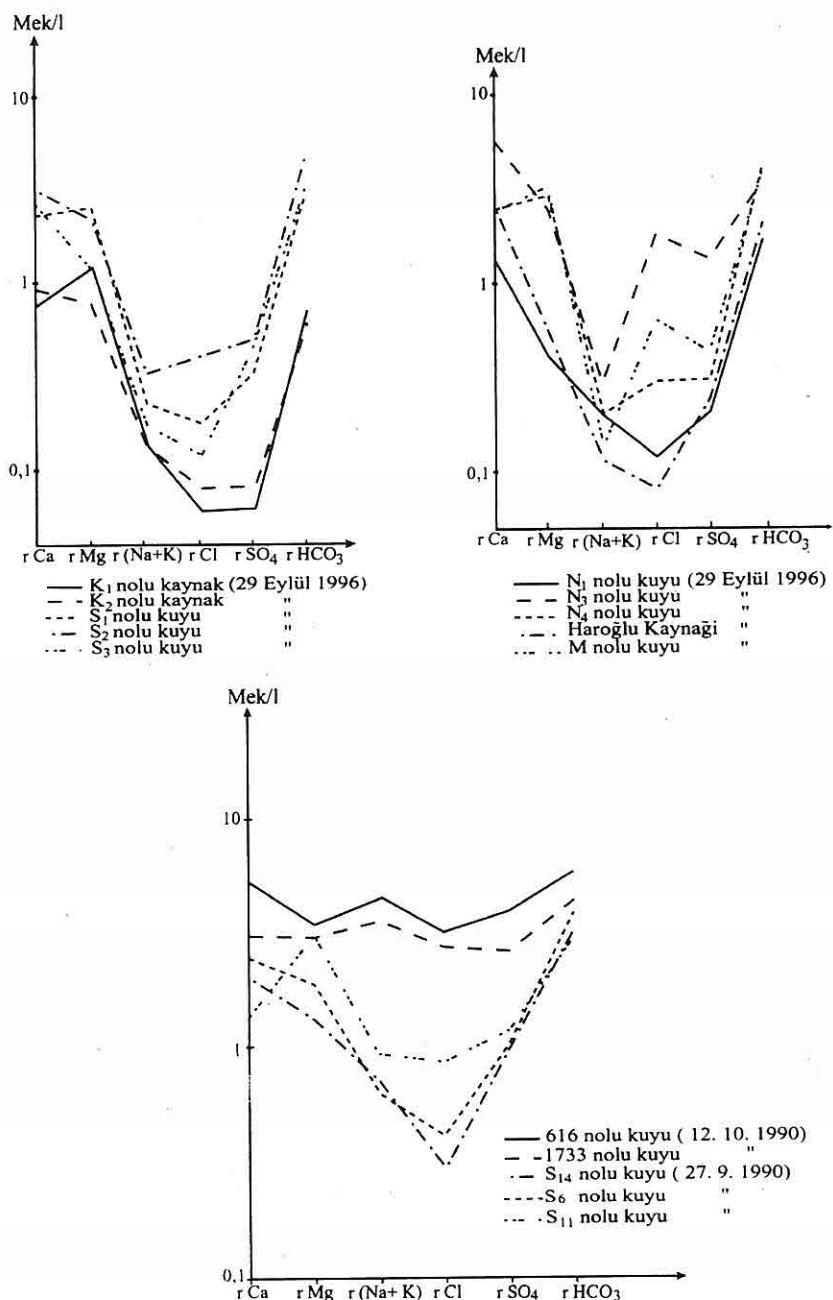
N_1 nolu kuyu ile 616 ve 1733 nolu kuyu sularının çizilen yarı logaritmik Schoeller diyagramında 616 ve 1733 nolu kuyu sularındaki toplam mineralizasyon

N_1 nolu kuyuya oranla daha fazla görülmektedir. Bu durum toplam mineralizasyonun havzanın beslenme alanlarında daha az, orta kesimlerinde daha fazla olması ile açıklanabilir (Çetindağ, 1996).

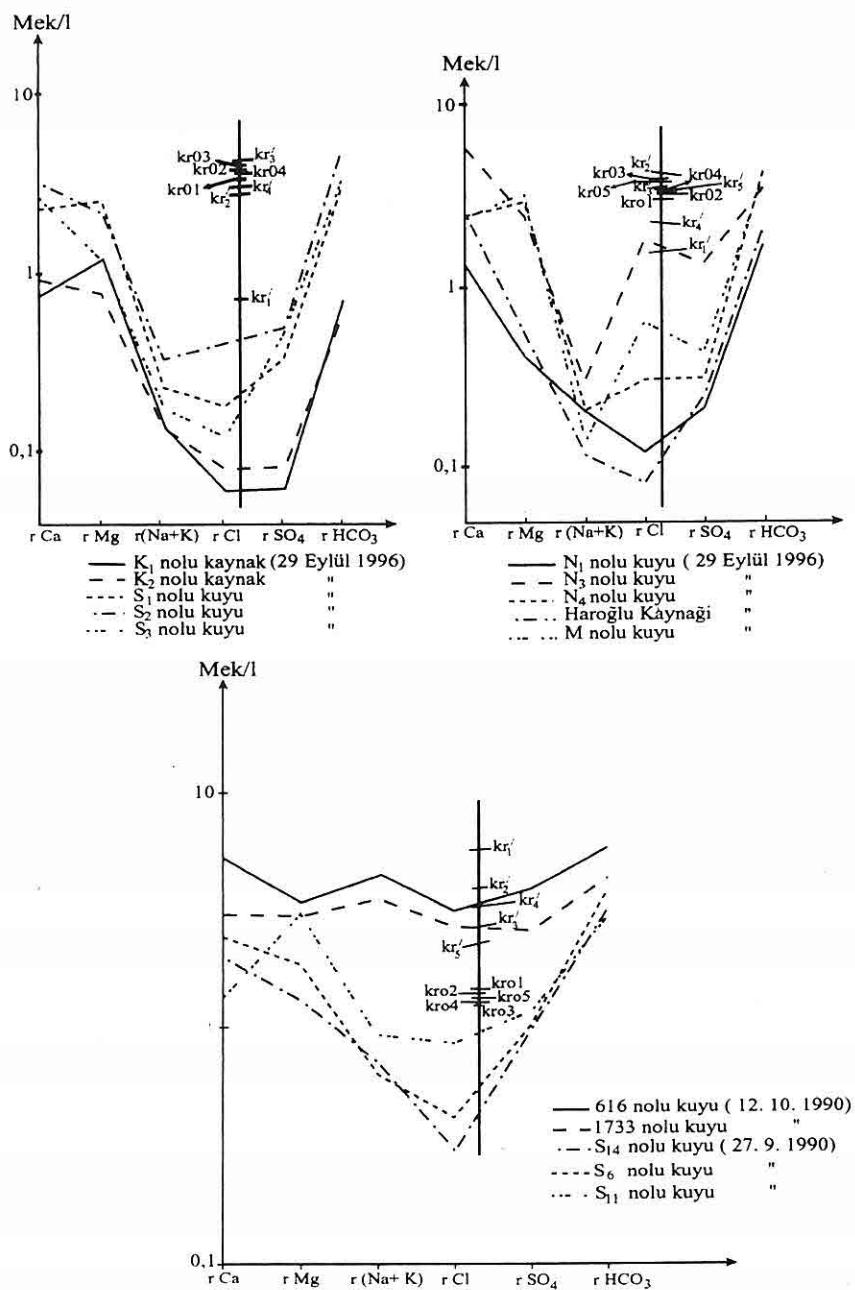
Schoeller diyagramları üzerinde suların CaCO_3 'a doygun olup olmadıkları araştırılmıştır (Şekil 3). N_2 , N_3 , N_4 , S_6 , S_{11} , S_{14} , 616, 1733 nolu kuyu sularının CaCO_3 'a doygun oldukları diğer hiçbir kuyu ve kaynak sularının ise doygun olmadığı gözlenmiştir. O halde Keban kristalize kireçtaşları, Seske Formasyonu, Hazar Grubu, Kırkçeşit Formasyonu ile Pliyosen göl oluşuklarından beslenen kuyu ve kaynak sularının CaCO_3 'a az çok doygun oldukları, Elazığ Magmatitlerinden beslenen kuyu ve kaynak sularının ise CaCO_3 'a doygun olmadıkları söylenebilir (Öztekin, 1998).

İncelenen kuyu ve kaynak sularındaki iyonların % miliequivale değerlerinden yararlanılarak üçgen diyagramlar çizilmiştir (Şekil 4). 616 ve 1733 nolu kuyu sularının anyonları karışık bileşimli sular bölgesinde gruplanırken diğer tüm kaynak ve kuyu sularının anyonları Ca' lu ve HCO_3 'lı sular bölgesinde gruplanmışlardır. K_2 nolu Karaçalı Kaynağı, Haroğlu Kaynağı ile S_2 , S_3 , N_1 ve N_3 nolu kuyu sularının katyonları Ca' lu ve HCO_3 'lı; K_1 , S_1 , N_4 , M , S_{11} nolu kaynak ve kuyu sularının katyonları Mg' lu ve SO_4 'lı sular bölgesinde gruplanmışlardır. 616, 1733, S_6 ve S_{14} nolu kuyu sularının katyonları ise karışık bileşimli sular bölgesinde bulunmaktadır.

ELAZIĞ İLİ İÇME VE KULLANMA SULARININ HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ



Şekil 2. Su kimyası analiz sonuçlarının yarı logaritmik Schoeller diyagramında gösterilmesi.

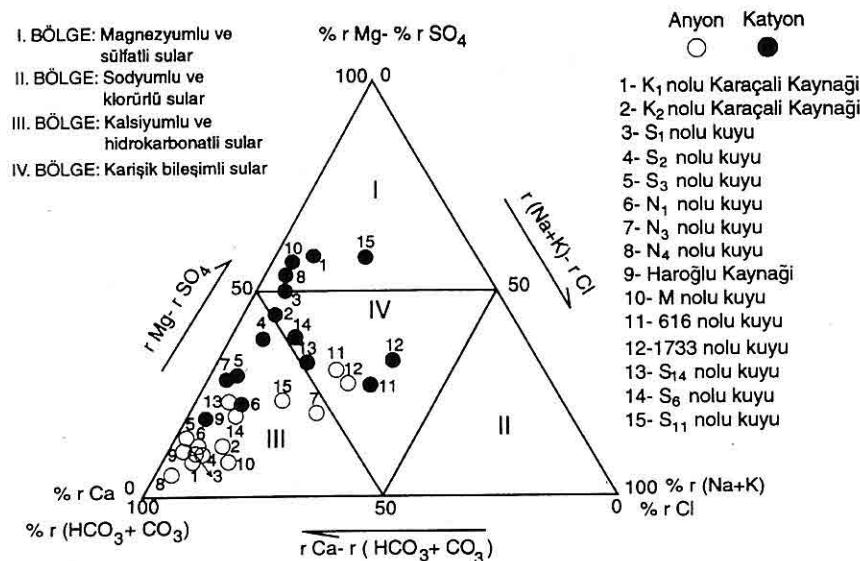


Şekil 3. Kaynak ve kuyu sularının Schoeller diyagramları üzerinde CaCO_3 'a doygunlıklarının araştırılması.

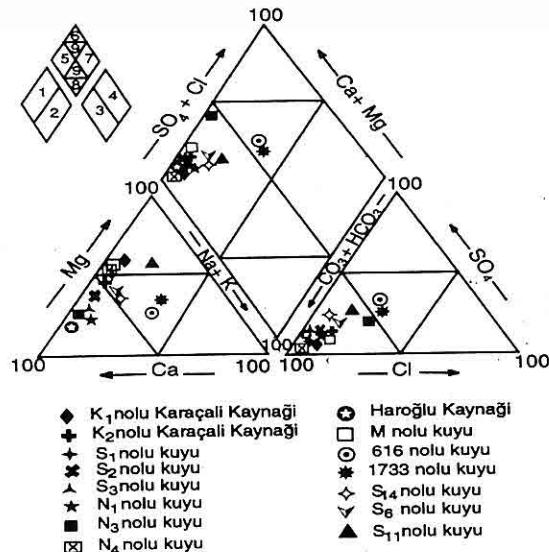
ELAZIĞ İLİ İÇME VE KULLANMA SULARININ HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Analiz sonuçlarına göre çizilen Piper diyagramlarında sular 5. bölgede gruplanmıştır. (Şekil 5). Burası 1. ve

3. bölgelerin de bir kısmını kapsamaktadır. 1. bölgedeki sularda Ca^{+2} , $\text{Mg}^{+2} > \text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$ olup bunlar karbonatlı



Şekil 4. Su kimyası analiz sonuçlarının üçgen diyagram üzerinde dağılımı.



Şekil 5. Su kimyası analiz sonuçlarının Piper diyagramında dağılımı.

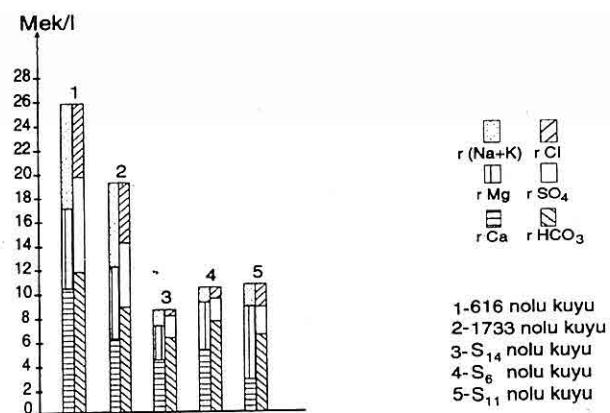
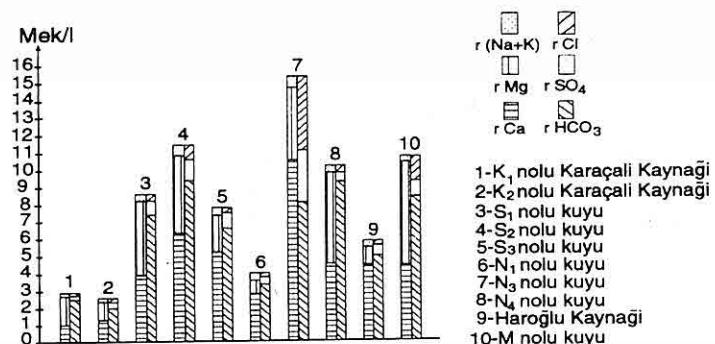
ve sülfatlı sulardır. 3. bölgede $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-} > \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ dir. 5. bölgedeki suların karbonat sertliği % 50'den fazla olup, CaCO_3 ve MgCO_3 'lı sulardır.

616 ve 1733 nolu kuyu sularını temsil eden katyon ve anyonlar 9. bölgede gruplanmıştır. Bu bölgede hiç bir iyonun % 50'yi geçmeyen karışık sular bulunmaktadır.

Gözlem noktalarından derlenen bazı numunelerin kimyasal tahlillerinden yararlanarak sütun diyagramları çizilmiştir (Şekil 6). Pliyosen silt ve

kumtaşlarından beslenen N₃, 616 ve 1733 nolu kuyu suları ile Seske Formasyonu'nun kireçtaşlarından beslenen Haroğlu Kaynağı en fazla iyon içeriğine sahip sulardır. Sütun diyagramlarda kuyu ve kaynak sularında en fazla bulunan iyonlar Ca^{2+} , Mg^{2+} ve HCO_3^- dir (Öztek, 1998).

Sütun diyagramlar yardımıyla sulardaki tuzların artış veya azalış yüzdeleri hesaplanmıştır. İncelenen kaynak ve kuyu sularında genel olarak en fazla bulunan tuzlar $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$;



Şekil 6. Su kimyası analiz sonuçlarının sütun diyagramları.

ELAZIĞ İLİ İÇME VE KULLANMA SULARININ HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

en az bulunan tuzlar ise NaCl ve KCl'dür (Tablo 2).

Sular, sulamaya uygunluğu yönü ile de ayrıca değerlendirilmiştir. ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramında; K₁, K₂ ve Haroğlu Kaynağı ile N₁ nolu kuyu C₁-S₁ sınıfında, S₁, S₂, S₃, S₆, S₁₄, N₄ ve M nolu kuyular C₂-S₁ sınıfında, N₃, 616 ve 1733 nolu kuyular ise C₃-S₁ sınıfında gruplanmışlardır (Şekil 7).

Wilcox diyagramlarında; K₁, K₂ ve Haroğlu Kaynakları ile S₁, S₂, S₃, S₆, S₁₁, S₁₄, N₁, N₄, M₁, 616, 1733 nolu kuyular sulama suyu olarak çok iyi- iyi, N₃, 616 ve 1733 nolu kuyu ise iyi kullanılabilir sular bölgesinde gruppermişlardır (Şekil 8).

Tahlil sonuçlarına göre çizilen Schoeller'in içilebilme diyagramında (Şekil 9); K₁, K₂ nolu kaynaklar ile S₁ ve S₃ nolu kuyular ve Haroğlu Kaynağı, N₁ nolu kuyu, N₄ nolu kuyu suları devamlı içilebilen 1. Kalite sularıdır. N₃

nolu kuyu ile M, 616 ve 1733 nolu kuyu suları "devamlı içilebilen 2. kalite sular"dır. (Öztekin, 1998).

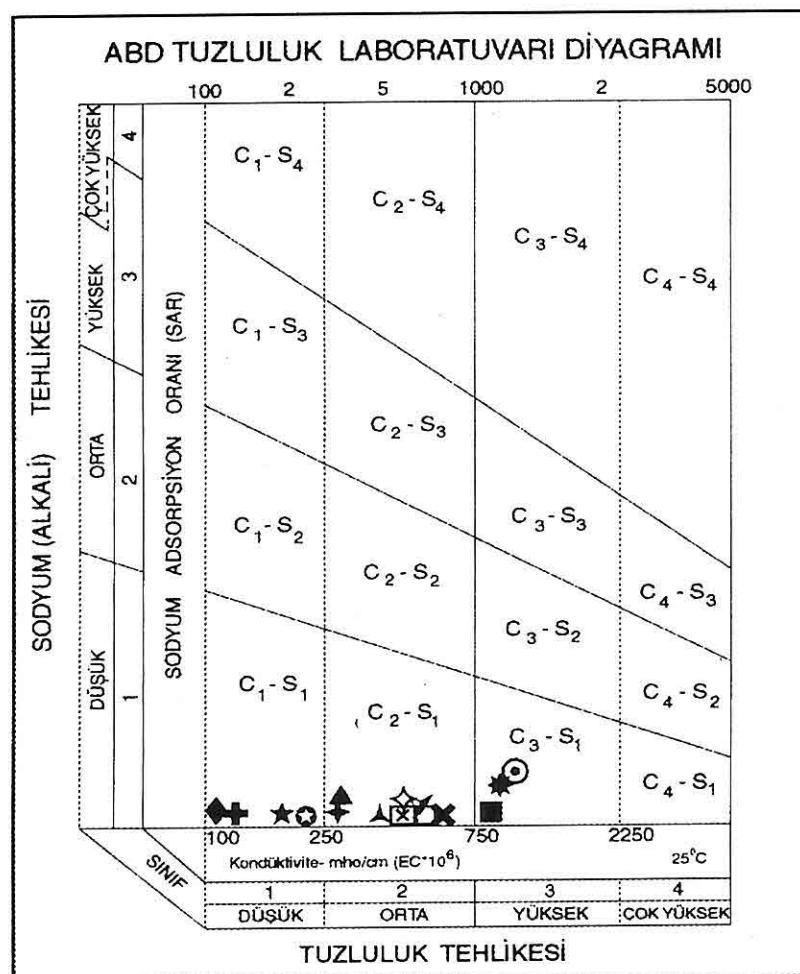
4. SONUÇLAR

İnceleme alanındaki kaynak ve kuyu sularında gözlenen HCO₃⁻, Ca⁺², Mg⁺² bölgede geniş alanlar kaplayan sedimanter ve metamorfik oluşumlardan, Na⁺ + K⁺ ise magmatik kayaçlardan yeraltı suyuna geçmektedir. Keban kristalize kireçtaşları içerisindeki dolomitler bu kayaçlardan beslenen kuyu sularında Mg⁺² iyonu artışına neden olmaktadır. Bir kısmı Mg⁺²'da mağmatik kayaçların içerdığı mağnezyumlu mineralların bozusmasından gelebilir.

Genel olarak Keban kristalize Kireçtaşları, Seske Formasyonu, Kırgeçit Formasyonu, Hazar-Maden Karmaşığı ile Pliyosen göl oluşumlardan beslenen kaynak ve kuyu sularının CaCO₃'a doygun oldukları,

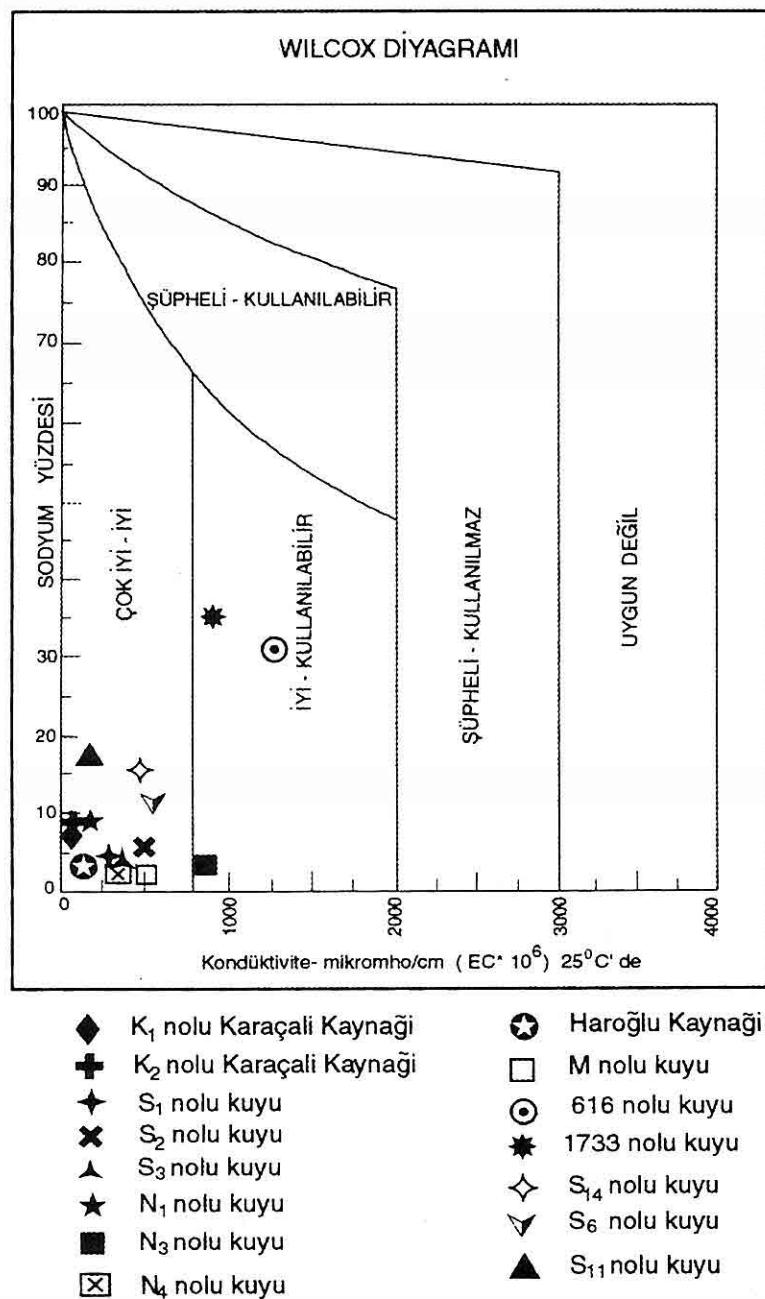
Tablo 2. Su kimyası analiz sonuçlarına göre sularda bulunan tuzların artış veya azalış yüzdeleri.

Numune Adı	Ca (HCO ₃) ₂ %	Mg (HCO ₃) ₂ %	MgSO ₄ %	MgCl ₂ %	NaCl %	Na ₂ SO ₄ %	KCl %	CaSO ₄ %
K ₁ nolu Karaçalı Kanyağı	35,83	49,22	7,65	0,76	6,3	-	0,24	-
K ₂ nolu Karaçalı Kanyağı	49,86	28,78	10,88	3,08	7,12	-	0,28	-
S ₁ nolu kuyu	45,42	40,05	9,4	0,26	4,48	-	0,39	-
S ₂ nolu kuyu	55,81	26,79	10,37	1,22	5,28	-	0,53	-
S ₃ nolu kuyu	66,4	18,71	10,25	-	2,54	1,45	0,65	-
N ₁ nolu kuyu	69,05	14,69	6,17	-	4,76	4,18	1,15	-
N ₃ nolu kuyu	52,79	-	4,41	23,68	3,12	-	0,35	15,65
N ₄ nolu kuyu	44,04	47,06	4,56	0,73	3,07	-	0,54	-
Haroğlu Kaynağı	77,88	8,54	9,15	-	2,4	1,14	0,89	-
M nolu kuyu	41,05	37,26	8,84	10,32	2,27	-	0,26	-
616 nolu kuyu	39,49	5,67	20,35	-	23,29	10,35	0,85	-
1733 nolu kuyu	31,77	12,62	19,04	-	27,33	8,3	0,94	-
S ₆ nolu kuyu	48,67	23,8	14,65	-	7,06	5,01	0,81	-
S ₁₁ nolu kuyu	25,19	34,89	22,25	-	16,24	0,68	0,75	-
S ₁₄ nolu kuyu	49,75	21,61	10,74	-	5,7	10,97	1,23	-

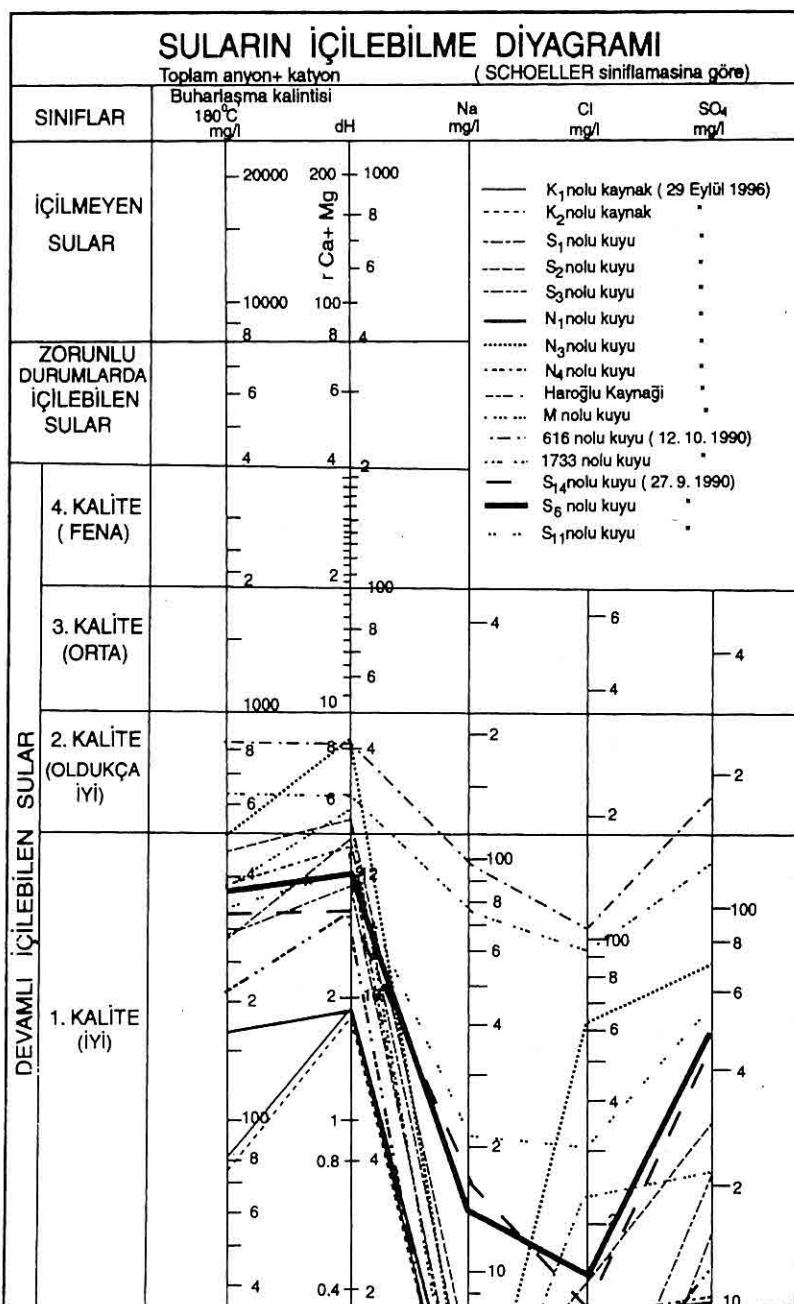


- ◆ K_1 nolu Karaçalı Kaynağı
- + K_2 nolu Karaçalı Kaynağı
- ★ S_1 nolu kuyu
- ✗ S_2 nolu kuyu
- ▲ S_3 nolu kuyu
- ☆ N_1 nolu kuyu
- N_3 nolu kuyu
- ☒ N_4 nolu kuyu
- ★ Haroğlu Kaynağı
- M nolu kuyu
- 616 nolu kuyu
- 1733 nolu kuyu
- ◇ S_{14} nolu kuyu
- ▽ S_6 nolu kuyu
- ▲ S_{11} nolu kuyu

Şekil 7. ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı.



Şekil 8. Wilcox diyagram



Şekil 9. Su kimyası analiz sonuçlarının Schoeller'in içilebilme diyagramında gösterilmesi.

Elazığ Magmatitleri'nden beslenen kaynak ve kuyu sularının ise CaCO_3 'a doygun olmadıkları tesbit edilmiştir.

Üçgen diyagramda 616 ve 1733 nolu kuyu suları dışındaki tüm kuyu ve kaynak sularının anyonları Ca^{+2} ve HCO_3^{-} 'lı sular bölgesinde, bu iki kuyu sularının anyonları ise karışık bileşimli sular bölgesinde gruplanmışlardır. K_1 (Karaçalı Kaynağı), S_1 , N_4 , M nolu kuyu sularının katyonları Mg^{+2} ve SO_4^{2-} 'lı sular bölgesinde, K_2 ve Haroğlu Kaynakları ile S_2 , S_3 , N_1 ve N_3 nolu kuyu sularının katyonları Ca^{+2} ve HCO_3^{-} 'lı sular bölgesinde gruplanmışlardır.

Piper diyagramlarında suların çoğunluğu 1., 3. ve 5. bölgelerde gruplanmışlardır. Bu bölgelere düşen sularda $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$ olup bunlar karbonatlı ve sülfatlı sulardır.

İncelenen kaynak ve kuyu sularında genel olarak en fazla bulunan tuzlar $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$; en az bulunanlar NaCl ve KCl dir.

Schoeller'in içilebilme diyagramında sular "Devamlı İçilebilen 1. Kalite Sular" ve "Devamlı İçilebilen 2. Kalite Sular" sınıfındadır. Wilcox Diyagramlarında ise kuyu ve kaynak suları çok iyi- iyi, iyi- kullanılabılır sular bölgelerinde bulunmaktadırlar.

5. KAYNAKLAR

Asutay, H.J., 1985. Baskıl (Elazığ) Çevresinin Jeolojik ve Petrolojik İncelemesi: Doktora Tezi, Ankara Üniv., Fen Bil. Enst., Ankara (yayınlanmamış).

Bingöl, A. F. ve Beyarslan, M., 1996. Elazığ Mağmatitlerinin Jeokimyası ve

Petrolojisi: In: Korkmaz, S. ve Akçay, M. (eds.), KTÜ. Jeoloji Müh. Böl. 20. Yıl Sempozyumu, Bildiriler, Cilt 1, Trabzon, 208-224.

Bulut, C. ve diğerleri, 1978. Elazığ-Kuzova Hidrojeolojik Etüd Raporu: DSİ. Genel Müdürlüğü, Ankara.

Çetindağ, B., 1989. Elazığ- Ören Çayı Havzasının Hidrojeoloji İncelemesi: Doktora Tezi, F. Ü. Fen Bil. Enst., 270 s. (yayınlanmamış).

Çetindağ, B., 1996. Haringet Çayı Havzasının (Elazığ) Yeraltı Suyu Kimyası İncelemesi: F. Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi, 8 (2), Elazığ, 39-57.

Doğru, S. ve diğerleri, 1970. Uluova ve Elazığ Ovaları Hidrojeolojik Etüt Raporu. DSİ. Genel Müdürlüğü, Ankara.

Güroçak, Z., 1993. Sivrice (Elazığ) Çevresinin Jeolojisi: Yüksek Lisans Tezi, F. Ü. Fen Bil. Enst., 65 s. (yayınlanmamış).

Özgül, N., 1976. Torosların Bazı Temel Jeoloji Özellikleri: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 19, 1, Ankara, 65-78.

Özkul, M., 1988. Elazığ Batosunda Kırkçeşit Formasyonu üzerinde Sedimentolojik İncelemeler: Doktora Tezi, F. Ü. Fen Bil. Enst., Elazığ, 186 s. (yayınlanmamış).

Öztekin, Ö., 1998. Elazığ İli İçme ve Kullanma Sularının Fiziko-Kimyasal Özellikleri: Yüksek Lisans Tezi, F. Ü. Fen Bil. Enst., Elazığ, 124 s. (yayınlanmamış).

Perinçek, D., 1979a. Palu- Karakoçan- Elazığ-Sivrice-Malatya Alanının Jeolojisi ve Petrol Arama İmkanları: TPAO Arşivi Rap. No: 1361, Ankara (yayınlanmamış).

ÖZTEKİN VE ÇETİNDAĞ

- Schoeller, H., 1962. *Les Eaux Souterraines: Masson et cie*, p. 642, Paris.
- Şahinci, A., 1991. *Doğal Sulardın Jeokimyası*. Reform Matbaası, İzmir, 548 s.
- Turan, M., 1984. *Baskil-Aydınlar (Elazığ) Yöresinin Stratigrafisi ve Tektoniği*: Doktora Tezi, F. Ü. Fen Bil. Enst., Elazığ, 180 s. (yayınlanmamış).

**HARMANCIK BÖLGESİ (BATI ANADOLU) MANYEZİT YATAKLARININ
JEOLOJİSİ VE OLUŞUMU****Halis MANAV***İ.T.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul/Türkiye*

ÖZET: Bu çalışmada Kuzey Batı Anadolu'da İzmir-Ankara zonunda yer alan ofiyolit kayalarının incelenmesi ile bu kayalardan peridotitlere bağlı gelişen manyezitlerin ilişkileri Levha Tektoniği kuramları doğrultusunda model oluşturularak ortaya konmuştur. İncelenen yataklarda yan kayaç demirli dünit ve harzburjitten oluşmaktadır. Manyezitler bu kayaçların ileri derecede ezilmiş milonitlemiş bol kırıklı ve çatlaklı kesimlerinde kalın damarlar ve stokwerk tipi ağlar şeklinde yataklanmışlardır. Masif ve yumrulu olmak üzere iki farklı yapı gösteren bu manyezitlerin yanında bir miktar kalsedon içerdikleri gözlenmektedir. Türkiye'de ve inceleme alanında ofiyolitlere bağlı gelişen manyezit yataklarında cevherlenmeyi meydana getiren olay büyük olasılıkla ofiyolitlerin karbonatlar üzerine tektonik bindirmeli olarak yerleşmesidir. (300°C sıcaklık ve 6-7 KB basınç şartları). Bu koşullar karbonat kayalarının dekompoze olarak ortama CO_2 sağladığı şartlardır. Peridotitlerin alterasyonu ile metasomatik olarak kopartılan Mg^{+2} iyonlarını içeren sular ile CO_2 karşılaşlığında MgCO_3 (manyezit) oluşur ve uygun koşullar sağlandığında manyezit yatakları oluşacaktır. İnceleme alanında manyezit yataklanması ofiyolit kayalarının Üst Kratese-Paleosen aralığında yerleşmesi ile başlayıp 2-3 milyon yılda sona erdiği zannedilmektedir.

**GEOLOGY AND GENESIS OF MAGNESITE DEPOSITS IN HARMANCIK
REGION (WESTERN ANATOLIA)**

ABSTRACT: In this study, the ophiolitic rocks in the İzmir-Ankara zone of the North-Western Anatolia have been investigated and a model based on Plate Tectonics has been developed to understand the genesis of magnesite formed from peridotites. The wall rock of study area is mainly formed from iron-bearing dunite and harzburgite. Magnesites as thick veins and stockwerks are deposited at the deformed and the milonitized zones of these rocks. Magnesite, however, show massive and nodular structures and include more or less calcedony. The formation of magnesites deposits which is related to ophiolites in the Harmancık region, Western Turkey is probably the tectonic placement of ophiolites onto the carbonates (300°C temperature and 6-7 kilobar pressure conditions). This is enough for the carbonate mixes to decompose

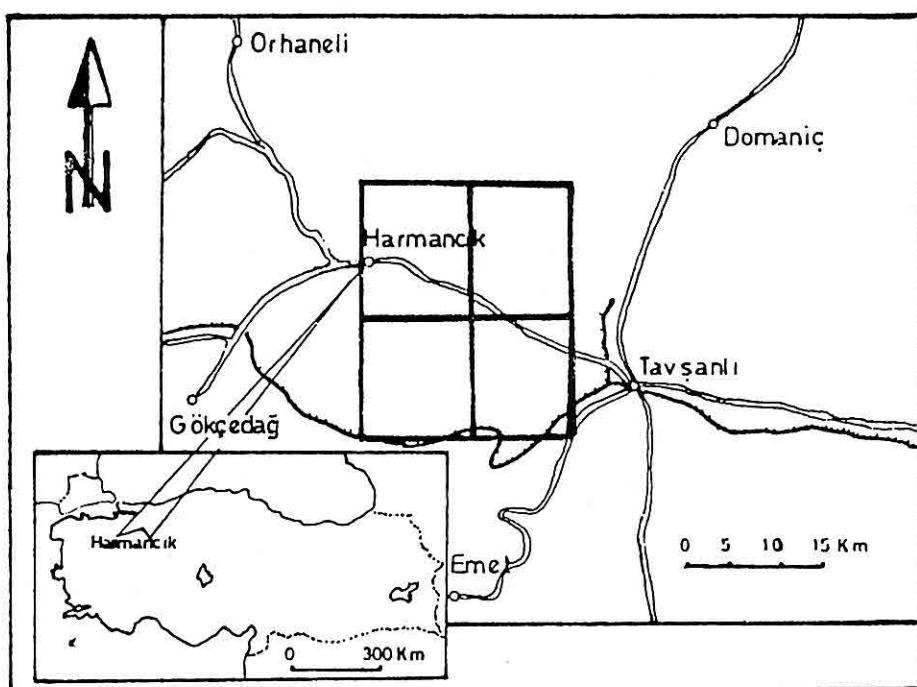
and produce CO_2 . When CO_2 in this medium mixes to the fluids containing Mg^{+2} ions produced metamorphic by the alteration of the peridotites forms $MgCO_3$ (Magnesite) and in case finds appropriate conditions turns out to be magnesite. It is predicted that in the region of interest, the bed formation started by the formation of ophiolites at the Upper Cretaceous-Pliocene period range and after 2-3 million of years ended by the completion of magnesite deposits.

1. GİRİŞ

Çalışma alanı (Harmancık ve civarı) Dağardı olarak tanımlanan Emet-Tavşanlı-Domanıç-Orhaneli ve Dursunbey poligonu içinde yer almaktır ve yaklaşık 600 km^2 genişliğindedir (Şekil 1).

İzmir-Ankara zonu içinde yer alan çalışma alanı ilk kez Birinkmann 1966, tarafından tanımlanmıştır. "İzmir-Ankara Jeosenklinalli"nin kaya toplulukları 1.

Ultrabazik, bazik derinlik ve bazik yarı derinlik kayaları. 2. Düşük ısı yüksek basınç minerallerini kapsayan metamorfikler 3. Bazik denizaltı lavları, piroklastikler ve türevleri, rekristalize kireçtaşları, tabakalı çörtler, kumtaşları ve kireçtaşlarıdır. İzmir-Ankara zonu Kaya (1981), in tanımlamasında İzmir-Ankara-Akhisar ve Tavşanlı toplulukları da birimin devamı olarak kabul edilmiştir. Okay (1984), Batı



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası

Anadolu'da geniş alanlara yayılan ayrıntılı çalışmalar yapmıştır. İncelemelerinde Tavşanlı Zonu, Karakaya Kompleksi ve Afyon Zon'u olmak üzere üç büyük metamorfik kuşak ayırtlamıştır. Tavşanlı Zonu'nu oluşturan kayaları Ovacık Birliği ve Orhaneli Birliği diye ikiye ayırmıştır. Orhaneli Birliği'nde düzenli stratigrafi görüldüğünü ve mavi şist metamorfizması gösterdiğini belirtmiştir.

İzmir-Ankara zonu içinde yer alan çalışma alanında (Harmancık ve civarında) peridotitler yaklaşık 1200 km^2 lik bir alan kaplamış olup bu çalışmada 300 km^2 lik bir bölüm incelenmiştir. Bu kayaların tabanında metamorfizma yaşı Alt Kratese olan (Harris ve diğ., 1994) metamorfik şistler ile bunlarla yanal geçişli ve ardalanmalı olan rekristalize karbonatlar yer alır. Bu birimler üzerinde ofiyolitik melanj ve peridotitler tektonik bindirmeli olarak yer alırlar. Bu birimleri Neojen yaşı sedimanter topluluk örtmüştür. Bölgenin jeolojik haritası ve etüdü Manav (1996), tarafından yapılmıştır (Şekil 2).

Ultrabazik kayalara bağlı gelişen manyezitlerde peridotit kayalarının bir bölümünde aşırı manyezit cevherleşmesine rastlanmasına karşın bazı peridotitlerde hiç manyezite rastlanılmamasının nedeni ile; teorik olarak bileşiminde %52 oranında CO_2 ihtiva eden manyezit (MgCO_3)'in rezervi bir kaç milyon ton olan bir cevher yatağını oluşturması için gerekli CO_2 'i nereden karşılayabileceği sorularının yanıtları ve manyezitlerin ofiyolit

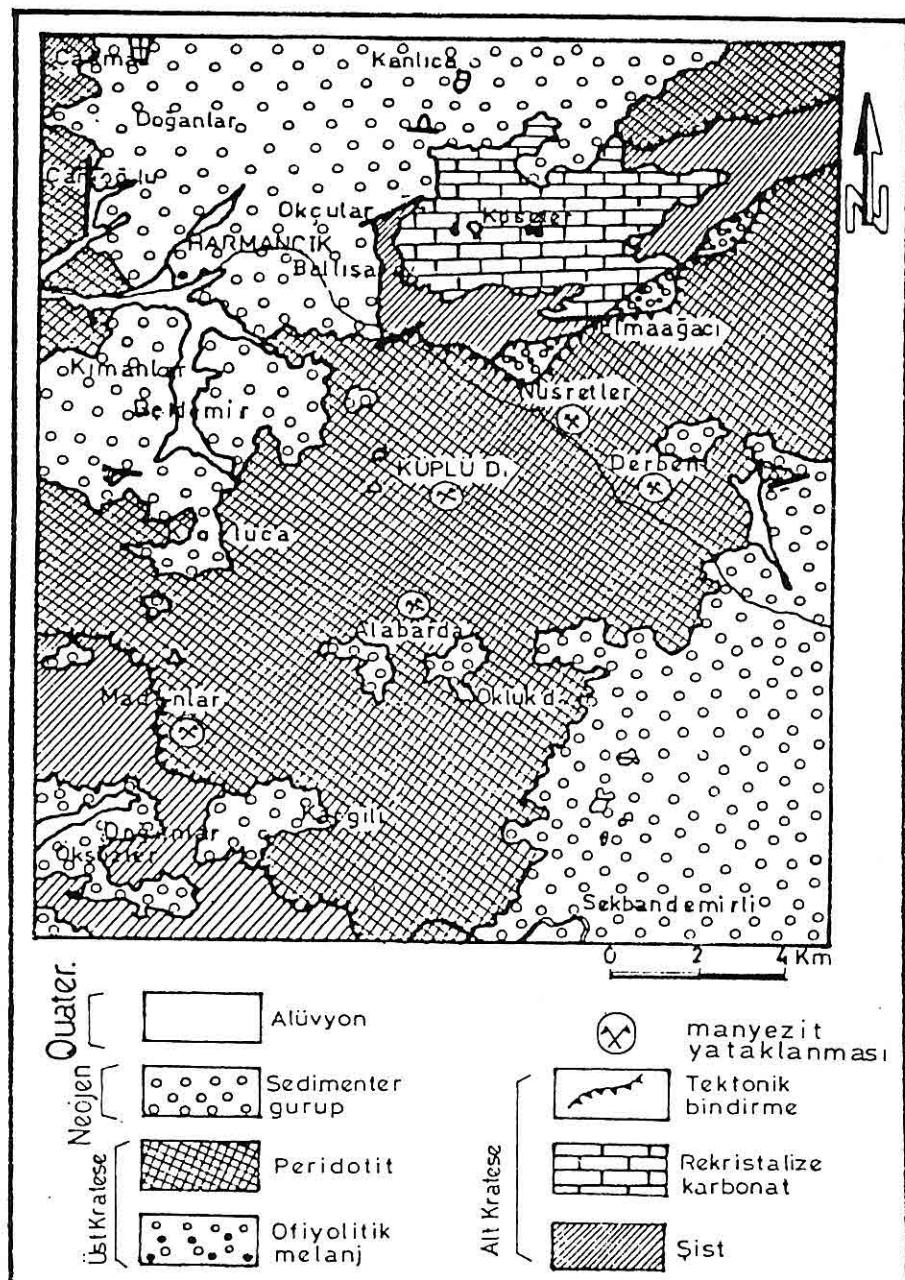
kayaları ile jenez ilişkilerinin ortaya konulması bu çalışmanın amaçlarını oluşturmuştur.

Çalışma yöntemi ile bazı sonuçların verildiği bu makalede Küplü Dağı ve civarında yer alan toplam 16 adet manyezit yataklanması Manav (1996), tarafından incelenmiş olup 14 adedi işletilebilirliği açısından ekonomik bulunmuştur.

Bu çalışmada yapılan petrografik tanımlamalar SM-LUX-POL-Leitz türü optik mikroskopta gerçekleştirilmiştir. Manyezitlerin iç mikro yapısına ait Elektron mikroskop çalışmaları JEM-T.30 tip taramalı elektron mikroskop (SEM) de yapılmış ayrıca peridotitleri oluşturan olivin minerallerinin fayalit-forsterit yüzdelerinin saptanması için X-ışınları difraksiyon analizleri Philips marka difraktometrede Cu K_α radyasyon kullanılarak nikel filtre yardımı ile gerçekleştirilmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANININ STRATİGRAFİSİ VE PETROGRAFİSİ

Çalışma alanının içinde bulunduğu bölge ilk kez Birinkmann 1966, tarafından tanınmıştır. "İzmir-Ankara Jeosenklinalli"nın kaya toplulukları; 1. Uльтабазик, bazik derinlik ve bazik yarı derinlik kayaları, 2. Düşük ısı yüksek basınç minerallerini kapsayan metamorfikler, 3. Bazik denizaltı lavları, piroklastikler ve türevleri, rekristalize kireçtaşları, tabakalı çörtler, kumtaşları ve kireçtaşlarıdır. Kaya (1981)'in tanımlamasında İzmir-Ankara - Akhisar



Şekil 2. Çalışma alanının jeolojik haritası (Manav, 1996).

ve Tavşanlı toplulukları da birimin devamı olarak kabul edilmiştir. Okay (1984), Batı Anadolu'da Tavşanlı Zonu, Karakaya Kompleksi ve Afyon Zonu olmak üzere üç büyük metamorfik kuşak ayırtlamıştır. Tavşanlı Zonu'nu oluşturan kayaları Ovacık Birliği ve Orhaneli Birliği diye ikiye ayırmıştır. Orhaneli Birliği'nde düzenli stratigrafi görüldüğünü ve mavi şist fasiyesi koşullarında metamorfizma geçirdiğini belirtmiştir.

Kuzeybatı Anadolu'da İzmir-Ankara Zonu'nda yer alan çalışma alanının stratigrafik kesitinde: Tabanda Alt Kratese yaşı mavi şistler ile bu kayalarla düşey ve yanal ardalanmalı kristalize karbonatlar (otokton birimler) yer almaktadır. Bu temel kayalar üzerine tektonik bindirme ile gelen ofiyolitik melanj ve yine bu melanj üzerine tektonik bindirme ile gelen peridotitler (allokton birimler) ve tüm bu birimleri diskordan olarak örten Neojen yaşı sedimanter topluluk yer almaktadır (Şekil 2).

2.1. Otokton Birimler-Metamorfik

Topluluk

Şistler

İnceleme alanında alt sınırı belirsiz üstten tektonik bindirmeli olarak ofiyolitik melanj ve peridotitlerle sınırlı ve yer yer Neojen yaşı sedimanter topluluk ile örtülmüştür. Şistler rekristalize karbonatlar ile düşey ve yanal olarak ardalanırlar. Arazi görüntülerinde kötü yapraklanma gösterir gri yeşil ve kırmızı kahve renklerde izlenirler. Mineral

bileşimleri: kuvars, albit, aragonit, muskovit; lavsonit, glakofon, ejirin ve epidot şeklindedir.

Rekristalize Karbonatlar

İnceleme alanında şistlerle yanal ve düşey ardalanmalı olarak yer almaktadır, beyaz ve mavinin tonlarında renkler göstermektedirler. Rekristalize karbonatlar ince kesitlerinde yeniden kristalleşme ve deformasyon lamelli kalsit kristalleri içermektedirler.

2.2. Allokton Birimler- Ofiyolit

Topluluğu

Yaklaşık 300 km²'lik bir yayılımla çalışma alanının hemen yarısını kaplayan bu birimi harzburjıt, dünit ve serpantinleşmiş türevleri oluşturmaktadır. Peridotitler saha üzerinde renk ve konumları ile kolayca ayrılabilen iki birimden oluşurlar. Serpantinitler ise % 90-100 oranda serpantin minerallerine dönüşmiş dünit ve harzburjıt kayalarıdır. Dünitler inceleme alanında harzburjıtlerle ara bantlar veya merkezsel zonlar halinde izlenmiştir. Bazen bantlı kromit taneleri ihtiva ederler. Mineral bileşimleri: Krizotil, Antigorit ve yanında % 1 oranını geçmeyen Bastit, Pikotit, Kromit ve Manyezit'e rastlanmıştır. Harzburjıtler ise arazide dünitlere oranla daha yaygındır. Taze harzburjıtler arazide cam yeşili parlaklığındadır, serpantinleşenler ise yeşilimse kahve tonlarındadır. Bu kayalar içindeki piroksen mineralleri rolyefli özellikleri ve yeşil renkleri ile tanınırlar. Üç yönde gelişmiş çatlak sistemleri ve bol kırıklı yapıları ile etkin

deformasyon izleri taşıyan harzburjitterde serpentinleşme oldukça yaygındır. İnce kesitlerinde genelde kataklastik doku izlenmiştir. Mineral bileşimi olarak krizotil, antigorit, bronzit ve % 1-2 oranında bastit, prikotit, diyallaj ve kromit'e rastlanmıştır. Serpantinitler ise peridotitlerde yer alan dünit ve harzburjitterde kırıcı deformasyon sonucu masifin kenar zonları, kırık ve fay zonları ile bindirme hattı boyunca geniş bir aralıktta yaygın olarak işlenmiştir. Peridotitlerde % 5-100 oranında serpentinleşme ve buna paralel oluşan serpentin mineralerine dönüşme izlenmiştir. Ayrıca olivinlerin XRD incelemelerinde d130 yüzeyinden elde edilen pikleri Yoder ve Samaha 1957, diyagramına yerleştirildiklerinde % 95 forsterit içerdikleri anlaşılmıştır.

Dayklar

Çalışma alanı içinde peridotitleri ve ofiyolitik melanji kesen bazik birimleri dayk ve dayk kümeleri halinde izlenirler. Çalışma alanında 20 m ve 200 m aralıklarla 0,5 m ile 3,5 m arasında kalınlıklarda NW-SE yönünde dizilim gösterirler. Bu kayalar plajiolas ve klinopiroksendenden oluşan oldukça basit bir mineral topluluğuna sahip dolaritler şeklinde oldukları ve geçirmiş olduğu ikincil olaylar sırasında (deformasyon + ayırtma) plajiolaslarının sosüritleştiği (serizit) ve albileştiği ve klinopiroksenlerin (ojit) ise uralitleştiği gözlenmiştir. Bu mineraller yanında sfen, opak mineraller, klorit, aktinot, epidot (pistaşit) ve zeolit minerallerine

rastlanmış olması, bu dolaritlerin etkin bir sипилитлешме geçirdiğini göstermektedir.

Ofiyolitik Melanj

Bu birimi oluşturan ana kayalar pelajik çökeller (çört, şeyl ve kireçtaşları), bazik kayalar (dolaritler) ile serpantinit ve talk sistleridir.

Ayrışım Kayaları Lisvenitler

Bu kayalar arazide peridotitler üzerinde yer alırlar. Serpantinleşmenin yüksek olduğu bu kayalarda büyeden MgO atılarak sikila kalır ve kaya Sikila + Karbonat Kayası'na (Lisvenit'e) dönüşür. Bunlar kırkı beyaz karbonat kayası görünümündedir. Bu kayalar silisifiye olup boşlukları kalsedonla dolmuştur, mikroskop görüntüleri bol kuvarslı kireçtaşıdır. Bunlar çok az opak mineral ile lifsi iddingsitleşmiş serpentin mineraleri ihtiwa ederler. Bu kayalar ayırtım ürünleri olup peridotitlerde üst örtü farklılaşması şeklinde oluşmuşlardır.

2.3. Örtü Birimleri (Sedimanter

Topluluk)

İnceleme alanında yer alan karasal çökeller, tabanda çakıl görünümünde çoğunlukla tutturulmuş malzeme ile başlayıp kalın katmanlı tutturulmuş, kaba taneli ve bir eksenin daha uzun olan çakıl taşına geçmektedir. Bunun üzerinde sarı gri renkli kumtaşı ve yer yer gri yeşil kil taşı bazen kömür ara katkılı seviyelerden sonra kil ve konglomeraya geçmektedir. Bu kayalar üzerine 8-10 m.'lik karbonatlı kumtaşı ve üzerinde birer metre kalınlıkta

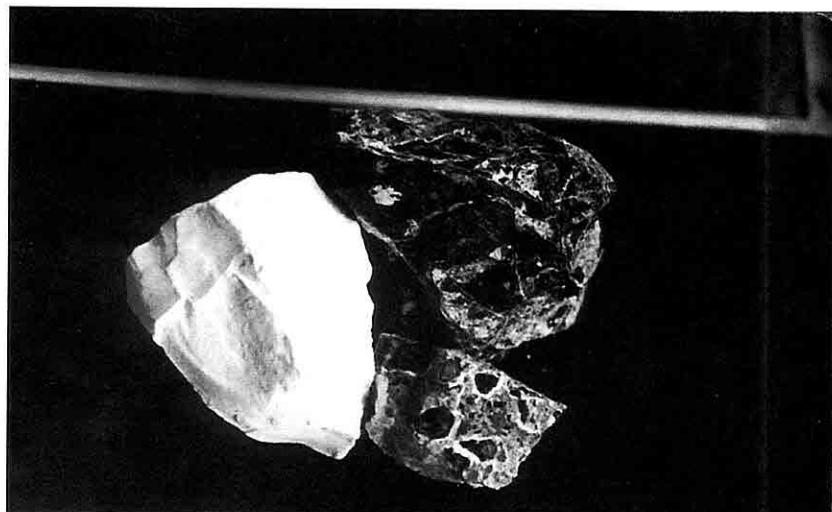
kiltaşı kumtaşı ardalanması ile en üstte yaklaşık 10 m kalınlıkta gri beyaz renkte altere proksen kristalleri ve bol kayaç parçaları içeren ince orta katmanlı tabakalı litik tüfler gelmektedir. Bu Neojen yaşlı örtü birimlerinden koparılarak taşınan çakıl, kum, silt ve kil boyutlu malzemeden oluşmuş alüvyon bu birimlerin üzerinde yer almaktadır.

3. HARMANCIK MANYEZİTLERİNİN MAKROSKOPİK ÖZELLİKLERİ

Toplam 16 adet manyezit yataklanmasının 7 adedinin ocak işletmesi halinde Küplü Dağı üzerinde yer aldığı, diğer manyezit oluşumlarının inceleme alanında düzensiz olarak Alangözcek T. Davulgakıran T. Sarıdede T. Karatepe Zincirtepe Çakmak T. ve İgneağzı T. gibi topoğrafyanın yüksek olduğu bölgelerde dağıldıkları gözlenmiştir. Cevher yan kayası kısmendemirli dünitve

harzburjiterden oluşmaktadır. Bu kayaların cevherli kısımları ezikli, milonitleşmiş, çataklı, manyezit çimentolu ve yer yer ayrılmıştır. Cevherleşme kalın damar, stokwerk ve ekonomik olmayan küçük boyutlu mostralalar halindeki manyezit mineralizasyonları şeklindedir. Bu cevherleşmelerin ortak özelliği az veya çok miktarda silis/kalsedon ihtiyaç etmeleridir. Çalışma alanında peridotitlere bağlı gelişen manyezitler makroskobik görünümüne göre iki grupta toplanarak incelenmiştir.

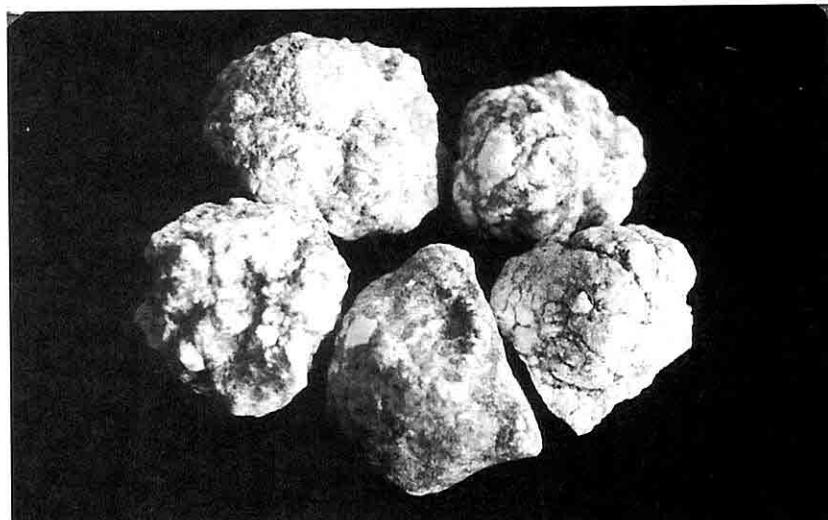
Masif manyezitler: Değişik boytlarda damarlar halinde rastlanmıştır. Çoğunlukla beyaz renkli olup sarı ve açık pembe renkleri de mevcuttur. Konkoidal kırılma gösteren bu manyezitlere mercek ve bloklar halinde rastlanmıştır. Masif manyezitlerde rastlanılan mineral toplulukları manyezit+serpentin+kuvars/kalsedon ± talk şeklindedir (Şekil 3).



Şekil 3. Konkoidal kırılma gösteren masif manyezit (solda) iri serpentin breşleri çevresinde düşük tenörlü manyezit örnekleri (sağda).

Yumrulu manyezitler: Bu manyezitlere milimetre boyutundan metre boyuna erişen karnabahar görünümünde rastlanmıştır. Yumrulu manyezitlerin dış yüzeyleri sarı, kahverengi ve kavun içi renklerdedir (Şekil 4).

Yanıktepe de manyezitler içinde fındık büyülüüğünde küresel kromitlere rastlanmıştır. Bu özellik manyezitlerin yataklanmadan önce hareket halinde olduğuna (çalkantılı ortam) işaret etmektedir.



Şekil 4. Farklı mostralardan derlenen sarı kavuniçi ve kahvrenklerde karnabahar manyezitler.

Bu manyezitlerde kıvrımlanmalar izlenmiştir. Mineral toplulukları: Manyezit+serpantin \pm kuvars/kalsedon şeklindedir. Her iki tür manyezitlerde serpantin mineralleri atık (gang) mineraller olarak dikkate alınırlar.

Tüm manyezitlerde bloklaşma milonitleşme ve kırıklaşma izlenilmesine rağmen masif manyezitlerde bu özeliklere daha fazla rastlanmıştır. İnceleme alanı manyezitlerinde sıkışma tektoniğine ait deformasyon izleri görülmüştür. Bu özellik manyezitlerin yüzeysel koşulların çok üstünde P ve T koşullarında oluşuklarını göstermektedir.

4. HARMANCIK MANYEZİTLERİNİN MİKROSKOPİK ÖZELLİKLERİ

Manyezitler tek nikolde genelde masif kahve renklerde ve az irizasyonludur. Çift nikolde ise çok büyük çift kırılma değerleri ile üst mertebede gri beyaz renklerde polarize olmaktadır. Manyezitlerin ince kesitlerinde (ince orta ve iri taneli) doku dışında fazlaca bir yaklaşım getirmek oldukça zordur. Manyezitlerin yan kaya ile beraber olan ince kesitlerinde önemli veri ve bulgular olanaklıdır. Mikroskop incelemelerinde manyezitlerin ince kristalli

(kriptokristalen) ve peridotitlerden metasomatik olarak oluşturuları anlaşılmıştır, (Şekil 5-6).

5. HARMANCIK

MANYEZİTLERİNİN ELEKTRON MİKROSKOPTAKİ ÖZELLİKLERİ

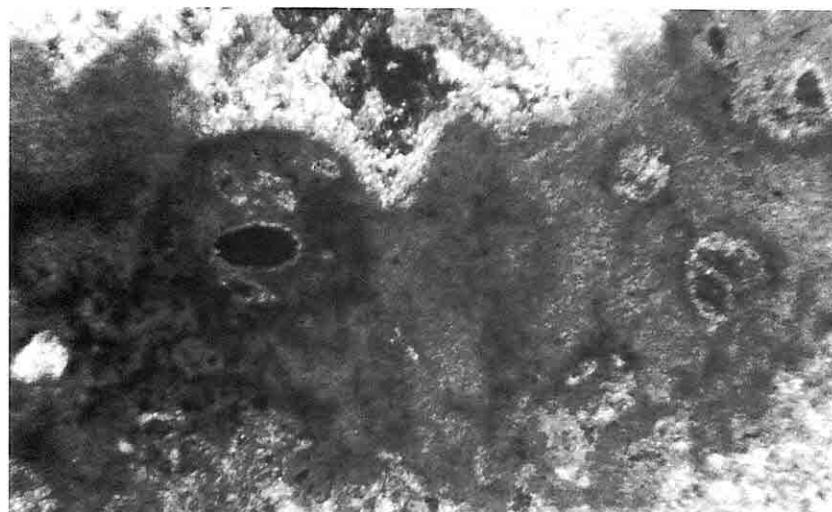
İnceleme alanından derlenen kriptokristalen manyezitlerin kristal dizilimleri, beraberindeki yabancı kristaller, tane ve boyut özelliği ile kristaller üzerindeki olumsuzluklar görelî olarak elektron mikroskopta incelenmiştir.

Elektron mikroskopta ortalama 20 mikron boyutundaki manyezit romboedirlerinin yakınlarındaki kar görünümü oluşukların noktasal analizlerinde Fe, Si, Ca, Mn, Al gibi elementleri içerdikleri anlaşılmıştır.

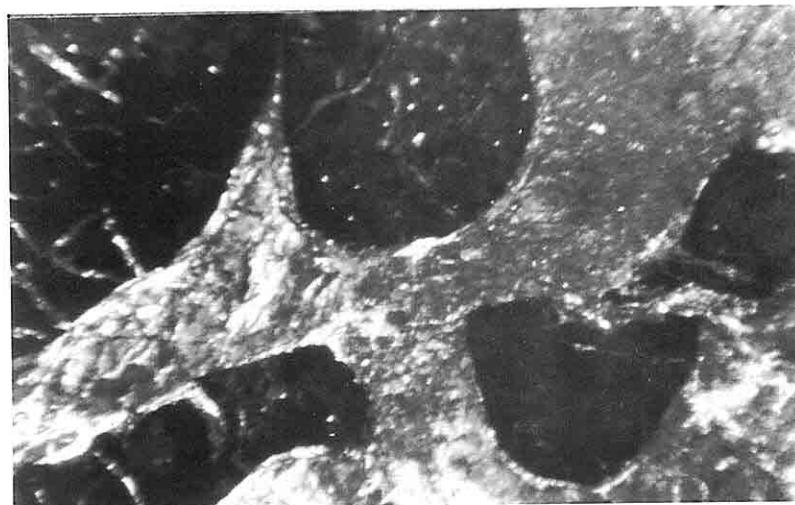
Elektron mikroskop incelemelerinde tamamında görülen bu oluşumların manyezit romboedirlerinin üzerinde veya yanında yer aldıkları fakat manyezit içinde (yapısında) yer almazları görülmüşür. Manyezit yapısında yer almayan bu Fe, Si, Ca, Mn, Al gibi elementlerin manyezit kristallerinin boşluk ve süreksızlıklarında eş zamanlı veya sonradan yerleşikleri zannedilen bu elementlerin oksitleridir (Şekil 7-8).

6. HARMANCIK MANYEZİTLERİN OLUŞUM MODELİ

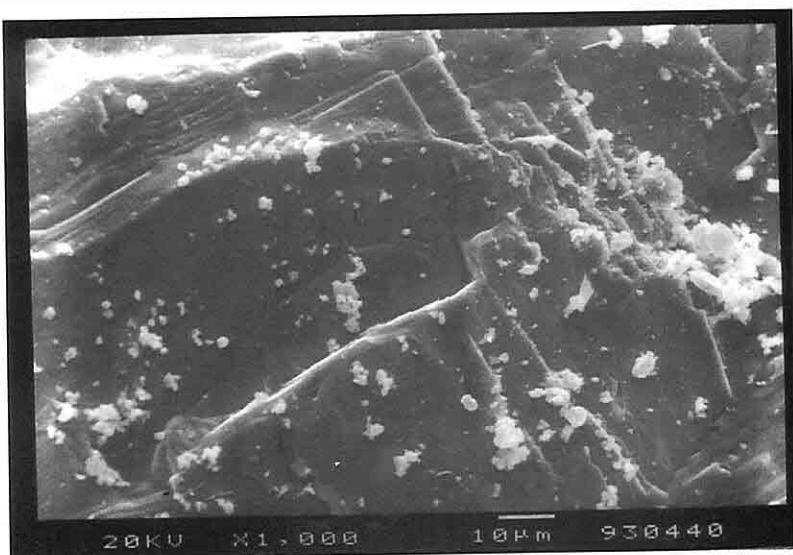
Manyezit oluşumu için gerekli komponentler Mg^{+2} ve CO_3^{-2} iyonlarıdır. Manyezit oluşumlarının görüldüğü ortamlarda bu iyonlardan birinin bol miktarda bulunması gereklidir. Araştırmacılar ortamda bulunmayan iyonların nereden geldiği ya da



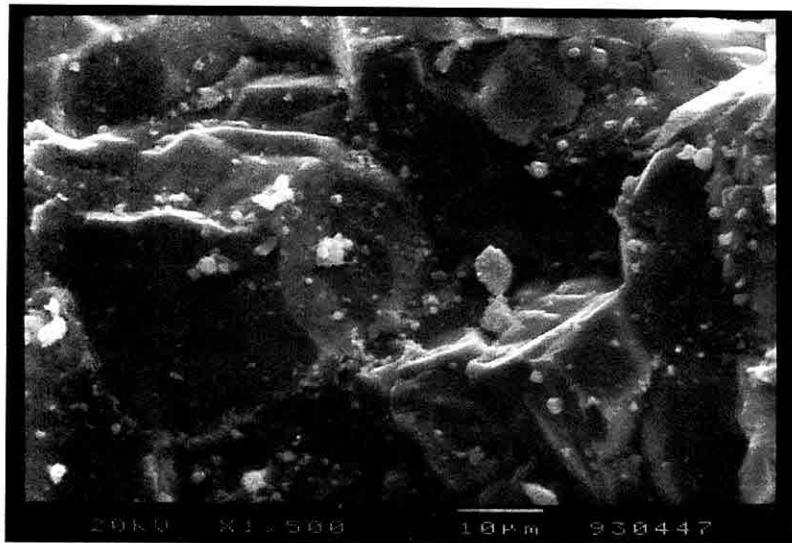
Şekil 5. Kriptokristalen manyezitler kümleşmiş küçük serpentin taneleri ve çevresinde izlenen metasomatik manyezit oluşumun mikroskopta görünüsü,(B:10x6,3; Çift nikol)



Şekil 6. Kriptokristalen manyezitler içinde oval çatlaklı serpantin minerallerinin mikroskopta görünüsü (B:10x6.3; Çift nikol)



Şekil 7. Elektron mikroskop görüntülerinde manyezit romboedirleri
gelebileceği sorusuna cevap ararlar.
Barnes ve diğ, (1978); Langmuir,
(1965) gibi bazı araştırmacılar ise
manyezit oluşumunda Mg^{+2} ve CO_3^{2-}
iyonlarını kontrol eden koşulları
incelemiştirlerdir. Örneğin kristalen (spari)
90



Şekil 8. Elektron mikroskop görüntülerinde az deformasyon gösteren manyezit romboedirleri

manyezitlerde bu iyonların 50-60°C gibi oldukça düşük sıcaklıklarda manyezitleşmenin gerçekleştiğini, ultrabaziklere bağlı gelişen manyezitlerin ise daha yüksek sıcaklıklarda ve daha geç yataklanıp kalın manyezit damarları oluşturduklarını belirtmişlerdir. Barnes ve diğ. (1976), manyezit oluşumlarının yüksek CO₂ içerikli suların yüzeysel ve 100°C civarındaki sıcaklıklarda meydana geldiğini ve bu değerlerin daha üstündeki sıcaklıklarda da manyezit oluşabileceğini belirtmişlerdir. Magnezyumlu sıvıların karbonatları manyezitleştirme özelliği ise ortamdan ortama değişiklik göstermektedir. Akışkanlar manyezit oluşturmak için sıcaklığı yüksek bölgeden geçmek zorundadır. Johannes, (1970)'e göre eğer bir meteorik akışkan Mg'lu kalsit ve dolomit içeren yüksek parmeabilitedeli diyajenetik karbonat

kayasını geçerse bu akışkan Mg⁺² iyonunca çok zenginleşir. Bu sıvı yeterli sıcaklıkta benzer bileşimli ortamdan geçerek sıvı "manyezit-dolomit" oluşturmaya başlar, tuzluluktaki artış ise manyezitleşme sıcaklığını düşürür. Mg⁺² ca zengin sıvılar uygun koşullar altında herhangi bir karbonatla temasla geçtiği takdirde bu karbonatlar manyezite kanalize olabilir. (Roserberg ve Holland, 1964; Rosenberg ve diğ 1967; Johannes. 1970) manyezitlerin ultrabaziklerle ilişkileri ise Mg⁺² o kayaların Mg'lu minerallerinden kaynaklanır. Örneğin peridotitler % 40 oranında MgO içermektedir.

Peridotitlere bağlı gelişen manyezitlerde MgCO₃'u oluşturan elemanlardan Mg⁺² bu kayalarda yeterince mevcut olduğuna göre CO₂'in nereden ve nasıl gelip ortamdaki Mg⁺²

iyonları ile manyezit oluşturduğu sorusunun cevabı bu çalışmanın odak noktasını oluşturmaktadır. Çalışma alanında otokton karbonatlar ve şistler üzerine tektonik bindirme ile ofiyolitler gelip yerleşmişlerdir.

Bindirme ile otokton kayalarda ısı artışı olmuş ve 300° - 400° C civarında ısıya ulaşmıştır. Bu ısı karbonat kayalarından CO_2 çıkışına sebep olmuştur. Muffler ve White (1969), California'daki Salton Sea bölgesindeki klastik çökellerdeki koşulları tanımlamışlardır. Salton Sea bölgesinde yer alan bu çökeller kısmen Colarado platosunun denizel karbonatlı kayalarından gelen kalsit ve dolomittir. Dolomit 180° C sıcaklıkta reaksiyona girer ve CO_2 üretir, kalsit ise 300° C civarında bozunmaya başlar ve CO_2 çıkarır, 1000 m den daha derinlerde 250° C den daha yüksek sıcaklıklı eksik dekarbonizasyon sonucu CO_2 'in ortamdan kaçan akışkanlarla ortamdan uzaklaştığını gösterir (Yılmaz 1994). Karbonatın bozulması sonucu açığa çıkan ascendent CO_2 peridotit kayalarındaki Mg^{+2} iyonlarını bünyelerinde bulunduran akışkanlar ile temas yaparak ve doygunluk konsantrasyonuna erişildiğinde uygun şartlar olduğu zaman peridotitlerdeki kırık, çatlak ve boşluklarda manyezit yataklanmaları meydana gelecektir.

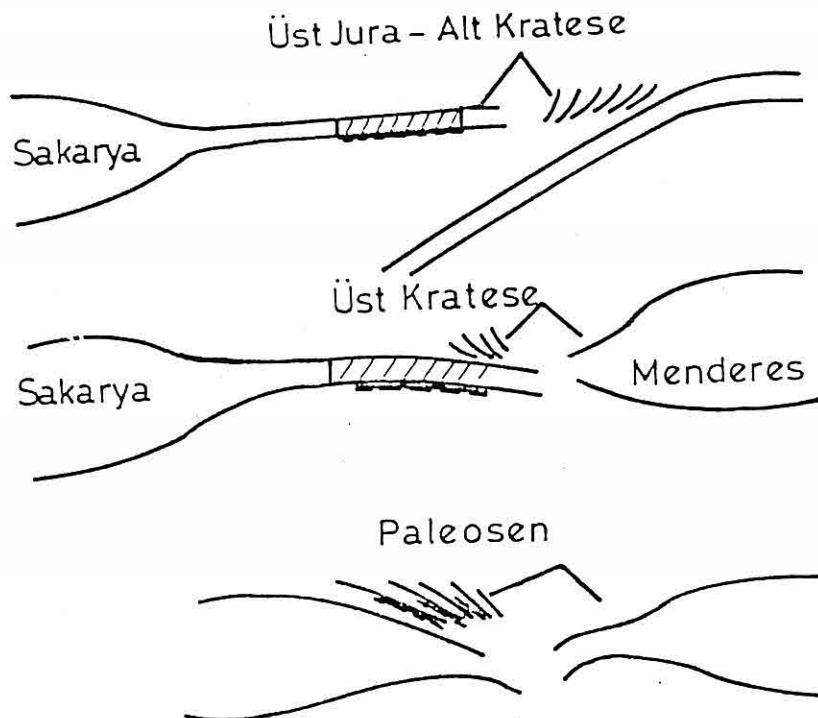
Türkiye'de değişik yörelerde çalışan araştırmacılar; Wirtz, 1955; Petrascheck, 1963; Kaaden, 1959; Arda ve diğ. 1971; manyezitlerin Neojen yaşı olduğunu ileri süreşmişlerdir. Yeniyol, 1979 ise Yunak - Konya manyezitleri üzerine

yaptığı çalışmalarla arazide manyezitlerde izlediği sıkışma tektoniği sonucu oluşan deformasyon, dislakasyon izlerini oluşturabilecek ofiyolit yerleşimi dışında bir tektonik olayın gerçekleşmediğini ve bunun için manyezitlerin ofiyolit yerleşim yaşı olan Üst Kratese – Paleosen yaşında olduğunu belirtmiştir.

Bu çalışmada Harmancık bölgesi allokton birimlerinden peridotitler otokton birimler üzerine tektonik bindirmeli olarak yerleşmiştir. Bu oluşum allokton karbonat kayalarını rekristalize kireçtaşlarına diğer allokton kayaları ise şistlere dönüştürmüştür. Oluşan bu şistlerde glokofan ve lavsonit minerallerine rastlanması oluşum şartlarını 300° - 400° C sıcaklık ve 7 kB basınç koşullarını vermektedir. Tektonik bindirme ile oluşan bu şartlar karbonat kayalarından CO_2 çıkışına dolayısı ile manyezit oluşumuna sebep olmuştur. Tektonik bindirmenin yaşı olan Üst Kratese-Paleosen aynı zamanda manyezit oluşumunun da yaşı olmuştur (Şekil 9).

7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Küplü Dağı ve civarında yataklanma gösteren manyezilere masif ve yumrulu görünüm olmak üzere iki tipte rastlanmıştır. Görüntüleri dışında hiçbir farklılık arz etmeyen bu manyezitlerden masif olanlarda saptanan mineraller: manyezit + serpentin + talk + kuvars/ kalsedon şeklinde, Yumrusal manyezitlerde ise: manyezit + kuvars/ kalsedon veya manyezit + serpentin şeklinde mineral toplulukları izlenmiştir.



Şekil 9. Harmancık ofiyolit kayalarının oluşum modellenmesi (Manav, 1996).

Tüm manyezitlerin ortak özellikleri ise silis mineralerinin çatlak dolgusu olarak yerleşmiş daha genç oluşumlar olması, fakat manyezit içinde olup da gözle fark edilemeyen ancak analiz ile anlaşılan silis oluşumları “Bünyesel silisler”的 varlığıdır. Bünyesel silislerin manyezitlere köken ilişkili olup eş zamanlı olmuşlardır. Her iki tip manyezitlerle serpentiner gang mineraler olup peridotitlerden oluşmuşlardır. Tüm manyezitlerde bloklanma, milonitleşme ve kırıkanma izlenmesine rağmen masif manyezitlerde bu özelliklere daha fazla rastlanmıştır. İnceleme arastırılan sıkışma

deformasyon izleri yanı manyezitlerinde bu manyezitlerin yüzeyel koşulların çok üstünde P ve T koşullarında oluşuklarını göstermektedir.

Bölge peridotitlerden alınan olivin örnekleri Yoder ve Samaha 1957, diyagramına yerleştirildiklerinde %95 forsterit içerdikleri anlaşılmıştır. Olivinlerin forsteritte zengin olmasının bölgedeki manyezit yataklannmalarında önemli rezervlere yol açtığı düşünülmüştür.

Yanıktepe manyezitleri içinde fındık büyülüğünde küresel kromitlere rastlanması manyezitlerin yataklannmadan önce hareket halinde olduğunu “çalkantılı

ortamı” işaret etmektedir.

Peridotit kayalarında Lisvenitlere rastlanılması manyezit yataklanmalarının göstergesi olacaktır. (Lisvenit kayaları manyezit oluşum evlerinde manyezitlere Mg⁺² iyonları veren peridotitlerden alterasyona uğrayarak oluşmuş karbonat + silika kayalarıdır.)

Türkiye manyezitlerinin hemen hemen tamamı ofiyolitlere bağlı gelişmiştir.

Türkiye'nin jeolojik haritası irdelendiğinde ofiyolitlerin büyük bir bölümünün karbonatlar üzerine tektonik bindirme ile yerleştiği görülmektedir. Bu oluşum Türkiye'nin manyezit açısından önemli potansiyele ulaşmasını sağlamıştır. Dünya Manyezit rezervleri açısından Türkiye 6. sıradadır. (Manyezit, 1975, Maden Müh. Odası Yayıını).

Manyezitlerin elektron mikroskopta incelenmelerinde manyezit romboedirleri üzerinde ve yanında kar görünümülü oluşuklar gözlenmiştir. Bu oluşukların noktasal analizlerinde “Fe, Si, Ca, Mn, Al,” gibi elementleri içerdikleri ve bu oluşumların manyezitlerin üstünde ya da yanında yer aldıkları fakat manyezit kristalleri içinde “yapısında” yer almazlıklar görülmüştür. Manyezit yapısında yer almayan bu “Fe, Si, Ca, Mn, Al” gibi elementlerin manyezit kristallerinin boşluk ya da süreksızlıklarına eş zamanlı veya sonradan yerleşikleri zannedilen bu elementlerin oksitleridir.

Türkiye'de ve inceleme alanında ofiyolitlere bağlı gelişen manyezit yataklarında cevherleşmeyi meydana

getiren olayın çok büyük olasılıkla ofiyolitlerin karbonatlar üzerine tektonik bindirmeli olarak gelip yerleşmesidir. (300°-400°C sıcaklık ve 6-7 KB. Basınç şartları). Bu durum alttaki karbonat kayalarının dekompoze olması ve ortama CO₂ çıkıştı için yeter şartlardır. Ortamda bu CO₂ peridotitlerin alterasyonu ile metasomatik olarak kopartılan Mg⁺² iyonları içeren sıvılar ile karşılaşlığında MgCO₃ (manyezit) haline geçeceklərdir ve uygun koşulları buldukça yatakları manyezit yataklarını oluşturacaklardır. İnceleme alanında ofiyolit kayalarının Üst Kratese-Paleosen aralığında (tektonik bindirmenin yaşı) ofiyolit yerleşimi ile başlayıp 2-3 milyon yılda sona erdiği zannedilmektedir.

8. KAYNAKLAR

Arda, T. Gök, S. Çetin, A. Akpinar, A. Çelik ve M. Erkeç, H., 1971. Kütahya İli Manyezit Maden Sahaları. MTA.Rap. 4273 (Yayınlanmamış).

Barnes, I., Irvin, W ve White, D., 1978. Global Distribution of Carbon dioxide Discharges, and Major Zones of Seismicity.

Brinkman, R., 1966. Geotectonische Gliederung von Westanatolien N. Jb. Geol.Pal.Mh. 603-618.

Harris, N.B.V., Kelley, S., and Okay, A.I., 1994. Post-Collision Magmatism and Tectonics In North West Anatolia Cont. Min Petrol, 117, 241-252.

Johannes, W., 1970. Zur Entstehung von Magnezitvorkommen, - N, Jb. Miner.Abb. 113, 274-325.

Kaaden, G.V., 1959. Age relations of

- Magmatic Activity and of Metamorphic Processes In the Northwestern Part of Anatolia M.T.A. Bül. 52, 15-34.*
- Kaya, O., 1981. Batı Anadolu Alta Bindirmesi, Ultramatik Biriminin ve Menderes Masifinin Jeolojik Konumu, Tübitak Doğa Dergisi, Atatürk Özel Sayısı 5, 15-36.
- Lungmuir, D., 1965. Stability of Carbonates In The System MgO-CO₂-H₂O Jour. Geol. V.73, 730-754.
- Manav, H., 1996. Kuplu Dağı (Harmancık) Ofiyolit Kayalarının İncelenmesi ve Bu Kayalardaki Manyezit Oluşumunun Jenetik Etüdü (İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi) (Yayınlanmamış).
- Muffler, I.S.P and While, D.E., 1969. Origin of CO₂ In The Salton Sea Geothermal System U.S.A.
- Okay, A.I., 1984. Kuzeybatı Anadolu Yer alan Metamorfik Kuşaklar, Kezin Sempozyumu, Türkiye Jeoloji Kurumu, S. 83-92.
- Okay, A.I., 1986. High Pressure/low temperature Metamorphic Rock of Turkey Geological Society of America Memoir. No. 164. 333-348.
- Manyezite, 1975. T.M.M.O.B. Maden Mühendisleri Odası Yayınevi.
- Petascheck, J., 1963. Eskişehir Civarında Bulunan Lületası ve Manyezitler M.T.A. Rap. 3441/A (Yayınlanmamış).
- Rosenberg, P.E., Burt, D.M and Holland, H.D. 1967. Calcide-Dolomite-Magnesite Stability Relations In Solutions. The Effect of Ionic Strength-Geochim. Cosmochim Acta. 31, 391-396.
- Rosenberg, P.E and Holland, H.D., 1964. Calcite- Dolomite - Magnesite Stability Relations In Solutions At Elevated Temperatures Sience 145, 700-701.
- Wirtz, D., 1955. 73/1, 2, 3, 4. Emirdağ ve 74/3 Katrancı Paftalarında Yapılan Jeolojik Harita Çalışmaları Hakkında Rapor M.T.A. Ens. No. 2363. (Yayınlanmamış).
- Yeniyol, M., 1979. Yunak (Konya) Manyezitlerinin Oluşum Sorunları Değerlendirilmeleri ve Yöre Kayaçlarının Petrojenezi, İ.Ü. Fen Fak. (Doktora tezi) (Yayınlanmamış)
- Yılmaz, H., 1994. Doğal Karbondioksit. Türkiye Enerji Bülteni T.M.M.O.B. Jeoloji Müh. Oda. Yayınevi Sayı. 1, 75-82.
- Yoder, H.S.J and Samaha, G.T., 1957. Olivine X'-Ray Determinative Amer. Min. 42, 475-491.

**SAYISAL GÖRÜNTÜ SINIFLANDIRMA YÖNTEMİYLE CEVHER
MİNERALLERİNİN MODAL ANALİZİ**

Hulusi KARGI

K.T.Ü., Jeoloji Müh. Bölümü, Gümüşhane/Türkiye

Muharrem AKGÜL, Bünyamin AKGÜL

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

ÖZET: *İslamköy (Kulp-Diyarbakır) bölgesindeki bazik ve ultrabazik kayaçlarla ilişkili cevherleşmelere ait örneklerin, parlak kesit mikroskop fotoğrafları bir tarayıcı (scanner) ile taranarak, sayısal görüntüler elde edilmiştir. Bu sayısal görüntüler içerisindeki minerallere karşılık gelen renkler, bir Quick Basic programı (Modal.Bas) ile sınıflandırılarak, cevher mineralerinin modal analizi gerçekleştirilmiştir.*

Minerallerin bilgisayara tanıtılmasında kullanılan algoritma, tek bir görüntü bandının işlenmesi şeklindedir. Minerallere ait renklerin histogramı kullanılarak, her bir mineralin hangi aralıktaki renklerle temsil edildiği deneme yanılma yoluyla bulunmuştur. Her bir mineralleri temsil eden renk aralıkları belirlendikten sonra, mineral görüntülerini oluşturan piksellerin miktarı sayilarak 100'e normalize edilmiştir.

Makale içerisinde sunulan iki örnekle ilgili bilgisayarlı modal analiz sonuçları şu şekilde dir: R1 örneği için sayılan toplam nokta (pixsel) sayısı 57440'dır. İçerisindeki mineralerin modal miktarı ise, gang+manyetit: %14.61, pirotin: %47.79, pirit: %37.59'dır. R8 örneği için sayılan toplam nokta sayısı 56597'dir ve modal mineralojisi %6.54 gang, %42.83 manyetit, %50.14 kalkopirit ve %0.49 pirit mineralerinden oluşmaktadır.

**MODAL ANALYSIS OF ORE MINERALS BY DIGITAL IMAGE
CLASSIFICATION METHOD**

ABSTRACT: *Digital images have been obtained by scanning photos of polished samples belonging to mineralization at Islamköy, Kulp-Diyarbakır which is related to basic and ultrabasic rocks. Modal analyses of ore minerals have been carried out by a Quick Basic program (Modal.Bas), classifying colors corresponding to minerals in these images.*

The algorithm used in the recognition of minerals by computer is the processing of single band. Which color range represents which mineral has been determined by trial error method using the histogram of mineral colors. After determining color range of each minerals, the number of pixels, which form mineral images, has been counted.

Results of modal analysis of two samples presented in the paper are as follow: The number of total points (pixel) counted for the sample R1 is 57440. Modal amount of minerals in this sample are 14.61% for gangue+magnetite, 47.79% for pyrrhotite, and 37.59% for pyrite. The number of total points counted for the sample R8 is 56597 and its modal mineralogy consists of 6.54% gangue, 42.83% magnetite, 50.14% chalcopyrite, and 0.49% pyrite.

1. GİRİŞ

Mikroskop altında nokta sayıcı ile modal analiz yöntemi, yerbilimlerinde önemini koruyan ucuz ve basit niceł analiz yöntemlerinden birisidir. Ucuz ve basit olması nedeniyle, yöntem yerbilimlerinde eskiden beri geniş uygulama alanı bulmaktadır. Ancak klasik yöntemle modal analizin uzun zaman alıcı olması ve hassasiyetinin düşük olması (Chayes ve Fairbairn, 1951; Chayes, 1956). Araştırmacıları alternatif modal analizleri aramaya yönelmiştir. Son yıllarda ortaya çıkan, ucuz ve hızlı bilgisayarlar ve gelişmiş yazılımlar, sayısal görüntü işleme yöntemiyle modal analizi gündeme getirmiştir (Allard ve Sotin, 1988; Fortey, 1995; Swan ve Garratt, 1995; Marschallinger, 1997).

Sayısal bir görüntü içerisindeki herhangi bir nesnenin doğru olarak tanımlanması, nesne ile o nesneyi oluşturan piksellerin özellikleri arasında kurulan ilişkinin, ne kadar doğru olduğuna bağlıdır. Bu nedenle görüntü içerisindeki piksellerin sınıflandırılması, görüntü işleme yönteminin esasını oluşturmaktadır. Literatürde çok sayıda değişik sınıflandırmalar bulunmasına rağmen, bunlardan ancak birkaç tanesi bilgisayarlı modal analizde etkin olarak kullanılabilmektedir (Marschallinger,

1997). Bunlardan en önemlilerinin ana ilkeleri aşağıda kısaca özetlenmiştir.

En hızlı ve basit sınıflandırma yöntemi, tek bir sayısal görüntü bandı (gerçek bir görüntüye ait sadece bir sayısal görüntünün olduğu durum) üzerinde gerçekleştirilen ve gri tonlarının sınıflandırılmasıyla ilgili yöntemdir. Bu yöntem çoğunlukla, kullanıcının interaktif olarak sınıflamaya katıldığı ve her bir nesnenin özgün gri tonlarına sahip olduğu durumlarda iyi çalışmaktadır. İyi bir sınıflandırma için piksel gri tonlarının histogramlarının oluşturulması ve bu histogramlarda karşılık gelen nesnelerin belirlenmesi gerekmektedir.

Bazen, tek bir sayısal görüntü bandı iyi bir sınıflandırma için yeterli olamamaktadır. Bu durumda, aynı gerçek görüntüye ait birkaç sayısal görüntünden elde edilen verileri kullanan, daha gelişmiş algoritmalarla daha iyi sınıflandırmaların yapılması mümkündür.

Kullanıcının, sınıflandırmadaki etkinliğine göre de, sayısal görüntü sınıflandırmalarını danışmanlı ve danışmansız olarak ta iki guruba ayırmak mümkündür (Fortey, 1995; Marschallinger, 1997). Danışmansız yöntemde sayısal görüntü içerisindeki bir nesneyi tanımlayan piksellerin özellikleri dışsal bir kaynaktan gelmektedir.

Örneğin, bir ince veya parlak kesit içerisindeki herhangi bir minerali tanımak için, o minerali tanımlayan özellikler önceden hazırlanmış standart kesitlerden gelmektedir. Danışmanlı yöntemde ise, sadece o görüntüde kullanılmak üzere, sayısal görüntü içerisinde seçilen bölgelerdeki nesnelere özgün piksel özelliklerinin, programa verilmesi gerekmektedir.

Birden çok görüntü bandının olduğu durumlarda sınıflandırmada kullanılan algoritmalar üç gurup altında toplanabilir (Marschallinger, 1997).

Paralel borular yöntemi: Bu yöntem, her bir sınıf ve her bir bant için, görüntü içerisinde seçilen bölgelerden elde edilen minimum ve maksimum değerleri kullanıcından istemektedir. Üç değerlerle boyaları belirlenen boruların oluşturduğu düzlemler, sınıfları oluşturan düzlemleri belirlemektedir. Eğer bir piksel, tanımlanan bir düzleme içersine düşüyorsa ait olduğu sınıfa dahil edilir, düşmüyorsa o piksel sınıflandırılmaz. Eğer, söz konusu piksel iki düzlemin çakıştığı bir alana düşüyorsa, o piksel görüntü içerisinde bulunduğu yerin önceliğine göre sınıflardan birisine dahil edilir.

Merkezi yöntem: Görüntü içerisinde seçilen bölgelerden her bir sınıf için elde edilen ortalama değerler, sınıfların merkezini oluşturmaktadır. Bir pikselin hangi sınıfı dahil edileceğini, pikselin sınıf merkezlerine olan yakınlığı belirler. Ortalama değerler dikkate alındığı için, parellel borular yöntemindeki, sınıf

bölgelerin üst üste çakışma sorununa bu yöntemde rastlanılmaz

Maksimum benzerlik yöntemi: Bu yöntem, ayırtman fonksiyon analizleri üzerine kurulu olduğu için istatistiksel anlamda daha gelişmiş bir yöntem olarak düşünülebilir. Merkezi yöntemde olduğu gibi sınıfların merkezleri, görüntü içerisinde seçilen bölgelerden elde edilen ortalama değerlerle belirlenir. Ancak burada merkez, bir elipsoidin merkezidir. Dolayısıyla, bir pikselin hangi sınıfa dahil edileceğinin belirlenmesinde, sadece sınıf merkezlerine olan uzaklıği değil aynı zamanda elipsoidin yönelimi ve şeklinde önemli rol oynamaktadır.

Sayısal görüntü sınıflandırma işleminde, bir taraftan genel amaçlı gelişmiş ticari yazılımlar, yukarıda bahsedilen algoritmalar işliğinde kullanıcıların hizmetine sunulurken (Eastmen, 1993, 1995), diğer taraftan araştırmacılar amaca yönelik pratik çözümler için kendi programlarını yazma eğilimindedir (Moran ve McBratney, 1991; Prince, 1991). Bu çalışmada biz de kendi programımızı tercih ettim. Bir Quick Basic programı yazılarak, cevher minerallerinin parlak kesitlerinin mikroskop fotoğraflarından elde edilen sayısal görüntülerin, modal analizi gerçekleştirilmiş olup, sonuçları bu makalede sunulmuştur. Örnek olarak seçilen cevher mineralleri, İslamköy (Kulp-Diyarbakır) bölgesindeki bazik ve ultrabazik kayaçlara ait cevherleşmelere ait sülfid ve oksit mineralleridir. Parlak

kesitlerde, söz konusu mineraller ayırtman renklere sahip oldukları için kullanılan algoritma, tek bir görüntü bandındaki 256 renk tonunun sınıflandırılmasından ibarettir.

2. YÖNTEM

İslamköy (Kulp-Diyarbakır) yöresindeki bazik ve ultrabazik kayaçlarla ilişkili cevherleşmelerde ait örneklerin (Akgül, 1993), parlak kesitlerinin mikroskop fotoğrafları çekilerek, HP ScanJet 40 model bir tarayıcı (scanner) ile bu fotoğraflar 16.7 milyon renkte (24 bit görüntü olarak) taranıp, görüntüler Windows Bitmap dosyaları olarak kaydedilmiştir. Fotoğrafların tarama çözünürlüğü 150x150 dpi olup, oluşan görüntünün piksel boyutları fotoğrafa göre değişmektedir. Elde edilen görüntü dosyaları Corel Photo-Paint (ver. 5.0) program ortamına çağrılarak, görüntüler 256 renge çevrilip TIFF dosyaları olarak kaydedilmişlerdir. TIFF dosyalarını okuyup, işleyebilen bir Quick Basic programı (Modal.Bas) yazılarak, bu program yardımıyla modal analiz gerçekleştirılmıştır.

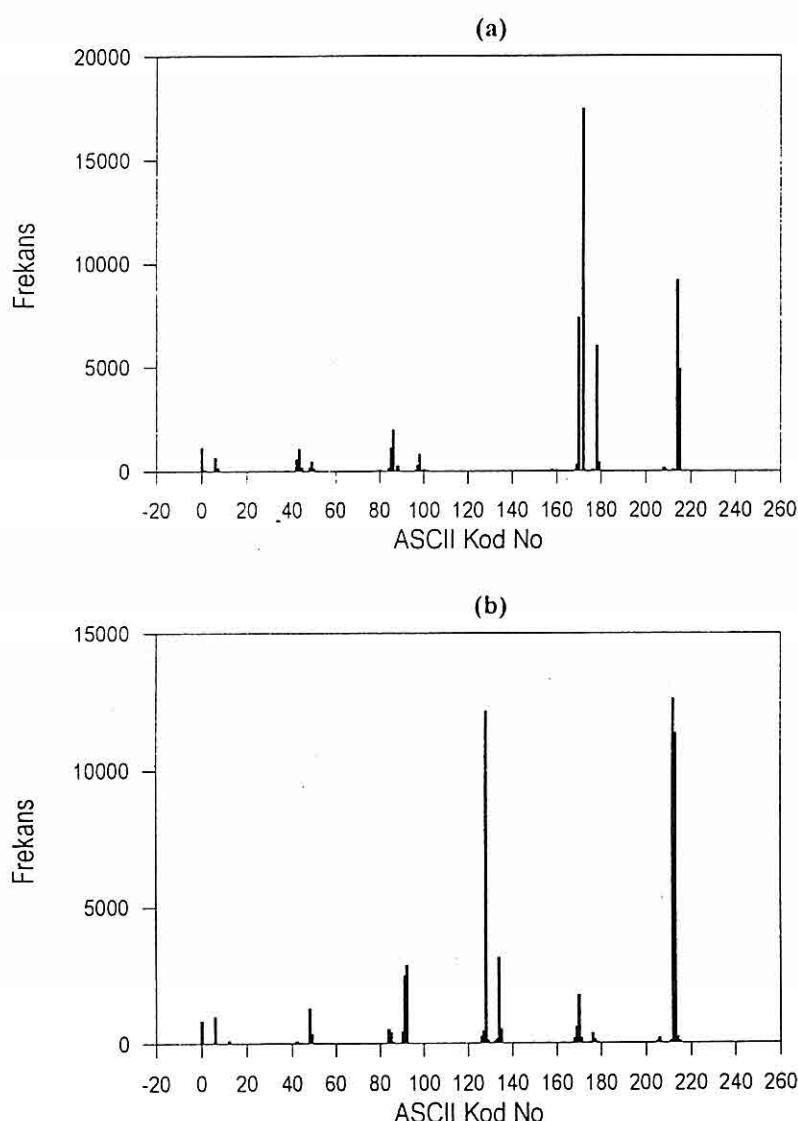
3. UYGULAMA

Tarayıcı ile taradığımız örnek sayısı sekizdir, ancak hepsinden ayrı ayrı bahsetmenin gereksiz olduğunu düşünerek, burada sadece iki tanesi (bize göre modal analizi en zor ve en kolay iki örnek) üzerinde gerçekleştirilen modal analizlerden bahsedilecektir. Bunlardan, R1 örneği içerisinde bulunan mineraller:

Pirit, pirotin, gang mineralleri ve az miktarda manyetit mineralidir ve R8 örneği içinde bulunan mineraller kalkopirit, manyetit, gang mineralleri ve az miktarda pirit mineralidir.

R1 ve R8 örneklerinin mikroskop görüntüsünü içeren R1.TIF ve R8.TIF dosyalarının boyutları sırasıyla 57440 ve 56597 bayt olup, görüntülerin piksel boyutları, 281 x 198 ve 281 x 195 dir. Bu bilgiler Modal.Bas programına verilerek, her bir renge karşılık gelen ASCII kod numaralarının histogramları ile birlikte fotoğraf görüntülerini ekrana çizilmiştir. Histogramlardan anlaşılabileceği gibi kod numaralarının (renklerin) bir kaç sınıf oluşturacak şekilde odaklandıkları görülmektedir (Şekil 1).

Bu sınıflardan hangisinin hangi minerale ait olduğunu belirlemek amacıyla, belli aralıktaki kod numaraları programa verilip, sadece o aralıktaki kod numaralarına karşılık gelen renklerin görüntülerini ekrana çizilmiştir. Birkaç denemeden sonra R1.TIF dosyasındaki ASCII kod numaralarının oluşturduğu histogramdaki, 0-90 aralığındaki kod numaralarının gang+manyetit minerallerine, 91-174 aralığındakilerin pirotin mineraline, 175-255 aralığındakilerin ise pirit mineraline ait olduğu anlaşılmıştır. Manyetite ait bazı renklerle gang mineralleri etrafındaki gölgelerin renkleri üst üste çakışlığı için ikisi birlikte değerlendirilmiştir. R8.TIF dosyasında ise gang mineralleri 0-70, manyetit 71-160, kalkopirit 161-213 ve pirit 214-255 arasındaki ASCII kod numaraları ile temsil edilmektedirler. Bu



Şekil 1. R1.TIF (a) ve R8.TIF (b) dosyaları içerisindeki minerallerin renklerine karşılık gelen ASCII kod numaralarının histogramları.

bilgiler ışığında Modal.bas programıyla çizilen minerallerin görüntüleri ile orijinal Windows Bitmap görüntülerini Şekil 2 de verilmiştir.

R1 örneğinde, gang+kalkopirit

mineralleri için sayılan nokta sayısı (piksel sayısı) 8131, pirotin için 26590 ve pirit için 20917'dir. Bunların tüm mineraller içerisindeki yüzdesi sırasıyla, 14.61, 47.79 ve 37.59'dır. R8 örneğinde

sayılan nokta sayısı, gang minerali için 3585, manyetit için 23469, kalkopirit için 27741 ve pirit için 269'dır. Yüzdeleri ise sırasıyla, 6.54, 42.83, 50.14 ve 0.49'dır.

4. MODAL.BAS PROGRAMI

Modal.Bas programı Quick Basic ver. 4.50 ortamında yazılan, bir ana program ve üç alt programdan oluşan bir programdır. Program çalışlığında kullanıcıdan, dosya adını, dosya boyunu ve görüntünün piksel boyutlarını istemektedir. Bu bilgiler klavyeden girildikten sonra, ekranda minerallerin 16 renkte çizilmiş görüntüleri ile birlikte, ASCII kod numaralarının histogramı gözükmektedir. Histogramda yatay eksendeki (ASCII kod numaralarını ifade eden eksendeki) her bir bölge 10 aralığı göstermektedir (0, 10, 20, vs.). 16 renkte çizmenin amacı her bir minerali ayrı bir renk ile ifade etmek değil, sadece analizin doğru yapılabilmesi için Modal.Bas programının TIFF dosyasını doğru okuduğundan emin olmak içindir. Minerale özgü renklerin belirlenmesi için kullanıcı her defasında histogramdaki yiğisimlara bakarak, sağ üst köşede alt, üst ile belirtilen kısımdaki alana O'dan 255 e kadar olan sayılardan iki sayıyı, ASCII kod numaralarının alt ve üst sınırı olacak şekilde girerek, o aralıktaki kod numaraları ile temsil edilen mineralin görüntüsünü ekrana çizdirebilir. Minerallerin TIFF dosyası içerisinde hangi karakterlerle ifade edildiği anlaşıldıktan sonra, yine sağ üst köşedeki kısımdan o karakterlerin dosya içerisindeki miktarı ve yüzdesi okunur (Şekil 3). Her bir mineral için aynı

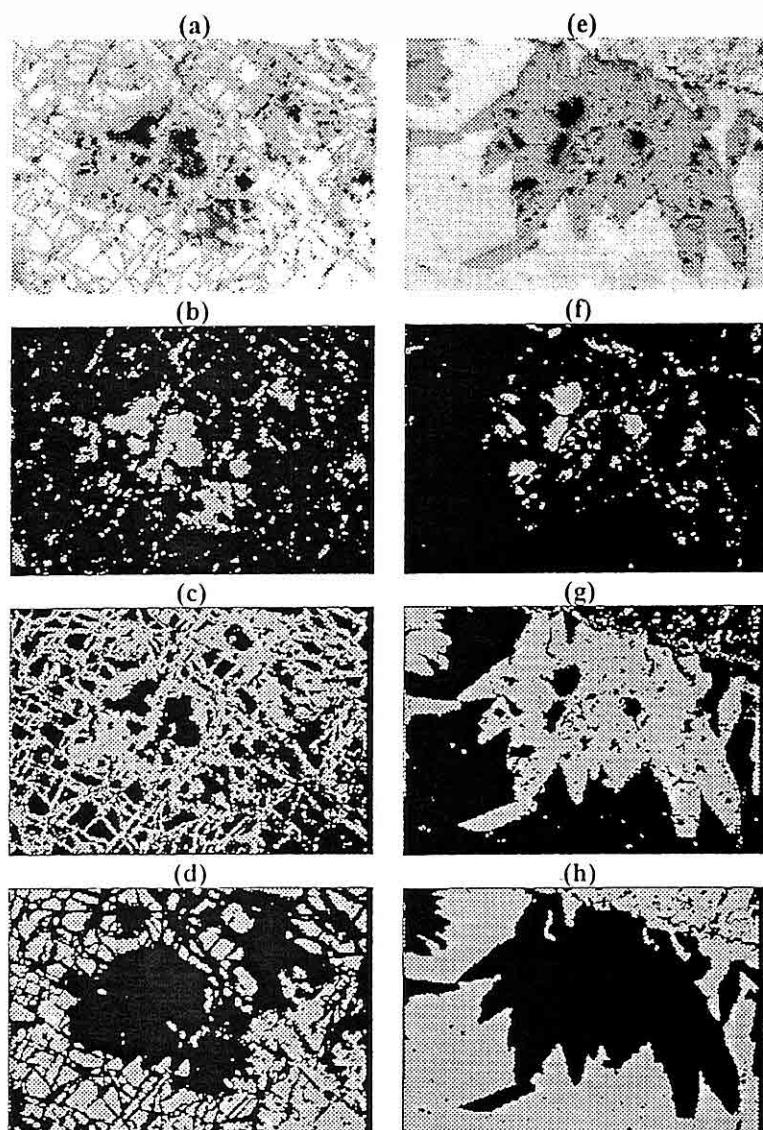
102

işlemler yapılarak modal analiz gerçekleşmiş olur.

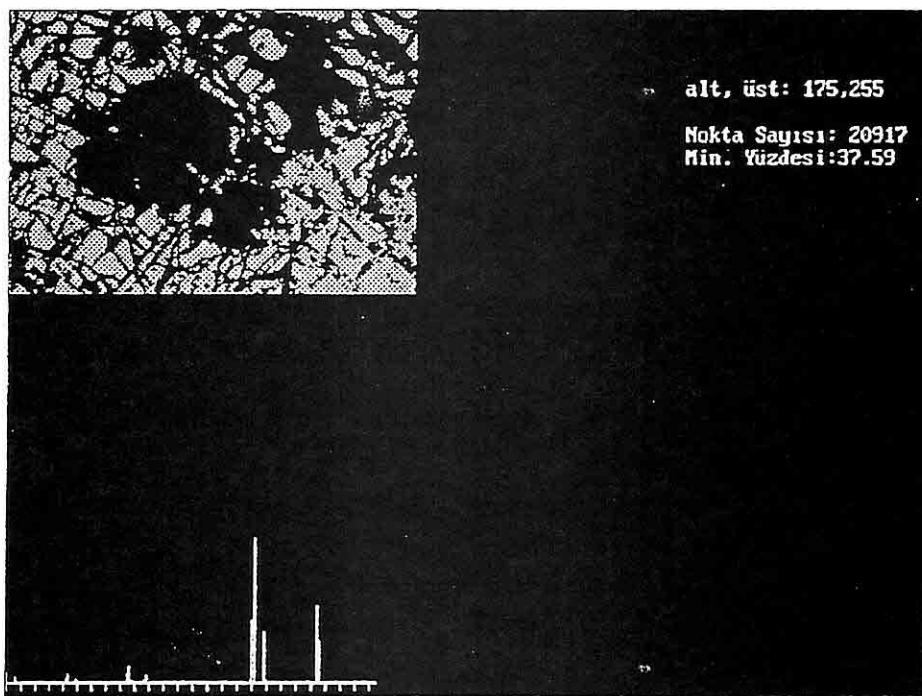
5. SONUÇLAR

İslamköy (Kulp-Diyarbakır) yöresindeki cevher örneklerinin parlak kesit mikroskop fotoğrafları taranarak, oluşan görüntüler içerisindeki minerallerin kapladığı alan bilgisayar yardımıyla hesaplanarak, bilgisayarlı modal analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analizleri yapabilmek bir Quick Basic programı (Modal.Bas) yazılmıştır.

Söz konusu kesitler içerisindeki cevher minerallerinin miktarını hatasız olarak belirleyecek bir yöntemin bulunmaması, bilgisayarlı modal analizin hassasiyetiyle ilgili gerçek istatistiksel bilgileri elde etmeyi imkansız kılmaktadır. İyi bir sınıflandırma yapıldıktan sonra, kuşkusuz modal analizin hassasiyeti sayılan nokta sayısının çokluğu ile doğru orantılı olacaktır. Sayısal görüntü içerisindeki piksellerin sayılarıyla elde edilen nokta sayısı, klasik nokta sayacı ile modal analiz yöntemiyle elde edilen nokta sayısından defalarca fazla olduğu için, iyi bir sınıflandırmanın yapılması durumunda, sayısal görüntü işleme yöntemiyle yapılan modal analizin hassasiyeti çok daha fazla olmaktadır. Ayrıca sayısal görüntülerden modal analizin, yarım saatte az bir süre içerisinde yapıldığı göz önünde bulundurulursa, bu yöntem klasik nokta sayımı yöntemine karşı önemli üstünlükler sağlamaktadır. Ancak unutulmamalıdır ki, biz burada, bilgisayarlı modal analizi test etmek amacıyla, sadece bir görüntü alanındaki



Şekil 2. R1 (a) ve R8 (e) örneklerinin taranmasıyla oluşan Windows Bitmap görüntüleri ve örnekler içerisindeki her bir minerallerin Modal.Bas programı yardımıyla çizilmiş görüntüler (b, c, ve d deki beyaz alanlar sırasıyla R1 örneğindeki, gang+manyetit, pirotin ve pirit mineralleridir ve f, g, h daki beyaz alanlar ise sırasıyla R8 örneğindeki gang, manyetit ve kalkopirit+pirit mineralleridir). Örneğin c görüntüsündeki beyaz alanlar pirotini, siyah alanlar diğer mineralleri temsil etmektedir.



Şekil 3. Modal.Bas programının tipik ekran çıktısı. Sol alt köşede görüntü içerisindeki renklerin histogramı, sağ üst köşede çizilmesi istenen renk aralığı ve bu aralıkta sayılan nokta sayısı ve sol üst köşede bu aralıktaki renklerin beyaz diğer renkleri siyah olarak çizilmiş hali gözükmektedir.

minerallerin modal analizini gerçekleştirdik. Gerçekte yöntemin pratikte kullanılması için geliştirilmesi ve tarayıcı yerine kamera kullanılarak geniş bir alanın kısa bir sürede taraması gerekmektedir.

6. KAYNAKLAR

Akgül, M., 1993, *İslamköy (Kulp-Diyarbakır) yöresindeki bazik ve ultrabazik kayaçlar ile ilişkili cevherleşmeler*, F.Ü. Fen Bil. Ens., Doktora tezi (yayınlanmamış), Elazığ, 116s.

Allard, B. and Sotin, C., 1988, *Determination of mineral phase percentages in granular rocks by image analyses on a microcomputer*, Computer & Geosciences, 14, 261-269.

Chayes, F. and Fairbairn., H.W., 1951, *A test of precision of thin section analysis by point counter*, American Mineralogist, 36, 704-712.

Chayes, F., 1956, *Petrographical modal analysis*, John Wiley and Sons, New York.

Eastmen, J.R., 1993, *IDRISI version 4.1 update manual*, Clark University,

- Worcester, Massachusetts, 209p.
- Eastmen, J.R., 1995, IDRISI for Windows user's guide, Clark University, Worcester, Massachusetts, 398p.
- Fortey, N.J., 1995, Image analysis in mineralogy and petrology, *Mineral. Mag.*, 59, 177-178.
- Marschallinger, R., 1997, Automatic mineral classification in the macroscopic scale, *Computer & Geosciences*, 23, 119-126.
- Moran, C.J. and McBratney, A.B., 1991, Structura: a C program for estimating attributes of two-phase, heterogeneous structures digitized from planar specimens, *Computers & Geosciences*, 16, 1067-1084.
- Prince, C.M., 1991, Decode and Dfour: 2-D Fourier processing of petrographic images, *Computer & Geosciences*, 17, 505-525.
- Swan, A.R.H. and Garratt, J.A., 1995, Image analysis of petrographic textures and fabrics using semivariance, *Mineral. Mag.*, 59, 186-196.

**KABALAR FORMASYONU (GÖYNÜK-BOLU) BİTÜMLÜ
ŞEYLLERİNDEKİ HİDROKARBON DAMLALARININ MORFOLOJİLERİ**

Erdoğan TEKİN ve Ali SARI

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

ÖZET: *Orta Sakarya bölgesinde yüzeyleyen organik maddece zengin Paleosen yaşı Kabalar formasyonu, başlıca 3 alt fasiyese ayrılmaktadır. Bunlar; alta i) marn-çamurtaşlı fasiyesi, ortada ii) organik maddece zengin şeyl fasiyesi ve üstte ise iii) silttaşlı-kireçtaşlı fasiyeleridir. Göl ortamının ürünü olan bu karasal fasiyelerden organik maddece zengin şeyller arazide mm-cm arasında değişen tabaka kalınlıklarına sahip olup, istifin düşey kalınlığı 50-135 m arasında, yanal yayılımı ise 4-6 km civarındadır.*

Orta Sakarya bölgesinde yüzeyleyen organik maddece zengin Paleosen yaşı Kabalar formasyonuna ait şeyllerde yapılan petrografik çalışmalarda yaygın bir şekilde biyoturbasyon yapılarının, stilolitleşmelerin, yoğun kırık/çatlak ve karstik boşlukların geliştiği görülmüştür. Ayrıca bazı örneklerde ise zayıf dolomitleşmelere, diatom kavuk parçalarına ve çatlak/boşluk dolgusu iğnemsi-lifsi jips kristallerine rastlanılmıştır.

Diğer yandan yine şeylli fasiyese ait örneklerde gerçekleştirilen SEM çalışmalarında da hidrokarbon damlacıklarının morfolojik yapılarının yarı sferik kürecikler/lobcuklar, amalgamasyon ve sucuslu şekillerinde olduğu saptanmıştır. Bu hidrokarbon damlacıklarının tane boyalarında 1-10 µm arasında değiştiği belirlenmiştir. Tüm bu değişik morfolojik tipteki hidrokarbon damlacıkları, kayaç matriksini oluşturan yarı özçekilli tabuler kalsit kristallerinin üzerinde yer yer sıvamalar ve yer yerde bunlar arasındaki porozite alanları içerisinde boşluk dolgusu tarzında yer almaktadır. Bunlara ilaveten SEM çalışmaları sırasında kalsit kristalleri arasında indirgeyici ortam koşullarını karekterize eden fromboidal piritlere de rastlanılmıştır. Bu fromboidal piritler üzerindeki oygulama/delgileme izleri olasılıkla bunların oluşumunda sülfür bakterilerinin rol oynadığını işaretlemektedir. Yine SEM çalışmalarında yaygın simekit türü kil mineralleşmeleri de izlenmiştir. Ayrıca EDS çalışmalarında da Ca, Al, Mg, Si, Fe, S ve Na esas elementleri tespit edilmiştir.

**MORPHOLOGY OF HYDROCARBON DROPLETS FROM BITUMUNIOUS
SHALES OF THE KABALAR FORMATION (GÖYNÜK-BOLU)**

ABSTRACT: *Kabalar formation of Paleocene age located in the general region of the Middle Sakarya is subdivided into 3 facies which are i) marl-mudstone facies at the*

bottom; ii) shale facies with rich organic matter in the middle; iii) silty, clayey limestone facies at the top. The overall thickness of the series is 50-135 m with an areal extension of 4-6 km. The organic matter rich shale in these series has a thickness at the mm to cm scale.

Petrographic analyses on shales from the Kabalar formation of Paleocene age located in the general region of Middle Sakarya revealed the existence of common bioturbation structures, stylolitization, extensive joint development, and karstic vugs. Some samples included weak dolomitization, diatom shells, fibrous gypsum crystals in the form of vug fillings.

SEM studies on the samples from the bituminous shale revealed that the morphological structures of hydrocarbon droplets have the shapes of hemispherical lobates droplets, amalgamated droplets and sausage shaped droplets. The grain size of the hydrocarbon droplets range from 1-10 µm. The hydrocarbon droplets of various morphologies are found in shale in the form of coatings on subidiomorp tubular calcite crystals which form the rock matrix and vug fillings between those calcite crystals SEM studies also revealed the existence of fromboidal pyrite associated with calcite crystals indicating the conditions of a reducing environment. Budding and binding structures on those fromboidal pyrites indicate that these structures are very likely to be the products of sulfur bacteria. SEM analyses revealed the existence of abundant smectite minerals in bituminous shales. The major elements of Ca, Al, Mg, Si, Fe, S and Na were recognized through EDS studies.

1. GİRİŞ

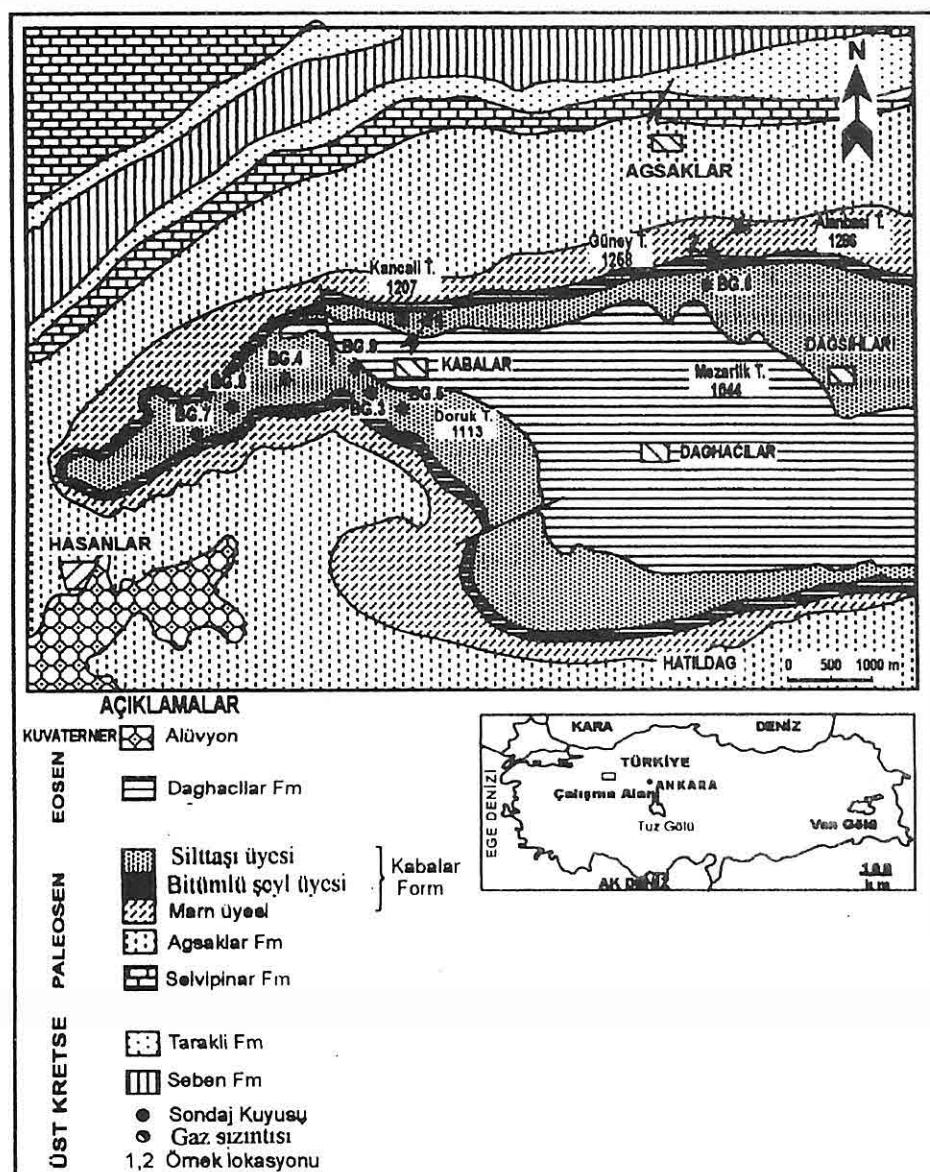
Çalışma alanı Bolu İli'ne bağlı Göynük İlçesi'nin 20 km GD'sunda yer alır (Şekil 1).

Bu çalışmaya konu olan bitümlü şeyller Paleosen yaşı olup organik madde yönünden oldukça zengindir (Levha 1a). Türkiye bitümlü şeyl yatakları yönünden oldukça zengin olmasına rağmen günümüzde ekonomik yönden henüz değerlendirilmemektedir. Ham petrol üretiminden, çimento hammaddesine, gübre sanayiinden, kıymetli metal eldesine ve termik santrallerde katı yakıt olarak kullanılmasına kadar pek çok alanda değerlendirilebilen bu yeraltı

zenginliğinin yakın bir gelecekte Türkiye ekonomisine kazandırılması gerekmektedir.

Türkiye'deki belli başlı bitümlü şeyl yataklarından Ankara-Beypazarı, Kütahya-Seyitömer, Bolu-Hatıldağ, Bolu-Himmetoğlu, Bolu-Göynük, Niğde-Ulukışla, İzmit-Bahçecik, Balıkesir-Burhaniye, Ankara-Beydili, Çorum-Dodurga, Amasya-Çeltek sahalarında ayrıntılı çalışmalar yapılmıştır. Kastamonu-Boyalı, Manisa-Demirci, Çankırı-II.İslık, Kastamonu-Aspiras sahalarında ise çalışmalar halen devam etmektedir (Şengüler, 1994). Ülkemizdeki bitümlü şeyl rezervininde

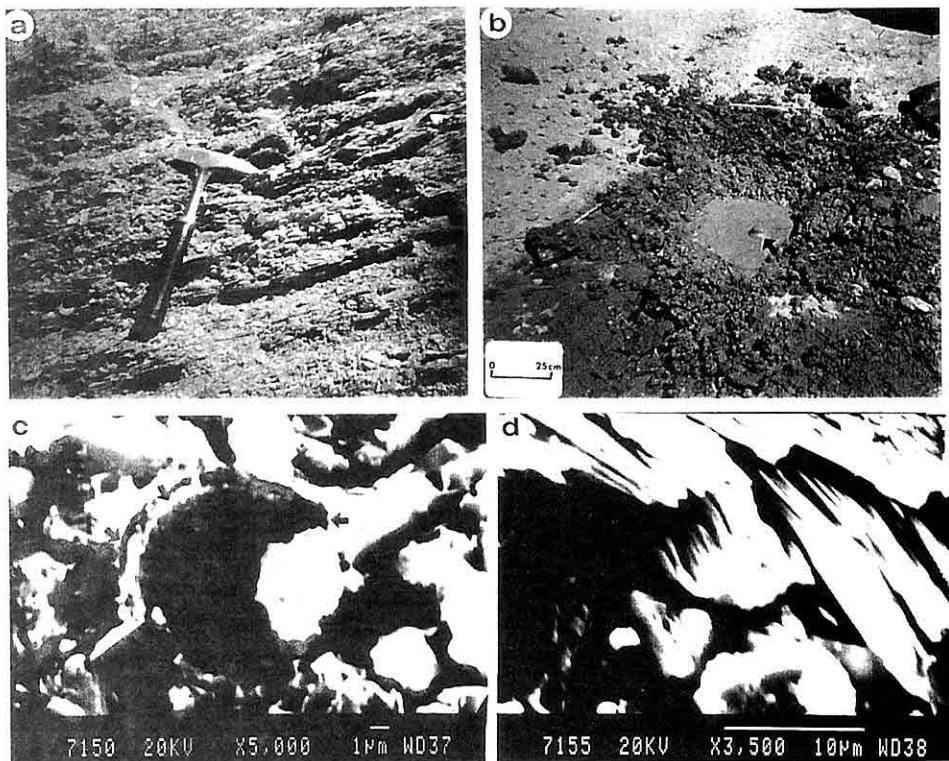
**KABALAR FORMASYONU (GÖYNÜK-BOLU) BİTÜMLÜ ŞEYLLERİNDEKİ
HİDROKARBON DAMLALARININ MORFOLOJİLERİ**



Şekil 1. İnceleme alanına ait jeoloji haritası (Şener ve Şengüler; 1998).

1,6 milyar ton olduğu yine Şengüler (1994)'in çalışmasında belirtilmektedir. Ülkemizde bitümlü şeyllerin

incelenmesine yönelik olarak yapılan çalışmalar son derece sınırlıdır. Diğer yandan inceleme alanı ve yakın



Levha 1. Levha 1a; Kabalar formasyonuna ait bitümlü şeyllerin arazi görünümü, Levha 1b; Kabalar formasyonuna ait bitümlü şeyllerden türeyen gaz kabarcığı, Levha 1c; Karbonat matriksi içerisinde izlenen ve üzeri kısmen kıl sıvamalı fosil (diatom?) tanesinin küresel şekli, Levha 1d; Karbonat matriksi içerisindeki karstik boşluğu doldurmuş lifsi-iğnemsi jips kristalleri.

çevresinde bugüne kadar değişik amaçlı pekçok çalışma yapılmış olup, bunların başlıcaları şunlardır: Saner (1978, 1980), Sarı (1985, 1999), Sarı ve Sonel (1995), Sonel ve diğ., (1987 a,b), Şener (1993), Şener ve Şengüler (1998), Turgut ve Dümenci (1980) ve Yılmaz (1981). Kabalar formasyonunda yapılan

organik jeokimyasal ve organik petrografik incelemeler birimin toplam organik karbon içeriğinin (TOC) 0.15-10.79 wt % arasında değiştğini, kerojen tipinin Tip I ve Tip II kerojenlerden olduğunu göstermiştir. Yapılan organik madde olgunlaşma çalışmalarında ise olgunluğun hidrokarbon türüne elverişli

olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yapılan arazi çalışmalarında birimin yeraltında gömülü olduğu alanlardan geldiği düşünülen gaz çıkışlarının varlığı da belirlenmiştir (Levha 1b). Bu gaz çıkışlarının olması birimin hidrokarbon potansiyelinin bulunduğuna işaret eder.

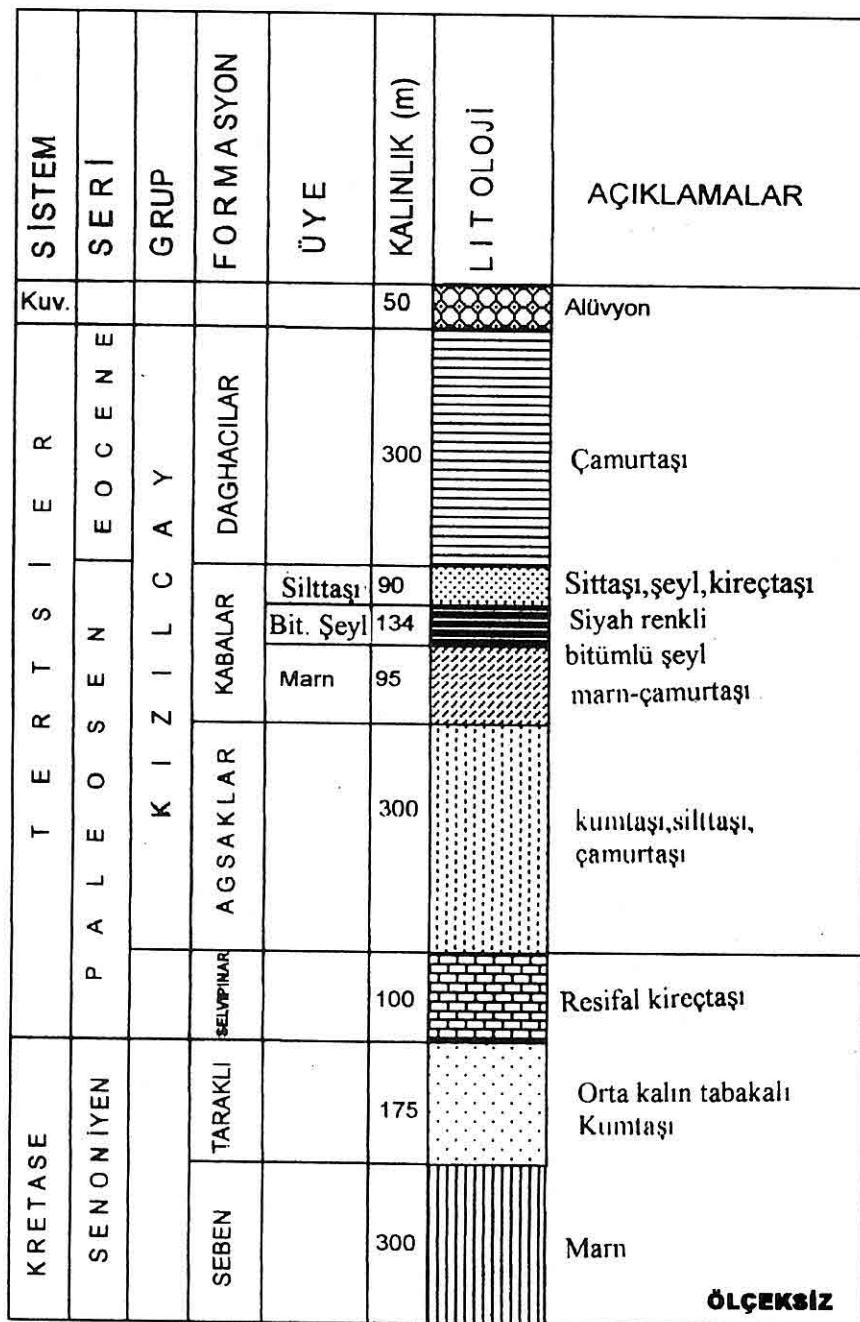
Bu çalışma petrol içeren kayaçlarda hidrokarbon damalarının morfolojik şekillerinin tespiti ve hidrokarbon göç yollarını izleyebilmek amacıyla yapılmıştır.

2. GENEL JEOLOJİ

İnceleme alanı litostratigrafik olarak Mesozoyik ve Senozoyik yaşılı birimleri içerir. Mesozoyik; Geç Kretase yaşılı Seben ve Taraklı formasyonlarını, Senozoyik ise Paleosen yaşılı Selvipınar formasyonu ile Paleosen-Eosen yaşılı Kızılıçay Grubunu kapsar (Şekil 2). Senonyen yaşılı Seben formasyonu marn ve ince taneli kumtaşlarından oluşur ve derin deniz ortamında çökelmiştir. Bu birim üzerine Geç Senonyen yaşı ve genellikle ince taneli kumtaşlarından oluşan, sığ deniz koşullarında çökelmiş olan Taraklı formasyonu uyumlu olarak gelir. Taraklı formasyonu üzerine çoğunlukla resifal kireçtaşı özelliğinde olan Paleosen yaşılı Selvipınar formasyonu ve onunda üzerine çamurtaşı, marn, bitümlü şeyl, silttaşları ve kumtaşlarından oluşan Paleosen-Eosen yaşılı Kızılıçay Grubu uyumlu olarak gelir. Kızılıçay Grubu Sakarya paleo kıtasında oldukça geniş bir alanda yüzeyler. Genellikle kırmızı renkli detritik

sedimanlardan oluşan Kızılıçay Grubu inceleme alanında Ağsaclar, Kabalar ve Dağhacılar formasyonlarına ayrılr. Ağsaclar formasyonu kumtaşları, silttaşları ve çamurtaşlarından oluşur. Bu özellikler birimin gittikçe sağlamış bir ortamda çökeldiğine işaret eder. Birim üzerine gelen ve incelememize konu olan Kabalar formasyonu alta marn üyesi, orta seviyelerde bitümlü şeyl üyesi ve üstte ise silttaşları üyesi şeklinde başlıca üç ümeye ayrılmaktadır. Bunlar ve diğer arazi gözlemleri Kabalar formasyonunun muhtemelen göl ortamında çökelmiş olabileceğini işaretlemektedir. Diğer yandan Kabalar formasyonu üzerine gelen Eosen yaşılı Dağhacılar formasyonu ise kırmızı renkli marn ve bunlar içerisinde yer yer izlenen kumtaşçıkalıtaşı mercekleri ile çamurtaşlarından oluşmaktadır. Bu litolojiler de Dağhacılar formasyonunun örgülü akarsu ve/veya delta gerisi ortamında çökelmiş olduğunu göstermektedir.

Jeodinamik açıdan ise; Türkiye KB'sında yer alan inceleme alanı ve yakın civarında izlenen İzmir-Ankara sütür zonu ile ofiyolit zonu Jura (Triyas?)’dan Paleosen'e kadar uzanan Neotetisin kuzey kolunun litosferik kalıntıları olabilir. Bu okyanus Anadolu kıtasını pontidler (olasılıkla Sakarya kıtası)’den ayırr. Kuzeydeki dalma zonu boyunca gelişen kapanma ise Geç Kretase'de başlayıp, başlangıç çarşımı muhtemelen Paleosen-Erken Eosen'de gerçekleşmiştir (Şener ve Şengüler, 1998). Diğer yandan Orta sakarya



Şekil 2. İnceleme alanına ait stratigrafik kolon kesit (Şener ve Şengüler; 1998'den değiştirilerek).

*KABALAR FORMASYONU (GÖYNÜK-BOLU) BİTÜMLÜ ŞEYLLERİNDEKİ
HİDROKARBON DAMLALARININ MORFOLOJİLERİ*

bölgесinin kuzeyindeki regresyon Geç Kretase'den Paleosen'e kadar devam eder. Deniz zaman zaman sığlaşır fakat bölgeyi tamamen terk etmez. Sakarya baseninin kuzeyinde ise Geç Kretase-Eosen denizel sedimanları kesintisiz olarak depolanmışlardır. Buna karşın Sakarya baseninin güneyinde ise denizel Geç Kretase ve Eosen arasında akarsu sedimanları depolanmıştır (Saner, 1978). Bölge genel olarak Alp orojenezinin etkisinde kalmıştır. Geç Kretase tortullarının kesintisiz olarak Paleosen tortullarına geçmesi Laremiyen fazının bu alanda pek etkili olmadığına işaret eder. Miyosen tortullarının oldukça fazla kıraklı olması ise Radoniyen fazının bölgede oldukça etkili olduğunu gösterir.

3. PETROGRAFİK VE ELEKTRON MİKROSKOP İNCELEMELERİ

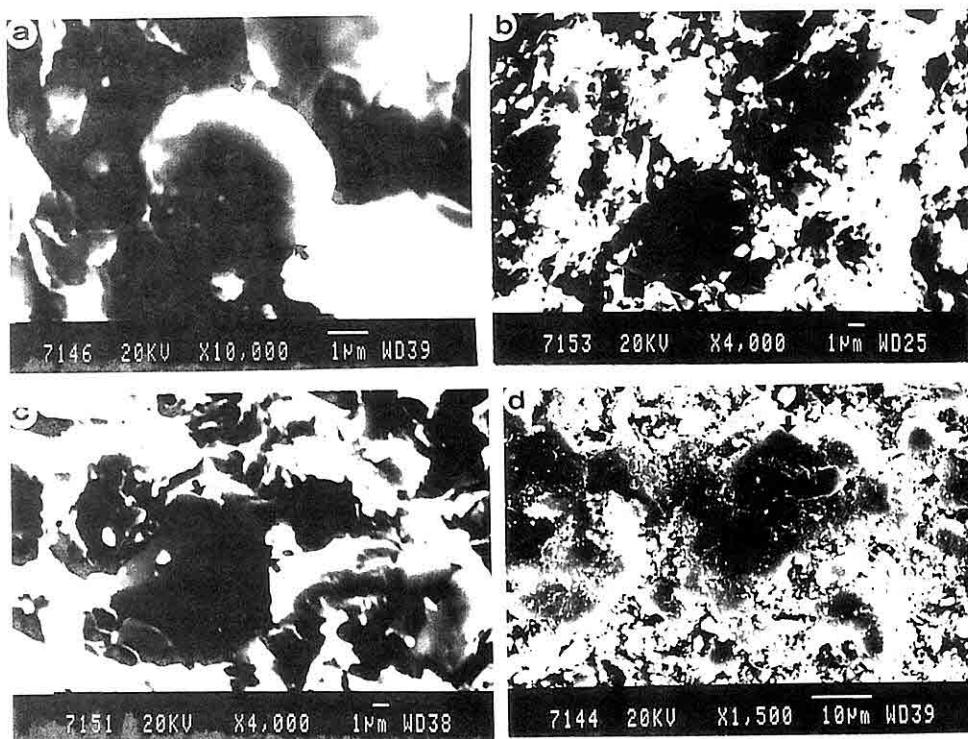
Bu çalışmada kullanılan organik maddece zengin yüzey örneklerinde yapılan petrografik çalışmalarda yaygın bir şekilde biyoturbasyon yapılarının, stilolitleşmelerin, yoğun kırık/çatlak ve mikro boşluklar ile demir sıvamalarının geliştiği görülmüştür. Ayrıca bazı örneklerde ise zayıf dolomitleşmelere, üzeri kısmen kil sıvamalı diatom kavkı parçalarına (Levhа 1c) ve çatlak/boşluk dolgusu iğnemsi-lifsi jips kristallerine (Levhа 1d) rastlanılmıştır.

Literatürde O'Brien vd (1996) rezervuar bitümlerinde yapmış oldukları çalışmalarında; sferik damlalar, amalgamasyon damlalar, sucuk şekilli

damlalar ve çubuk şekilli damlalar olmak üzere dört tip hidrokarbon morfolojisini belirlemiştir. Bu dört tip hidrokarbon damlacığı aynı yüzey örneği içerisinde bulunmuş olup, bu durum bize hidrokarbon şekillerinin damlaların göç süresince toplanmalarının değişik dereceleri ile alakalı olduğunu, buna karşın hidrokarbon olgunlaşmasının değişik safhalarıyla ise alakalı olmadıklarına işaret eder.

İnceleme alanına ait örneklerde yapılan Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) çalışmalarında ise yukarıdaki dört temel tipten ilk üçü saptanmıştır. Bunlardan küre şekilli damlalar genellikle kaynak kaya matriksinden mikroboşluk yada kanallara hareket eden küresel ve/veya sferik şekilli damlalarıdır (Levhа 2a). O'Brien vd (1996) küre şekilli damlaların formasyon matriksinden gözenek alanlarına yada mikrokanallara hareket eden bireysel hidrokarbon damlaları olduklarını ifade ederler.

Kaynak kaya matriksinden mikroboşluklara yada mikrokanallara geçen küresel şekilli bireysel hidrokarbon damlaları hareketleri süresince önlerine çıkan diğer hidrokarbon damlaları ile birleşerek amalgamasyon damlalarını oluştururlar (Levhа 2b). Amalgamasyon damlaları genellikle şeklär olup, yaygın olarak uzamiş küresel/sferoidal damlalar şeklinde görülürler (Levhа 2c). Bazı örneklerde ise kalsit kristalleri üzerinde bulutumsu sıvama tarzında gelişmiş demetler/kümeler halinde görülen



Levha 2. Levha 2a; Mikro porozite alanı içerisinde izlenen küresel hidrokarbon lobcuğu, Levha 2b; Fotoğrafın merkezi kısmında izlenen koyu (siyah) renkli yarı sferik - üzüm halkı demetçikleri şeklindeki hidrokarbon damlacığı, Levha 2c; Yarıöz şekilli kalsit kristalleri arasındaki porozite alanına yerleşmiş amalgamasyon - sucuksu hidrokarbon damlacığı, Levha 2d; Kalsit kristalleri üzerinde demetler halinde gelişmiş amalgamasyon şeklindeki hidrokarbon damlacığı

amalgamasyon damlları da izlenmiştir (Levha 2d).

Mikrokanallar ve mikrokırıklar içerisinde hareket eden karışım damalarının birleşmeleri sonucunda ise sucuk şekilli uzun damalar oluşurlar (Levha 3a). Sucuk şekilli damalar daha büyük hidrokarbon kütelerinin meydana gelmesine ve birincil petrol göçünün

gerçekleşmesine olanak sağlarlar.

Diger yandan Kabalar formasyonun matriksi genellikle karbonatlardan oluşmaktadır.

Matriks içerisinde yer yer karstik boşluklar gelişmiş olup (Levha 3b), bu gözenek boşluklarında ise fromboidal pirit taneleri izlenmektedir (Levha 3c). Bu pirit taneleri üzerindeki mikrodelgi

KABALAR FORMASYONU (GÖYNÜK-BOLU) BİTÜMLÜ ŞEYLLERİNDEKİ HİDROKARBON DAMLALARININ MORFOLOJİLERİ

izlerinin oluşumunda muhtemelen sülür bakterileri etkili olmuşlardır. Karbonat matriksi içerisinde fromboidal pirit tanelerinin yanısıra sferik mangan tanelerinin varlığında belirlenmiştir (Levha 3d). Bu taneler üzerindeki mikrodelgi izleri organik maddenin çökeldiği indirgeyici ortam şartlarında sülür bakterilerinin yanısıra Mn bakterilerinin de etkili olduğuna işaret eder.

4. JEOKİMYASAL İNCELEMELER

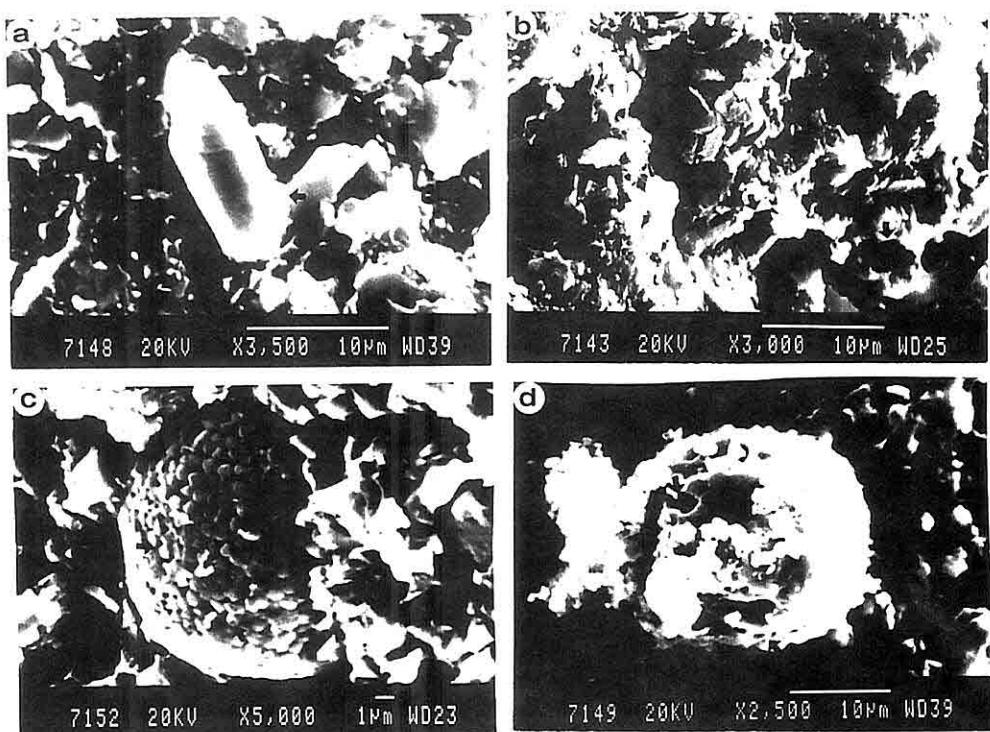
Arazi çalışmaları sonucu derlenen formasyona ait karakteristik 20 adet bitümlü şeyl örneğine ait TOC % değerleri, bir örnek hariç (0.15 % TOC) 1.79-10.79 % TOC arasında değişmekte olup, ortalama TOC değeri 6.84 %'dur. Yine aynı örneklerde ait kerojen tip tanımlamaları birimin petrol türüne elverişli olan tip I ve tip II kerojence zengin olduğunu göstermiştir. Kaynak kaya'ya ait organik madde olgunluğu çalışmaları ise Üretim İndeksi (PI), Tmax ve Spor Renk İndeksi (SCI) verileri kullanılarak belirlenmiştir. Birimin Üretim İndeksi değerleri 0.01-0.04, Tmax değerleri ise 432-442 °C arasında değişmektedir. Yine bitümlü şeyl örneklerine ait SCI değerleri 3.0-4.5 arasında değişmekte olup, olgunlaşma verileri Kabalar formasyonunun olgunlaşmamış-erken olgun petrol zonu içerisinde yer aldığı göstermektedir. Yapılan bütün bu organik jeokimyasal çalışmalar birimin petrol türüm evresine

girdiğini ortaya koymaktadır. Arazi çalışmalarına göre oldukça geniş bir alanda yüzeyleyen birimin yeterince gömülü olduğu alanlarda petrol ve gaz üretmiş olduğu düşünülmektedir.

5. TARTIŞMA

Bu çalışmanın esası SEM çalışmaları ile petrol kaynak kayalarındaki hidrokarbon damlacıklarının morfolojik görüntülerini ve hidrokarbon göç yollarını belirlemeye yönelikir. Bu nedenle kaynak kayalarda gerçekleşen birincil göç, çoğunlukla kayaç matriksinden mikroçatlaklar içerisinde olan göçü kapsar. Lewann, 1987; Mc Fadzean, 1977; Lomando, 1992 tarafından birincil göç mekanizmalarının temelinde (1) basınç itimli çok yönlü akış (iki yönlü olan ve hidrokarbonlarca kirlenmiş kırıklar boyunca akış ve/veya inorganik gözenek ağları boyunca olan akış), (2) "Candlewick" hipotezi olarak anılan organik madde (kerojen/bitüm) boyunca akış. (3) organik madde ağları boyunca ısınma sonucu aktif hale gelen akış olduğu belirtilmiştir.

Birincil göç ile ilgili bugüne kadar pek çok çalışma yapılmış olup, bu çalışmaların sonuçlarına göre, göçün çok sınırlı miktarlarda olduğu, veya önerilen sonuçları destekleyen uygun gözlemlerle veriler ile jeokimyasal ve petrografik ölçütlerin yeterli mikarda olmadığı belirtilmiştir (Lewann, 1987; Lomando, 1992; Mc Fadzean, 1977; Sassen, 1988; Lomando,



Levha 3. Levha 3a; Sucuksu/oval şekilli hidrokarbon damlacığı, Levha 3b; Yarıöz şekilli kalsit kristalleri arasında izlenen mikroporozite alanları, Levha 3c; Yarıöz şekilli kalsit kristalleri arasına yerleşmiş framboidal pirit tanesi. Tane üzerindeki mikrodelgi-oygu izleri tipiktir. Levha 3d; Karbonat matriks içerisinde yer alan ve üzeri yer yer kıl sıvamalı sferik mangan tanesi. Tane üzerindeki mikrodelgi-oygu izleri belirgindir.

1992; Kopaska-Merkel, 1994). Akma; kaynak kayadan dışarıya hidrokarbonların hareket etmesi veya göçü şeklindedir. Böylece kayaç bünyesinden serbestlenmenin sıvı hidrokarbon akışı şeklinde gerçekleştiği Sandvik ve Mercer, 1990 tarafından belirtilmiştir. Hidrokarbonların birincil göçüne olanak sağlayan mikrokırıkların kaynak kayalarının olgunlaşması süresince iç basınçtan kaynaklanan yerel sıkışma

basıncı sonucuoluştugu düşünülür. Buradan hareketle mikrokırıkları oluşturan basınç kaynakları ise şunlardır; (1) hidrokarbon oluşum süresince faz değişimlerinden kaynaklanan hacimsel genleşme, (2) su ve hidrokarbonların isısal genleşmesi, ve (3) gömülme süresince gelişen kompleks karışımalar. Diğer yandan organik maddece zengin şeyllerde çoğulukla SEM ölçüngde bal peteği yapısında gözenekler

KABALAR FORMASYONU (GÖYNÜK-BOLU) BİTÜMLÜ ŞEYLLERİNDEKİ HİDROKARBON DAMLALARININ MORFOLOJİLERİ

gelişmektedir. Bu gözenekler kaynak kayalarda hidrokarbonların birincil göçü süresince potansiyel küçük göç yolları şeklinde rol oynarlar. Mikrogözenekler zaman zaman petrolce nemlendirilmiş olabilir, bu durum da gözenek ağı boyunca izlenen hidrokarbon damalarının göçünü artırır (O'Brien ve Slatt, 1990).

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar kısaca şöyle sıralanabilir:

Yapılan taramalı elektron mikroskop (SEM) çalışmaları ile petrol türüm evresine giren birim içerisindeki hidrokarbon damalarının morfolojik şekillerinin ve muhtemel göç yollarının nasıl geliştiği belirlenmiştir. Böylece Kabalar formasyonunun matriksinin genellikle karbonatlardan olduğu, bu karbonat matriks içerisinde yer yer karstik boşlukların geliştiği ve bu gözeneklere genellikle lifsi-iğnemi tarzda ikincil jips kristallerinin yerleştiği görülmüştür. Ayrıca gözenek boşluklarında indirgeyici ortamları işaret eden fromboidal pirit taneleri ile sferik mangan taneleri izlenmektedir. Bu pirit ve mangan taneleri üzerindeki yoğun mikrodelgi izlerinin oluşumunda muhtemelen sülfür bakterileri ile mangan bakterileri etkili olmuşlardır.

Kabalar formasyonunun karbonat matriksinin mikro gözeneklerce zengin olması hidrokarbonların birincil göçü için uygun koşullar sunar. Buradaki kaynak

kaya matriksinden mikroboşluklar içeresine hareket eden hidrokarbonların değişik morfolojik şekillerde görülmeleri damlaları harekete geçiren bir itici gücün varlığına işaret eder. Bunun sonucunda da amalgamasyon damları ile sucuk şekilli damalar mikroboşluklar ve mikrokanallar içerisindeki bireysel hidrokarbon damalarının karışımıyla oluşmuşlardır.

7. KATKI BELİRTME

Bu çalışma A.Ü. Araştırma Fonu tarafından desteklenen 98050108 nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Buna benzer bilimsel makalelerin hazırlanmasındaki katkılarından dolayı A.Ü. Araştırma Fon Müdürlüğüne ve çalışanlarına teşekkür ederiz.

8. KAYNAKLAR

Brien, N. R., Thyne, G., and Roger, Slatt, R.M., 1996, *Morphology of hydrocarbon droplets during migration: Visual example from the Monterey formation (Miocene), California. AAPG Bulletin, v.80, no:11, p.1710-1718.*

Kopaska-Merket, D.C., 1994, *Pore-throat morphology in the Upper Jurassic Smackover Formation of Alabama: Journal of Sedimentary Research, v.A64, p.524-534.*

Lewan, M.D., 1987, *Petrographic study of petroleum migration in the Woodford Shale and related rock units: migration of hydrocarbons in sedimentary basins, in B. Doligez, ed., 2nd IFP Exploration*

- Research Conference Proceedings, p. 113-130.*
- Lomando, A.J., 1992, The influence of solid reservoir bitumen on reservoir quality: AAPG Bulletin, v.76, p.1137-1152.*
- McFadzean, T.B., 1977, Rock-fluid relationship studies on the windfall D-3A reservoir and their application in evaluating gas cycling effectiveness: Journal of Canadian Technology , January-March, p.55-63.*
- O'Brien, N.R., and Slatt, R.M., 1990, Argillaceous Rock Atlas: New York, Springer-Verlag, 141 p.*
- Sandvik, E.I., and Mercer, J.N., 1990, Primary migration by bulk hydrocarbon flow: Organic Geochemistry, v.16, p.83-89.*
- Saner, S., 1978, The depositional associations of Upper Cretaceous-Paleocene-Eocene Times in Central Sakarya and petroleum Exploration possibilities. Fourth Petroleum Congress of Turkey, proceedings, 83-95 (in Turkish).*
- Saner, S., 1980, Mudurnu-Göynük havzasının Jura ve sonrası çökelme nitelikleriyle yorumlanması. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 23, 39-52.*
- Sarı, A., 1985, Hımmetoğlu köyü (Göynük/Bolu) linyit sahasının ekonomik jeolojisi. Ank. Üni. Fen Fak. Jeo Müh. Böl. Yüksek Lisans Tezi, 42 sayfa (yayınlanmamış).*
- Sarı, A., Sonel, N., 1995. Kayabaşı (Göynük-Bolu) Yöresinin Bitümlü şeyl İncelemeleri. Türkiye Jeoloji Bülteni. c. 2, s 2.*
- Sarı, A., 1999. Hımmetoğlu formasyonu (Göynük-Bolu) bitümlü şeyllerinin organik jeokimyasal incelemesi. 1. Batı Anadolu Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı. s.143-150.*
- Sassen, R., 1998, Geochemical and carbon isotope studies of crude oil destruction, bitumen precipitation and sulfate reduction in the deep Smackover Formation: Organic Geochemistry, v. 12, p.351-361.*
- Sonel, N., Sarı, A., ve Tozlu., E., 1987a, Hımmetoğlu - Göynük - Bolu bölgesinin jeolojisi ve linyit oluşukları. S.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fak. Derg., cilt 2, sayı 2, s.51-68.*
- Sonel, N., Kayabali, K., Sarı, A., Tozlu, E., 1987b, Ahmetbeyler (Göynük-Bolu) Bölgesinin Jeolojisi ve Yapısal Özellikleri. S.Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi.c.2, s.37-50.*
- Şener, M., 1993, Neojen yaşlı Hımmetoğlu (Göynük/Bolu) bitümlü şeyl sahasının litostratigrafik ve tektonik özellikler. Türkiye Jeoloji Bülteni, c.36, sayı.2, s.21-26.*
- Şener, M., and Sengüler, I., 1998, Geological, mineralogical and geochemical characteristics of oil shale bearing deposits in the Hatıldag oil shale field, Göynük, Turkey. Fuel, v. 8, p.871-880.*
- Sengüler, İ., 1994. Bitümlü şeyl, Türkiye Enerji Bülteni, c.1, sayı:1*
- Turgut, A., ve Dümenci,S., 1980, Bolu-*

*KABALAR FORMASYONU (GÖYNÜK-BOLU) BİTÜMLÜ ŞEYLLERİNDEKİ
HİDROKARBON DAMLALARININ MORFOLOJİLERİ*

Göynük linyit havzasına ait jeolojik rapor. MTA Der.Rap.no: 6885. *the Southern Margin of the Sakarya continent, NW Turkey. Istanbul Earth Sciences Review. C.1, p.1-2 (in Turkish).*
Yilmaz, Y., 1981, Tectonic evaluation of

**İMRLANLI (SİVAS) BARAJI DERİVASYON TÜNELİNDE DEĞİŞİK KAYA
KÜTLE SINIFLAMALARINA GÖRE DESTEK YÖNTEMİ SEÇİMİ**

Ergun KARACAN ve Ahmet Turan ARSLAN

C.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Sivas/Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada Yukarı Kızılırmak Vadisi üzerine kurulacak İmranlı barajı ve hidroelektrik santrali derivasyon tüneli güzergahı kayaçlarının jeomühendislik özelliklerinin incelenmesi ve değişik kaya kütle sınıflamalarına göre destek yöntemlerinin seçimi amaçlanmıştır. İnceleme alanında tünel güzergahı kayaçlarını Eosen yaşlı Kösedağ formasyonuna ait silttaşı ve tıf arakatkılı aglomeralar oluşturmaktadır. Kayaç süreklilıklarının jeoteknik incelenmesi sonucunda aglomeraların "orta aralıklı", "dar açıklıklı", "düşük devamlı", "kaba yüzeyli", tıflerin "yakın aralıklı", "çok dar açıklıklı", "düşük-orta devamlı", "kaba yüzeyli" ve silttaşlarının ise "çok yakın aralıklı", "aşırı dar", "orta-düşük devamlı", "düz yüzeyli", "iki ve gelişigüzel yönlerde dağılmış" süreklilıklere sahip oldukları saptanmıştır. Ayrıca aglomeraların "az", silttaşı ve tıfların "orta derecede" ayrıntıları belirlenmiştir. Tünel güzergahı kayaçlarından alınan karot örnekler üzerinde görünürlük, su emme ve birim hacim ağırlığını belirlemeye yönelik indeks deneyler ile tek eksenli basma, Brazilian çekme, nokta yükleme dayanımı ve Schmidt çekici sertlik deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerden elde edilen sonuçlara göre; kayaçların malzeme sınıflamaları yapılmıştır. Tünel güzergahında yer alan aglomera, tıf, ve silttaşlarında yapılan Jeomekanik RMR Kaya Kütle Sınıflamasına göre tünel güzergahında yer alan kayaçların en iyi koşullarda "orta kaya", en kötü koşullarda "zayıf kaya" ve Q Kaya Kütle Sınıflamasına göre ise en iyi koşullarda "zayıf kaya", en kötü koşullarda ise yine "zayıf kaya" sınıfında yer alındıları, RSR Kaya Kütle Sınıflamasına göre ise 59 puan aldığı belirlenmiştir.

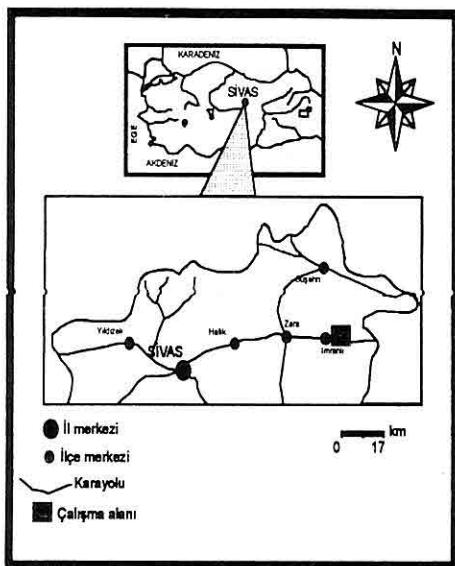
**SELECTING THE SUPPORT CATEGORY ACCORDING TO THE SOME
ROCK MASS CLASSIFICATION SYSTEMS OF THE DERIVATION TUNNEL
OF THE İMRLANLI (SİVAS) DAM**

ABSTRACT: This study aims to evaluate İmranlı dam site which will be build on upper part of Kızılırmak walley, hydroelectric power station and tunnel line rocks geotechnical characteristics. Siltstone, agglomerate, tuff and andesites of Eocene (Lutetian) aged are composed of the study area rocks. These rocks show alternation stack characteristics. At the result of the geotechnical investigation of the rock discontinuities, following data are obtained. These data are indicated that discontinuities of andesites are "close spacing", "very tight", "medium persistence",

"rough surface", agglomerates are "medium spacing", "tight", "low persistence", "rough surface", tuffs are "close spacing", "very tight", "low-medium persistence", "rough surface" and siltstones are "very close spacing", "very tight", "medium-low persistence", "smooth surface". Also according to this study, andesites and agglomerates are weathered in low degree, siltstone and tuffs are weathered in medium degree. In the laboratory; as porosity, water suction, unit weight; index tests and uniaxial compressive strength, indirect tensile strength (Brazilian test), point load strength and Schmidt hammer tests are applied on the specimens which are taken from the dam site and tunnel line. In the tunnel line, according to the geomechanic (RMR) rock mass classification system; agglomerate, tuff and siltstones are medium strong at the best condition and according to Q rock classification system; weak rock at the best condition weak rock at the worst condition. Also tunnel rocks have 59 point according to the RSR Rock Classification System.

1. GİRİŞ

Çalışma alanı Sivas İli İmranlı ilçesinin yaklaşık 6 km doğusunda bulunan, Yukarı Kızılırmak Vadisi olarak adlandırılan bölgede yer almaktadır (Şekil 1).



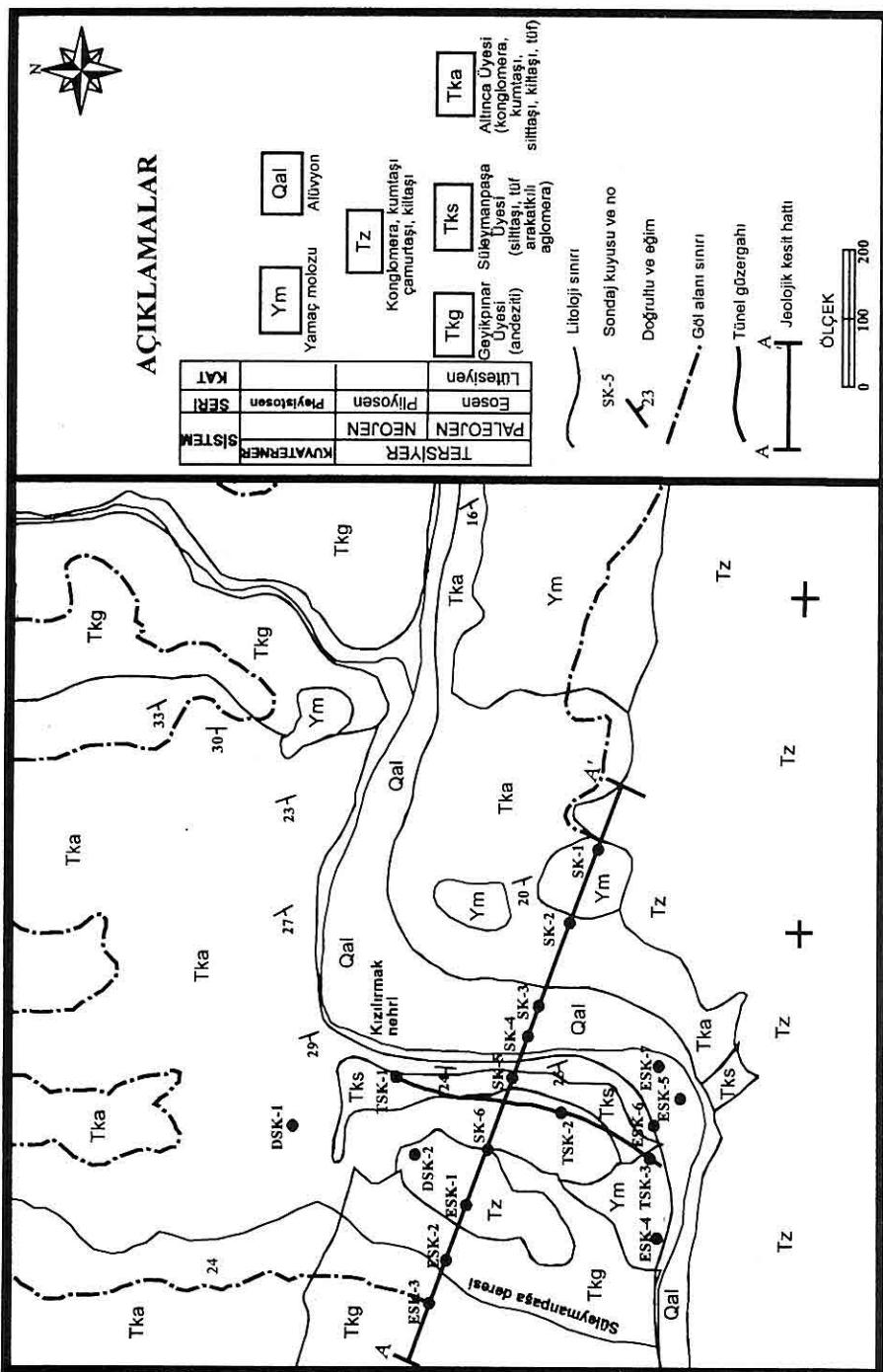
Şekil 1. İnceleme alanı yer bulduru haritası

İmranlı barajının enerji ve sulama amaçlı toprak dolgu tipinde bir baraj olarak yapılması düşünülmektedir. Barajın temelden yüksekliği 49 m, kret uzunluğu 767.67 m, rezervuar kapasitesi $86.25 \times 10^6 \text{ m}^3$, aktif göl hacmi $55.96 \times 10^6 \text{ m}^3$ olacaktır.

2. GENEL JEOLOJİ

Çalışma alanı Sivas Tersiyer Havzası içinde yer almaktır olup, en yaşlı formasyonu Eosen (Lütesiyen) yaşılı Kösedağ formasyonu oluşturmaktadır. Bu formasyonun üzerine uyumsuz olarak Pliyosen yaşılı Zöhrep formasyonu gelmektedir. Zöhrep formasyonunun üzerinde ise yine uyumsuzlukla Kuvaterner yaşılı yamaç molozu ve alüvyon yer almaktadır. Bu çalışmada Kösedağ formasyonu, baraj yeri ve tünel güzergahında andezitlerden oluşan Geyikpınar üyesi, silttaşlı, tuf arakatkılı aglomerallardan oluşan Süleymanpaşa üyesi ve konglomera, kumtaşı, silttaşlı, kilit taşı ve tüslerden oluşan Altınca üyesi şeklinde üç üyeye ayrılarak haritalanmıştır (Şekil 2).

**İMRLANLI (SİVAS) BARAJI DERİVASYON TÜNELİNDE DEĞİŞİK KAYA KÜTLE
SINIFLAMALARINA GÖRE DESTEK YÖNTEMİ SEÇİMİ**



Kösedağ formasyonu üzerine uyumsuzlukla gelen Zöhrep formasyonu gri-boz renkli, gevşek tutturulmuş çakıltaşı, kumtaşı, kilitaşı ve çamurtaşından oluşmaktadır. Formasyon içerisinde yer yer killi ve kireçli seviyeler gözlenmektedir. Formasyonu oluşturan katmanların eğimi yataya yakındır. Bu birim baraj göl alanının güney ve güneydoğusunda yüzeylemektedir.

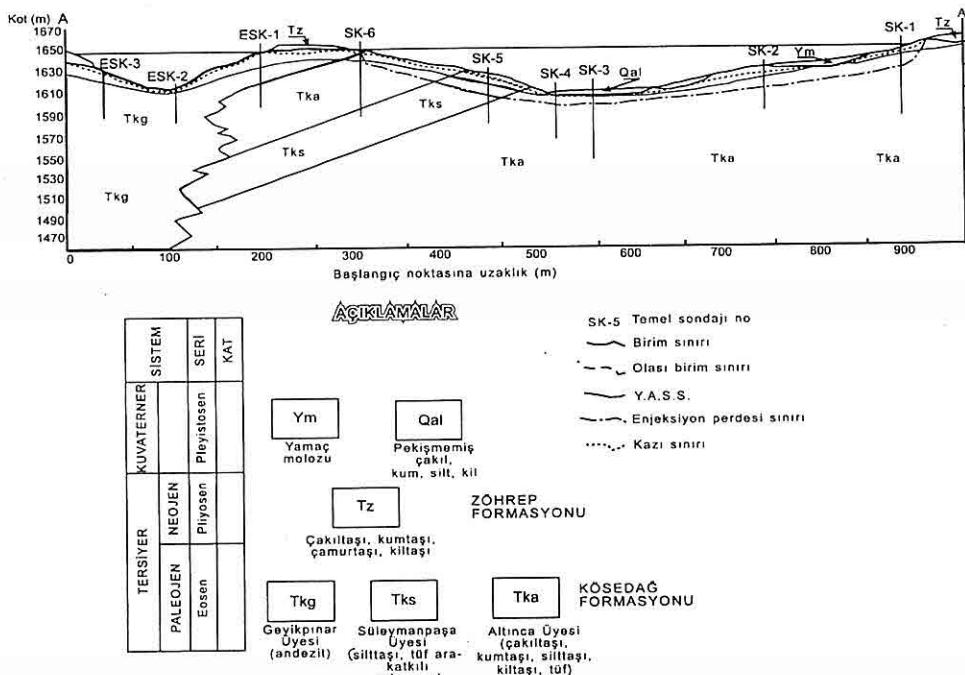
Yamaç molozu, Kösedağ ve Zöhrep formasyonun yüzeylediği kesimlerin yamaçlarında ve yamaç eteklerinde bu formasyonlara ait kayaçların ayrılması sonucu oluşmuş çeşitli tane boyutlarındaki malzemelerden oluşmaktadır.

Alüvyon Kızılırmak ve bunun yan dereleri boyunca yayılım göstermektedir.

Alüvyon kilden çakıla kadar değişen değişik tane boyalarına sahip malzemelerden oluşmaktadır.

3. KAYAÇLARIN JEO-MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

Baraj yeri ve tünel güzergahının jeolojik yapısını ortaya çıkarabilmek için DSY XIX. Sivas Bölge Müdürlüğü tarafından üç tanesi derivasyon tüneli güzergahı üzerinde olmak üzere 12 adet temel sondaj kuyusu açılmıştır. Bu sondajlarda kesilen kayaç birimlerinin jeolojik kesitleri Şekil 3' te verilmiştir. Kayaçların jeomühendislik özellikleri, süreksizliklerin jeoteknik parametrelerinin, indeks ve mekanik özelliklerinin deneylerle belirlenmesi ve kaya kütle sınıflamalarının yapılması şeklinde yürütülmüştür.



Şekil 3. Baraj aks yeri ve jeolojik enine kesiti

İMRLANLI (SİVAS) BARAJI DERİVASYON TÜNELİNDE DEĞİŞİK KAYA KÜTLE SINIFLAMALARINA GÖRE DESTEK YÖNTEMİ SEÇİMİ

3.1. Süreksizliklerin Jeoteknik Parametrelerinin belirlenmesi

Kayaçların kütle davranışlarını önemli ölçüde etkilemeleri ve kayaç kütle sınıflamalarında kullanılması nedeniyle İmranlı barajı derivasyon tüneli güzergahındaki kayaç birimlerinin yönem ve takım sayısı, aralık, açıklık, devamlılık, yüzey pürüzlülüğü, dolgu malzemesi ve su durumundan oluşan yedi

jeoteknik parametresi ISRM (1978) ve EGWP (1977)'ye göre belirlenmiş ve toplu sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.

3.2. İndeks Özellikler

Kayaçların birim hacim ağırlık, su emme ve görünür porozite şeklinde üç tür indeks özelliği ISRM (1981a)'ya göre belirlenmiş olup, toplu sonuçlar Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 1. Derivasyon tüneli güzergahı kayaçlarındaki süreksizliklerin jeoteknik parametreleri

Kaya türü	Yönem ve takım sayısı	Aralık	Açıklık	Devamlılık	Yüzey pürüzlülüğü	Dolgu malzemesi	Su durumu
Silttaşısı	Gelişigüzel eklemler	Çok yakın aralık	Aşırı dar	Orta-Düşük	Düz	Kalsit	Kuru
Tüf	-	Yakın	Çok dar	Düşük -Orta Düşük	Kaba	Kil	Kuru
Aglomera	2+ gelişigüzel eklemler	Orta	Dar	Düşük	Kaba	Kalsit	Kuru

Tablo 2. Derivasyon tüneli güzergahı kayaçlarının bazı indeks özellikleri

Kayaç adı	Kuru birim hacim ağırlık $\gamma_{\text{kort}} \text{ gr/cm}^3$	Su emme %	Görünür porozite (n_{ort})
Tüf	2.38	3.20	7.53
Aglomera	2.50	1.30	3.20
Silltaşısı	2.28	3.10	6.00

Anon (1979)'a göre aglomeralar düşük, tuf ve silttaşları ise orta poroziteye sahip kayaçlar olarak tanımlanmışlardır. Ayrıca; kayaçların su emme kapasiteleri büyük ölçüde düşük olup, en az su emen kayaç aglomeratıdır.

3.3. Mekanik Özellikler

Kayaçların tek eksenli basma dayanımı, Brazilian çekme dayanımı, nokta yük dayanımı, Schmidt çekici geri tepme sayısı şeklinde dört mekanik özellik her

bir kayaç birimine ait en az 5 karot örneği üzerinde yapılan deneylerle belirlenmiş ve elde edilen toplu sonuçlar Tablo 3'de verilmiştir.

Ayrıca kayaçların ortalama tek eksenli basma ve çekme dayanımları kullanılarak oluşturulan Mohr dairesi yenilme analizlerinden her bir kayacın doğal makaslama dayanımları ve içsel sürtünme açıları belirlenmiş ve bunların sonuçları aşağıda Tablo 4'de sunulmuştur.

Tablo 3. Derivasyon tüneli güzergahı kayaçlarının mekanik özellikleri

Kaya türü	Tek eksenli basma dayanımı kgf/cm ²			Çekme dayanımı kgf/cm ²			Nokta yük dayanımı kgf/cm ²			Schmidt çekici GTS		
	max	min	ort	max	min	ort	max	min	ort	max	min	ort
Aglomera	903.60	640.40	789.50	86.20	58.60	71.00	38	32	35	36	33	34
Tuf	700.30	609.10	654.70	90.60	82.90	86.40	33	28	30	40	35	38
Silttaşı	306.70	306.36	306.50	59.60	46.70	53.10	18	13	15	26	22	24

GTS: Geri tepme sayısı

Tablo 4. Derivasyon tüneli güzergahı kayaçlarının Mohr dairesi analizlerinden bulunan içsel sürtünme açıları ve doğal makaslama dayanımları

Formasyon	Kaya türü	Doğal makaslama dayanımı C (kgf/cm ²)	İçsel Sürtünme Açısı ϕ (°)
Kösedağ	Aglomera	15.676	46.67
	Tuf	26.023	13.00
	Silttaşı	60.93	45.00

İMRLANLI (SİVAS) BARAJI DERİVASYON TÜNELİNDE DEĞİŞİK KAYA KÜTLE SINIFLAMALARINA GÖRE DESTEK YÖNTEMİ SEÇİMİ

4. TÜNEL GÜZERGAHI KAYAÇLARININ KAYA KÜTLE SINIFLAMALARI

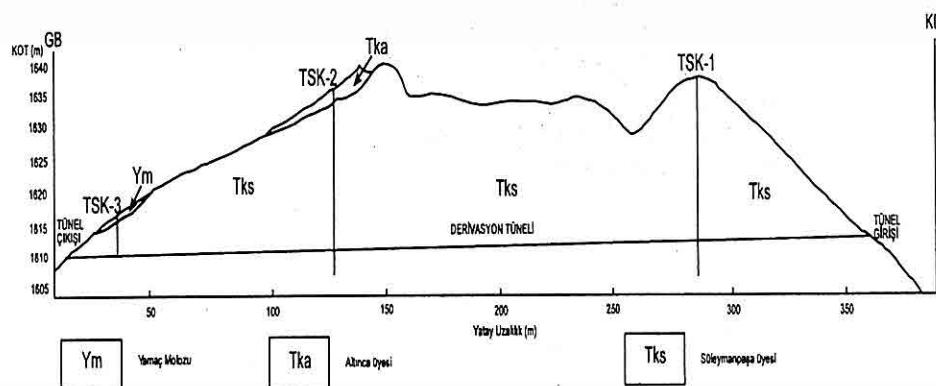
Derivasyon (çevirme) tüneli aynı zamanda baraj yapımı tamamlandıktan sonra dip savak olarak da kullanılacaktır. Tünel giriş kotu 1615 m, çıkış kotu 1609.10 m'dir. Tünelin toplam uzunluğu 350 m, iç çapı 3 m ve dairesel kesitli olarak inşa edilmesi düşünülmektedir (Şekil 4).

Tünel, tamamen Kösedağ formasyonu içerisindeki yer alan silttaşlı, tuf arakatkılı aglomeralarda açılacaktır. Tünel güzergahında açılan TSK-1, TSK-2, TSK-3 sondajlarından elde edilen jeoteknik veriler kaya kütle sınıflamalarında kullanılmıştır. Tünel açımında kullanılabilen destekleme projelendirmelerine temel oluşturup veri sağlayabilmek için Jeomekanik RMR, Q ve RSR kaya kütle sınıflamaları yapılmıştır.

4.1. Jeomekanik RMR Kaya Kütle Sınıflaması

Bilindiği gibi Jeomekanik RMR Sınıflama Sistemi Bieniawski (1989) tarafından geliştirilmiş olup, tüneller, büyük yapı temelleri, şev yamaçları ve yeraltı inşaatlarında uygun kaya destekleme çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sınıflamada kullanılan 6 parametrenin değerleri tünel güzergahının geçtiği kayaçlar için bulunmuş ve elde edilen toplu sonuçlar Tablo 5'de verilmiştir.

Bu verilere göre en iyi koşullarda tünel güzergahı kayaçları "Orta Kaya" (III. sınıf), en kötü koşullarda ise "Zayıf Kaya" (IV. Sınıf) özelliği göstermektedir ve bu sınıflamaya göre tünel için önerilen destekleme tipi Bieniawski (1989)'dan uygulanabilir. Bieniawski (1989)'a göre tünelerde önerilen destekleme seçimi şöyledir. Orta kaya; önce tavan kemerinden başlamak koşulu ile 1.5 - 3 m lik ilerlemeler yapılabilir. Kemerde



Şekil 4. Derivasyon tüneli jeolojik enine kesiti

Tablo 5. Tünel güzergahı kayaçlarının Jeomekanik kaya kütle sınıflama sistemine göre değerlendirilmesi

Sınıflama Parametreleri	TSK - 1		TSK - 2		TSK - 3	
	En iyi koşul	En kötü koşul	En iyi koşul	En kötü koşul	En iyi koşul	En kötü koşul
Tek eksenli basma dayanımı	7	7	7	7	7	4
RQD	20	13	20	13	20	8
Eklem ara uzaklığı	10	10	10	10	10	10
Eklemelerin durumu	12	6	12	6	12	6
YASS gözlemleri	10	10	10	10	10	10
Eklem yönlenimi düzeltmesi	-5	-5	-5	-5	-5	-5
TOPLAM PUAN	54	41	54	41	54	33

aynaya 10 m kalıncaya kadar tel kafesler ve 1.5-2 m aralıklı, 3-4 m uzunlukta sistematik bulonlama, tavanda 5-10 cm, duvarlarda 3 cm kalınlıkta püskürtme beton gereklidir. Zayıf kayada; tavan kemerinden başlamak şartıyla 1-1.5 m lik ilerlemeler yapılabilir. Kazıya uygun şekilde aynaya 1 m kalıncaya kadar tel kafesler ve 1-1.5 aralıklı, 4-5 m uzunlukta sistematik bulonlama, tavan kemerinde 50-100 mm, yan duvarlarda 30 mm kalınlıkta püskürtme beton gereklidir. Gereken yererde 1.5 m aralıklı yer yer hafif traversler kullanılmalıdır. Açılanacak olan tünelin desteksiz duraklı kalabilme süresi yukarıda yapılan Jeomekanik RMR sınıflamasından yararlanarak en iyi ve en kötü koşulda değerlendirilip, maksimum 4 m desteksiz açıklık için dayanma süresi en iyi koşullarda 1 ay, en kötü koşullarda 10 saat olarak belirlenmiştir.

4.2. Q Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemi

Bilindiği üzere bu kaya kütle sınıflama

sistemi, Barton v.d., (1974) tarafından geliştirilmiş olup tünel kazılarında kaya sınıflarına göre destek türünü vermektedir. Bu çalışmada tünel güzergahı kayaçlarında sınıflama için gerekli olan 6 parametre belirlenmiş ve Tablo 6'da, Q sayısı değerine göre belirlenen kaya sınıfları ise Tablo 7'de verilmiştir.

Elde edilen bu değerler en iyi ve en kötü koşullarda değerlendirilip, destek kategorileri abağında yerine konulduğunda “destekleme gerekmez” bölgesinde yer aldıkları saptanmıştır.

4.3. RSR Kaya Kütle Sınıflaması

Tünel güzergahında yer alan aglomera, tuf ve silttaşları az faylı ve kıvrımlıdır ($A = 22$ puan). Açılanacak olan derivasyon tünelinin ekseni, eklenenme doğrultularına paralel olup eğimler 50° - 90° arasında ve orta derecede eklenmelidir ($B = 19$ Puan). Aglomera, tuf ve

İMRLANLI (SİVAS) BARAJI DERİVASYON TÜNELİNDE DEĞİŞİK KAYA KÜTLE SINIFLAMALARINA GÖRE DESTEK YÖNTEMİ SEÇİMİ

Tablo 6. Q kaya kütle sınıflamasında kullanılan parametrelerin değerleri

Sınıflama Parametreleri	TSK - 1		TSK - 2		TSK - 3	
	En iyi koşul	En kötü koşul	En iyi koşul	En kötü koşul	En iyi koşul	En kötü koşull
Kayanın RQD değeri	100	64	93	44	73	57
Eklem takım sayısı (Jn)	6	6	6	6	6	6
Eklem pürüzlülük sayısı (Jr)	3	3	3	3	3	3
Eklem alterasyon sayısı (Ja)	2	2	2	2	2	2
Eklem su indirgeme faktörü (Jw)	1	1	1	1	1	1
Gerilme indirgeme faktörü (SRF)	10	10	10	10	10	10

Tablo 7. Q sınıflamasına göre elde edilen puanlar ve kaya sınıfları

KUYU NO	Q DEĞERİ		KAYA SINIFI
	En iyi koşullarda	En kötü koşullarda	
TSK-1	2.500	1.600	Zayıf kaya
TSK-2	2.325	1.090	Zayıf kaya
TSK-3	1.830	1.425	Zayıf kaya

silttaşlarındaki eklemlerin durumu orta (az ayrılmış) olup, tünele herhangi bir su boşalımı beklenmemektedir ($C = 18$ Puan). Bu elde edilen parametrelere göre;

$$RSR = 22 + 19 + 18 = 59 \text{ Puan}$$

Elde edilen bu RSR değeri 10 ft (3 m) çaplı tünel için önerilen destekleme seçimi abağında yerine konulduğunda; 1.44 inç (3.66 cm) kalınlığında püskürtme betonu ve 6.13 ft (186.69 cm) aralıklarla 4I 7.7'lik çelik kafesin gerekli olduğu; 5/8" çaplı kaya bulonları kullanılması durumunda bulon aralıklarının 3.69 ft (112.40 cm) bulon boyunun 3.85 ft (117.41 cm); 3/4" çaplı

kaya bulonları kullanıldığındada ise, bulonlama aralığının 4.69 ft (142.88 cm) bulon boyunun 4.67 ft (142.23 cm); 1" çaplı kaya bulonları kullanıldığındada bulon aralıklarının 6.16 ft (187.64 cm) bulon boyunun 6.22 ft (189.64 cm) olacağı belirlenmiştir. (RSR 59 için kaya yükü $W = 6.2 \times 102 \text{ lb}/\text{ft}^2$ dir)

5. RSR İLE RMR VE Q KAYA KÜTLE SINIFLAMA SİSTEMLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Rutledge (1978) Yeni Zellanda'da yapmış olduğu çalışmalarında RSR ile RMR ve Q kaya kütle sınıflamaları arasında aşağıdaki ilişkileri belirlemiştir

(Bieniawski, 1989):

$$\text{RSR} = 0.77\text{RMR} + 12.4 \quad (\text{Standart Sapma} = 8.9) \quad (\text{I})$$

$$\text{RSR} = 13.3\log Q + 46.5 \quad (\text{Standart Sapma} = 7.0) \quad (\text{II})$$

Bu çalışmada RSR nin RMR ve Q Kaya Kütle Sınıflama sistemleri ile olan ilişkileri belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 8' de toplu olarak sunulmuştur.

Ayrıca RSR-RMR-Q sınıflamaları arasında regresyon doğruları Şekil 5 de verilmiştir.

$$\text{RMR} = -149.4435 + 3.9397\text{RSR}$$

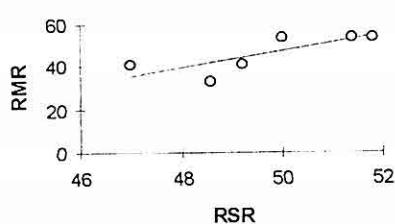
$$Q = -1.1561 + 0.0615\text{RSR}$$

Bu çalışmada aglomera, tuf ve silittaşları için belirlenen RSR değeri 59' tür. Arslan ve dig. (1996)'dan

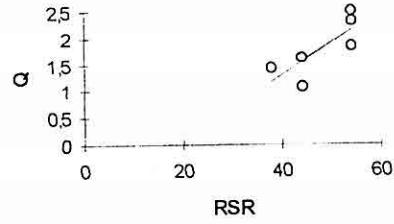
Tablo 8. Elde edilen puanların Rutledge (1978) tarafından önerilen eşitlikte karşılaştırılması

KUYU NO	RSR Değeri ($\text{RSR} = 0.77x\text{RMR} + 12.4$)	
	En iyi koşullarda	En kötü koşullarda
TSK-1	53.98	43.97
TSK-2	53.98	43.97
TSK-3	53.98	37.81

KUYU NO	RSR Değeri ($\text{RSR} = 13.3x\log Q + 46.5$)	
	En iyi koşullarda	En kötü koşullarda
TSK-1	51.79	49.21
TSK-2	51.37	47.00
TSK-3	49.99	48.55



$$\text{RMR} = -149.4435 + 3.9397\text{RSR}$$



$$Q = -1.1561 + 0.0615\text{RSR}$$

Şekil 5. Çizilen regresyon doğrularına göre RMR-RSR ve Q-RSR sınıflamalarının karşılaştırılması

İMRLANLI (SİVAS) BARAJI DERİVASYON TÜNELİNDE DEĞİŞİK KAYA KÜTLE SINIFLAMALARINA GÖRE DESTEK YÖNTEMİ SEÇİMİ

yararlanılarak ortalama RMR değeri 47.94 (Standart sapma = 6.97) ve ortalama Q değeri ise 1.80 (Standart sapma=0.49) olarak belirlenmiştir. Bu değerler yukarıdaki RSR eşitliklerinde yerine konulduğunda RSR değeri eşitlik (I)'e göre 47, eşitlik (II)'ye göre 51 olarak hesaplanmıştır. Bu elde edilen sonuçlarda Rutledge (1978) tarafından önerilen eşitliklerin kullanılabilir olduğunu büyük ölçüde desteklemektedir.

Ayrıca elde edilen RMR ve Q değerleri En iyi ve en kötü koşullarda olmak üzere değerlendirilip logaritmik regresyon analizi yapılarak incelenmiş ve Q ve RMR değerlerine göre yaklaşık RSR değerlerinin hesaplanabileceğinin belirlenmiştir (Şekil 5).

6. SONUÇLAR

Bu çalışma sırasında yapılan saha gözlemleri ve laboratuvar deneylerinden saptanan verilerin birlikte değerlendirilmesi sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1. İmranlı barajı derivasyon tüneli güzergahı kayaçlarını Eosen (Lütesiyen) yaşlı Kösedağ formasyonuna ait aglomera, tuf ve silttaşları oluşturmaktadır.

2. Kayaç küteleri içerisinde yer alan süreksizliklerin jeoteknik incelenmesi sonucunda silttaşlarındaki süreksizliklerin çok yakın aralıklı, aşırı dar açıklıklı, orta düşük devamlı, düz yüzeyli, kalsit dolgulu, kuru, tüflerdekilerin yakın aralıklı, çok dar açıklıklı, düşük-orta devamlı, kaba yüzeyli, yer yer kil dolgulu ve kuru,

aglomeralardakilerin ise, orta devamlı, dar açıklıklı, düşük devamlı, kaba yüzeyli, yer yer kalsit dolgulu ve kuru özelliklere sahip oldukları, aglomeraların az, tuf ve silttaşlarının, orta derecede ayrıntıları belirlenmiştir.

3. Derivasyon tüneli güzergahında yer alan kayaçların su emmelerinin ve porozitelerinin orta ve düşük derecede olduğu belirlenmiştir.

4. Derivasyon tüneli güzergahı kayaçlarının tek eksenli basınç dayanımları dikkate alındığında ISRM (1981b)' ye göre, aglomera ve tüfler çok yüksek dayanım gurubunda, silttaşları ise, orta dayanım gurubunda yer almaktadır.

5. Tünel güzergahı kayaçları Jeomekanik RMR sınıflamasına göre orta kaya - zayıf kaya gurubunda yer alırken, Q kaya kütle sınıflama sistemine göre zayıf kaya gurubunda yer almaktadır. Bieniawski (1984) tarafından geliştirilen jeomekanik RMR sınıflamasına göre tünelerde önerilen destekleme seçimi şöyledir. Orta kaya; önce tavan kemerinden başlamak koşulu ile 1.5 - 3 m lik ilerlemeler yapılabilir. Kemerde aynaya 10 m kalıncaya kadar tel kafesler ve 1.5 - 2 m aralıklı, 3 - 4 m uzunlukta sistematik bulonlama, tavanda 5 -10 cm, duvarlarda 3 cm kalınlıkta püskürme beton gereklidir. Zayıf kayada; tavan kemerinden başlamak şartıyla 1-1.5 m lik ilerlemeler yapılabilir. Kazıya uygun şekilde aynaya 1 m kalıncaya kadar tel kafesler ve 1-1.5 aralıklı, 4-5 m uzunlukta sistematik bulonlama, tavan kemerinde 50 -100 mm, yan duvarlarda

30 mm kalınlıkta püskürtme beton gereklidir. Gereken yerlerde 1.5 m araklı yer yer hafif traversler kullanılmalıdır. Açılanacak olan tünelin desteksiz duraylı kalabilme süresi yukarıda yapılan Jeomekanik RMR sınıflamasından yararlanarak en iyi ve en kötü koşulda değerlendirilerek maksimum 4 m desteksiz açıklık için dayanma süresi en iyi koşullarda 1 ay, en kötü koşullarda 10 saat olarak belirlenmiştir.

6. Çevirme tüneline uygulanabilecek destek kategorileri tipi Q sınıflamasına göre de değerlendirilip elde edilen bu parametreler en iyi ve en kötü koşullarda olmak üzere destek kategorileri abağında yerine konulduğunda destekleme gerekmez bölgesinde yer aldıkları belirlenmiştir.

7. RSR sınıflamasına göre hesaplanan RSR değeri 10 ft (3 m) çaplı tünel için önerilen destekleme seçimi abağında yerine konulduğunda; 1.44 inç (3.66 cm) kalınlığında püskürtme betonu ve 6.13 ft (186.69 cm) aralıklarla 4I 7.7'lik çelik kafesin gerekli olduğu; 5/8" çaplı kaya bulonları kullanılması durumunda bulon aralıklarının 3.69 ft (112.40 cm) bulon boyunun 3.85 ft (117.41 cm); 3/4" çaplı kaya bulonları kullanıldığı ise, bulonlama aralığının 4.69 ft (142.88 cm) bulon boyunun 4.67 ft (142.23 cm); 1" çaplı kaya bulonları kullanıldığından bulon aralıklarının 6.16 ft (187.64 cm) bulon boyunun 6.22 ft (189.64 cm) olacağı belirlenmiştir. (RSR 59 için kaya yükü $W = 6.2 \times 102 \text{ lb}/\text{ft}^2$ dir)

8. Q sınıflamasına göre yapılan

destekleme tasarımda tünelin desteksiz olarak açılabileceği saptanmıştır. Tünelde yapılan kazı çalışmalarında da tünelin desteksiz olarak açılabileceği görülmüştür. Bu durumda Q sınıflamasının Jeomekanik RMR ve RSR sınıflamasına göre daha gerçekçi ve ekonomik bir sınıflama olduğu sonucuna varılmıştır.

9. RSR ile RMR ve RSR ile Q arasında $RMR = -149.4435 + 3.9397RSR$ ve $Q = -1.1561 + 0.0615RSR$ regresyon denklemlerinin varlığı belirlenmiş ve bu eşitliklerden elde edilen RMR ve Q değerlerinin Rutledge (1978) tarafından önerilen eşitlikle elde edilen değerlere çok yakın olduğu belirlenmiştir.

7. KAYNAKLAR

Aktimur, H.T., 1986, Erzincan, Refahiye ve Kemah dolaylarının jeolojisi: MTA rap., 4039 (yayınlanmamış), Ankara.

Anon, 1979, Classification of Rocks and Soils for Engineering Geological Mapping, Part 1- Rock and Soil Materials. Report of the Comission of Engineering Geological Mapping, Bulletin of the International Association of Engineering Geology No: 19, 364-371.

Bieniawski, Z., 1989, Engineering Rock Mass Classification: Mc Graw Hill, NY, 237 pp.

Barton, N., Lien, R. and Lunde, J., 1974, Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support. Rock Mechanics, V.6, 189-236.

E.G.W.P., 1977, The Description of

*İMRLANLI (SİVAS) BARAJI DERİVASYON TÜNELİNDE DEĞİŞİK KAYA KÜTLE
SINIFLAMALARINA GÖRE DESTEK YÖNTEMİ SEÇİMİ*

- Rock Masses for Engineering Purposes.* Q.J. Engineering Geology, 355-388 pp.
- I.S.R.M.,1978, Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock masses: Commision on Standardization of Laboratory and Field Tests, Int. Jour. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr. V.15, pp. 319-368.*
- I.S.R.M.,1981a, Basic Geotechnical Description of Rock Masses. International Society of Rock Mechanichs Commision on the Classificaion of Rock Masses. International Journal of Rock Mechanichs and Mining Sciences and Geomechanical Abstracts, 18, 85-110.*
- I.S.R.M.,1981b, Rock Characterization Testing and Monitoring-ISRM Suggested Methods. International Society for Rock Mechanichs, Editör: E.T.Brown, Pergamon Press, 211 p.*
- Kurtman, F., 1973, *Sivas Hafik, Zara ve İmranlı bölgesinin Jeolojik ve Tektonik Yapısı: MTA Derg. 80 1-33.*
- Rutledge, J.C.and Preston, R.L.,1978, *Experience with engineering classifications of rock for the prediction of tunnel support, Proceedings International Tunneling Symposium,Tokyo, pp. A-3-1:7.*
- Wickham, G. E., Tiedeman, H.R., and Skinner, E. H., 1972, *Support determination based on geologic predictions: Proceedinds, Rapid excavation tunneling conference, American Institution of mining engineers, pp. 43-47.*
- Wickham, G. E., Tiedeman, H.R., and Skinner, E. H., 1974, *Ground sopport prediction model-RSR concept: Proceedings, Rapid excavation tunneling conference, American Institution of mining engineers, Newyork, pp. 691-707.*

ANADOLU HİSARI (DOĞU BOĞAZİÇİ-İSTANBUL) KUVATERNERİ

Engin MERİÇ ve İ. Erdal KEREY

İ.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul/Türkiye

Niyazi AVŞAR

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

Güler TANER

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

Funda AKGÜN

D.E.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir/Türkiye

Ismail ÜNSAL

İ.Ü., Biyoloji Bölümü, İstanbul/Türkiye

Antonietta ROSSO

*Universita di Catania Instituto Policattedra di Oceanologia e Paleoecologia, Corsa
Italia, 55 Catania/Italia*

Atike NAZİK

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

Hayrettin KORAL

İ.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul/Türkiye

ÖZET: Araştırma Anadolu Hisarı'nda Küçükusu Kasrı gevresinde yapılmış olan ve Paleozoyik temele kadar ulaşan 8 sondajdan derlenen 98 örnek üzerinde yürütülmüştür. Kuvaterner istifinin kalınlığı 12.50-25.10 m arasında değişmektedir.

Sedimentolojik açıdan tortul istifin taban bölgelerinde başlayan bol kavaklı çökeller yüksek enerjili deniz etmenliğinde gelişmiştir. Genelde üste doğru tane incelmesi gösteren, karasal girdinin baskın olduğu seviyeler ile ardalanmaktadır. Bu durum son 7.000 yıl içerisinde en az iki kez deniz düzeyindeki alçalıp yükselmenin varlığını ortaya koymaktadır.

Foraminifer topluluğu olarak 98 örnekten 77'sinde 31 cins ve 52 tür gözlenmiştir. Fauna tabanda denizel formlar ile başlar, acısu ortamina geçiş gösterir ve yine denizel formlar ile sona erer. Acısu topluluğu ile üstteki denizel topluluk arasında bir geçiş dönemi özellikleri belirlenir. Tortullar oldukça zengin denilebilecek Akdeniz foraminifer topluluğunu içermekte ise de, örneklerdeki fert sayısı çok azdır.

İnceleme alanında, ostrakodlardan 24 cins ve 40 tür belirlenmiştir. Ostrakod topluluğu, bölgede acısu ve denizel ortam koşullarının varlığını göstermektedir.

İstifte İstanbul Boğazı mollusk faunasına göre çok zengin sayılmayan, farklı ortamları karakterize eden pelecypod'lardan 11 cins ve 11 tür; gastropod'lardan ise 9 cins ve 10 tür bulunmuştur.

Bryozoon topluluğu açısından istifte çeşitlilik sunan bir fauna bulunmaz. 75 örnekte 5 cins ve 6 tür saptanmıştır. Tümü Atlantik kökenli olan bu denizel formlar Holosen'in

orta ve sonlarında Akdeniz'in yöredeki baskınlığının bir işaretidir.

Holosen çökelleri palinolojik açıdan değerlendirildiğinde 7 sondaja ait örneklerde spor, polen ve dinoflagellat'lar belirlenmiştir. Özellikle dinoflagellat grubu günümüz 7.500 - 3.500 yılları öncesini simgeleyen, kıyı yakını ve acısız koşullarında yaşamış olan cins ve türleri içerir.

Paleozoyik sonrası şiddetli deformasyona uğrayarak kıvrım, fay ve bindirmelerin olduğu bölgede, KB-GD yönlü yanal atımlı faylar en genç yapılar olarak dikkati çekmektedir. Bu fayların yaşının İstanbul Tersiyer'indeki diğer faylarla karşılaşırmasından, Miyosen sonrası olduğu düşünülebilir.

QUATERNARY OF ANADOLU HİSARI (EASTERN BOSPHORUS-İSTANBUL)

ABSTRACT: This study has been carried out on a total of 98 samples gathered from 8 boreholes cutting through a Quaternary sequence around Anadolu Hisari (Castle) and Küçüksu Kasrı. All of these 8 wells reached down to the Paleozoic basement rocks. Total thickness of Quaternary sequence in these wells varies between 12.50 and 25.10 m.

A sedimentary horizon, which is characterised by clastic sediments with abundant sea shells, makes up the base of this sequence, indicating a high-energy marine environment. Upward in the succession, this horizon changes into a level where fine-grained subaerial intercalations are observed. This indicates that sea-level changes took place at least two times in the course of last 7.000 years.

77 samples out of 98 contain foraminifera fossils. 31 genus and 52 species have been observed in these samples. The fauna starts at the base with marine forms, changes upward into those of lacustrine in the middle and then turns again into marine forms at the top. There appears to be a transition period between the lacustrine and marine groups. Although the sediments contain abundant species of Mediterranean foraminifera, number of individuals are quite limited in the samples.

24 genera and 40 species of Ostracoda were obtained at the study area. This assemblage indicated that there were brackish and marine environment conditions.

The Quaternary sequence contains pelecypod and gastropod faunas, which are not as abundant as that of Bosphorus. 11 genus and species of pelecypods and 9 genus and 10 species of gastropods were determined.

The sequence does not contain a fauna displaying variability in bryozoon group. 5 genus and 6 species have been encountered in 75 samples. These marine forms which are of Atlantics origin indicate that Mediterranean Sea had been dominant between middle and late Holocene.

When examined from the palynological point of view, the samples from 7 boreholes contain spores, pollens and dinoflagellats. Dinoflagellats are of special importance since they represent species that lived in lacustrine and near-shore environments between 7.500 and 3.500 years ago.

The strike-slip faults displaying NW-SE strikes are the youngest structural elements in the region that underwent intense deformations after the Paleozoic. When correlated with other faults of the Tertiary age, we conclude that these faults are younger than Miocene.

1. GİRİŞ

Anadolu Hisarı'nda 1856 yılında Sultan Abdülmecit tarafından yaptırılmış olan ve Milli Saraylar bünyesinde yeralan Küçük Su Kasrı'nın temel zemininde 1980'li yılların başında oluşan oturma ve kaymalar nedeniyle, kasırın korunması için yapılacak işlemleri belirlemek amacıyla 1982 yılı sonu ile 1983 yılı başında DSİ tarafından bina çevresinde anakayaya kadar ulaşan karotlu sondajlar yapılmıştır (Şekil 1 a ve b).

Karadeniz ile Marmara Denizi ve dolayısı ile Akdeniz arasındaki bağlantıyı saptamak ve İstanbul Boğazı'nın oluşumunun ne zaman ve ne şekilde gerçekleştiğine ışık tutmak amacı ile kasır çevresinde yapılmış olan SK-1, SK-3, SK-6, PRSK-2, PRSK-4, PRSK-7, PRSK-8 ve PRSK-9 sondajlarına ait (Şekil 1 b) karotlar incelenerek 98 örnek alınmıştır. İstanbul Boğazı ve yakın çevresinde bu konu ile ilgili çalışmalar 1980 yılından beri sürdürülmektedir (Stanley ve Blanpeid, 1980; Uluğ vd., 1987; Meriç vd., 1988; Meriç ve Sakınç, 1990; Derman, 1990; Gülen vd., 1990; Toker ve Şengüler, 1990; Ediger, 1990; Ünsal, 1990; Taner, 1990; Yılmaz ve Sakınç, 1990; Göksu vd., 1990; Meriç vd., 1991; Oktay ve Sakınç 1991 ve 1993; Uluğ, 1994; Meriç vd., 1996 a ve b; Meriç, 1997; Meriç ve Avşar, 1997; Gökaşan vd., 1997; Ryan vd., 1997; Meriç vd., 1998; Nazik, 1998; Nazik vd., 1999; Meriç vd., 2000).

Çok yönlü olarak gerçekleştirilen bu araştırmada ise tortulların sedimentolojik karakterleri dışında; foraminifer,

ostrakod, spor, polen, dinoflagellat, mollusk ve bryozoon toplulukları üzerinde çalışılmıştır.

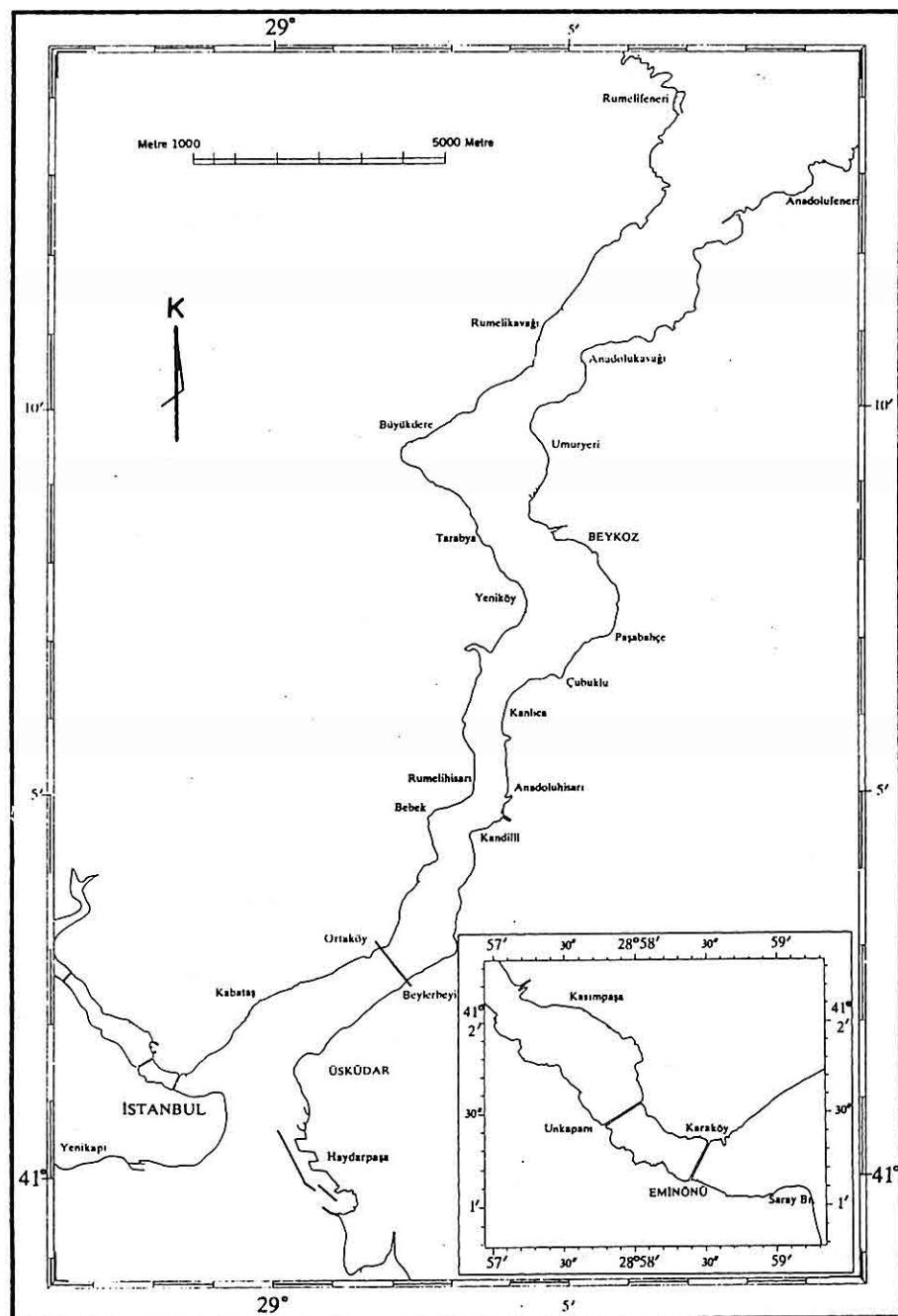
Küçük Su Kasrı çevresinde yapılmış olan sondajların derinlikleri dikkate alındığında incelenen 8 sondajın hepsinde anakayaya kadar olan derinliğin aynı olmadığı gözlenmektedir. PRSK-4'de 12.50 m, PRSK-7 ve SK-6'da 15.00 m, SK-3'de 18.80 m, PRSK-2 ve PRSK-8'de 21.00 m, PRSK-9'da 21.20 m ve SK-1'de 25.10 m de anakayaya ulaşılmıştır. SK-6 ve PRSK-7 sondajlarına ait karotlardaki bazı düzeylere ait örnek kaybı nedeni ile birbirine çok yakın olan bu iki sondaj birlikte değerlendirilmiştir.

2. SEDİMANTER ÖZELLİKLER

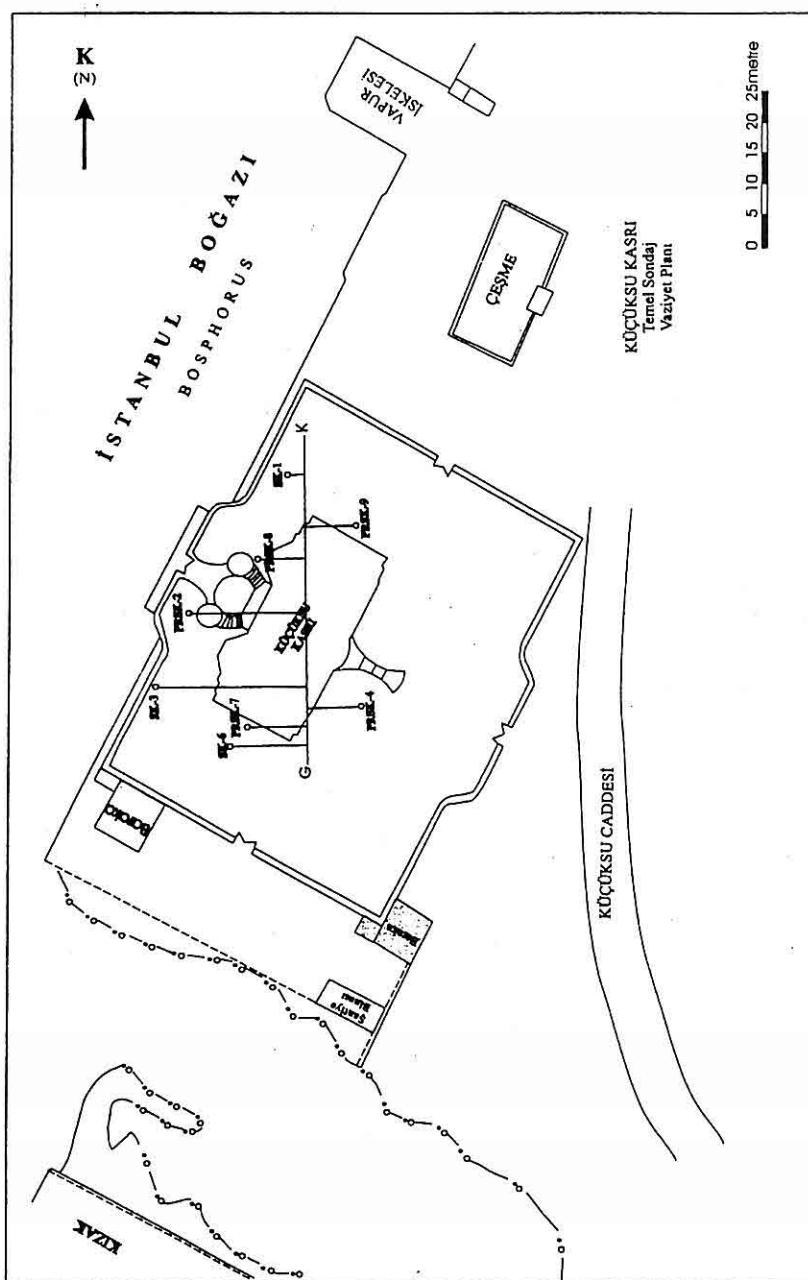
Anadolu Hisarı'nda Küçük Su ve Göksu dereleri arasında, oldukça geniş bir alanda yüzlek veren Kuvaterner çökelleri, İstanbul çevresinde daha önce gerçekleştirilen çalışmalarla Kuşdili formasyonu olarak isimlendirilmiştir (Meriç vd., 1991).

Son 7.500 yıl içerisinde dünya çapında gözlenen deniz seviyesi değişimleri, çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir (Thom ve Roy, 1985; Parkinson, 1989).

Dünyanın farklı yerlerinde yapılan çalışmalarla, örneğin Thom ve Roy (1985), göreceli deniz seviyesi değişikliğini Güney Avustralya için 6.500 yıl olarak kaydetmişlerdir. Buzul dönemi sonrası denizel transgresyonlarından sonra (5.000 yıl), deniz düzeyindeki ufak değişiklikler hariç "stillstand" adı verilen sakin dönem



Şekil 1a. Bulduru haritası.



Şekil 1b. Sondaj yerleri bildirme haritası.

devam etmektedir. Halbuki, Parkinson (1989), güneybatı Florida (A. B. D.) sahilinde göreceli deniz seviyesi değişikliğinin 3.500-3.200 yıl önce gelişliğini ve transgresif - regresif sedimanter istiflerin oluştuğunu kaydetmiştir. Ryan vd. (1997) ise Karadeniz kuzeyinde Azak Denizi'nde yaptıkları çalışmada, göreceli deniz düzeyindeki değişikliğin 7.000 yıl önce gerçekleştiğini vurgulamaktadırlar.

İstanbul Boğazı'nda ise Meriç vd. (1998)'nin çalışmasında Karadeniz ile Akdeniz arasındaki bağlantının Holosen ortalarında başladığı belirtilmiştir.

Yukarıda değinilen çalışmalarında görüldüğü üzere global olarak Holosen'de göreceli deniz seviyesi değişiklikleri söz konusudur. Bu durum İstanbul Boğazı'na da yansımıştır. Bu amaçla Küçükusu Kasrı bahçesinde yapılmış olan kısa metrajlı sondajlar incelenerek (Şekil 1 b), sondajlardan sekizi karot yüzdesi açısından en yüksek değer ve gösterdikleri özellikler dikkate alınarak sedimentolojik açıdan değerlendirilmiştir (Şekil 2). Bu şekilde sondajlar güneydoğudan kuzeybatıya doğru sıralanmış olup, genç tortullarda gözlenen en büyük kalınlık 25.10 m dir.

İncelenen karot örneklerinden elde edilen verilere göre tortul istif 5 paket halinde guruplandırılabilir. Bu işlemde en kalın istif olan SK-1 ve PRSK-8 sondajlarına ait örnekler esas alınmıştır. Alt bölüm Paleozoyik temel üzerine transgresif olarak gelen denizel istiftir. Maksimum kalınlığı İstanbul Boğazı'na en yakın olarak açılan SK-1 sondajında

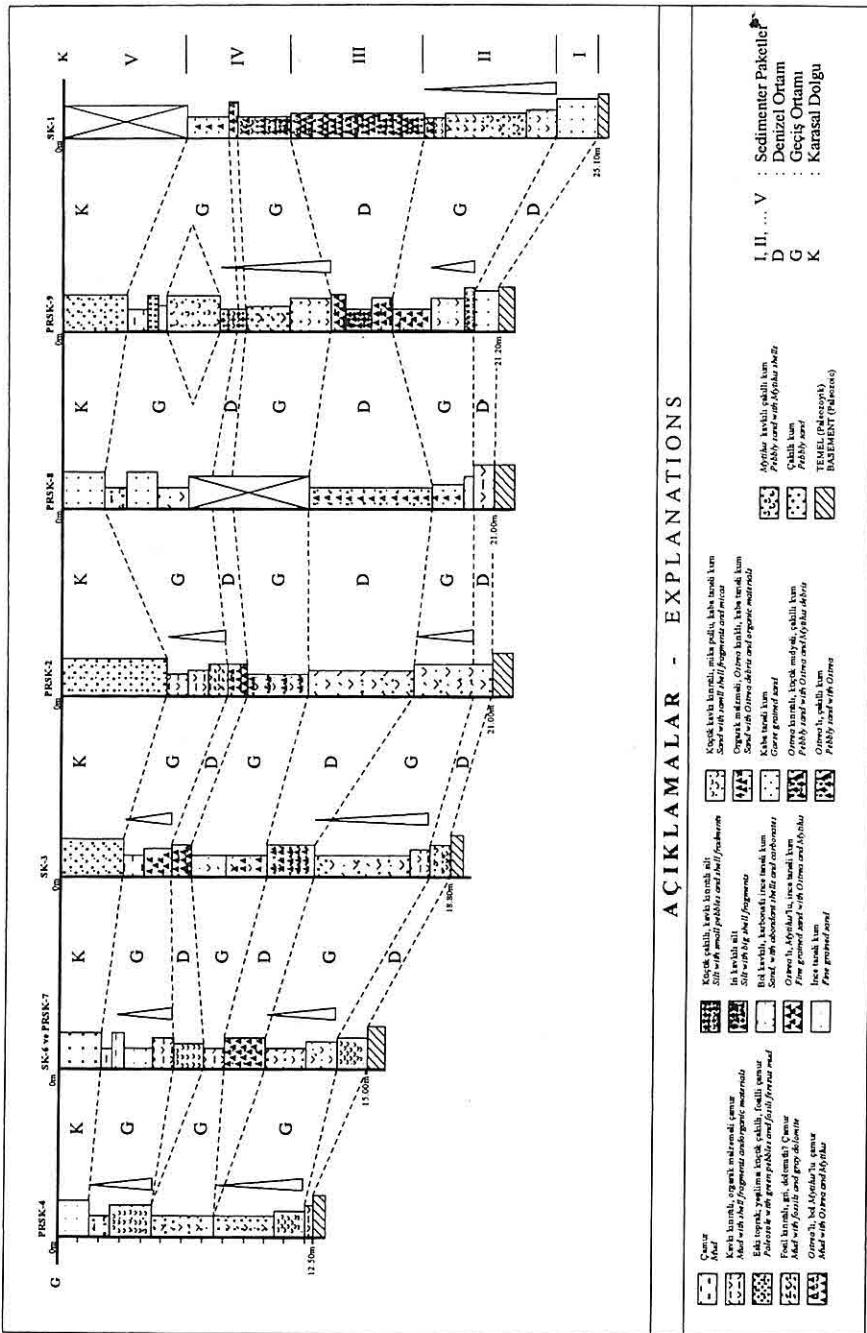
2.00 m dir. Başlıca denizel kavkı kirintlarından (fallum) *Modiolus*, *Mytilus* ve *Pseudamnicola* kavkılarından oluşan istif tutturulmamış kaba kum boyutundadır. Sedimentolojik verilere göre plaj ortamını yansıtmaktadır (submerjans).

İkinci bölüm 5.00 m kalınlığında, az sayıda denizel organizmaları içeren, yukarıya doğru tane boyunda küçülme gösteren kum ve kilden oluşmaktadır. Yine az sayıda *Modiolus*, *Lentidium* ve *Mytilus* gibi pelecypod'ları içermektedir. Altta karbonat çimentolu ince kum, üstte doğru yeşilimsi boz renkli, organik madde içerikli çamurlu istif sedimentolojik verilere göre karasal (fluvial) girdili geçiş ortamını yansıtmaktadır.

Üçüncü bölüm ise 7.00 m kalınlığında bol *Ostrea*'lı tipik plaj (strand-line) ortamını karakterize eden tortullardan oluşmuştur. Dağılgan kum ve kavkı kirintilidir. Transgresif karakterli deniz, güçlü sahil boyu akıntıları ile nisbeten yaşılı çökelleri taşımış ve yeniden işlemiştir.

Dördüncü bölüm 5.00 m kalınlığındadır ve geçiş ortamını yansıtır. Alt 2.50 m'si üstte doğru sıslaşan, başlıca ince taneli kum, silt ve kilden oluşmaktadır (emerjans). Bunların üzerinde kalınlığı 0.50 ile 1.00 m arasında değişen yeni bir plaj çökeli bulunur. Üst 2.00 m lik kesimi ise baskın bir şekilde kil ile temsil edilmektedir (emerjans).

Beşinci bölüm, kalınlığı 2.00-6.00 m arasında değişim gösteren, yer yer döküntü ve organik malzemeli eski-



Şekil 2. Küçük Kısı (Anadolu Hisarı) sondajları litofasiyes topulluklarının karşılaştırılması.

güncel toprak (paleosol) çökelidir. Baskın olarak silt ve kilden oluşmaktadır.

İstifte iç sedimanter yapıların görülmeyişi kuvvetli sahil boyu akıntıları, normal plajlarda görülen dalga ripilleri ve diğerlerinin izlenememeside, akıntıların ripilleri düzleştirmesi nedeniyedir. Karaya doğru ilerleyen bir sahil çizgisi söz konusudur. Geçiş ortamı olarak yorumlanan bölümde her ne kadar karasal girdi var ise de (fluvial input) makroskopik olarak bitki kirintılarının ve odun parçalarının saptanamamış olması da ilginçtir. Bu durum çoğu çökellerin deniz düzeyi altında depolandıklarını ve karadan önemli bir taşınmanın olmadığını göstermektedir. Bu nedenle, İstanbul Boğazı'nın bu kesimi yüksek enerjili sahillere örnek oluşturur.

3. FORAMİNİFER TOPLULUĞU

Anadolu Hisarı çevresinde gözlenen Kuşdili formasyonu'nda yapılmış olan 8 sondajdan derlenen 98 örnektenden 77'sinde foraminifer gözlenmiştir. Çalışmada 50 gr olarak alınan örnekler % 17'lik H₂O₂ ile karıştırılarak 24 saat bekletildikten sonra yıkanmış ve içermiş olduğu tüm foraminiferler dikkatli bir şekilde ayıplanarak incelenmiş olup, Spirolectamminidae, Textulariidae, Spirillinidae, Hauerinide, Nodosariidae, Polymorphinidae, Globigerinidae, Cassidulinidae, Buliminidae, Mississippinidae, Rosalinidae, Cibicididae, Planorbulinidae, Acervulinidae, Nonionidae, Trichohyalidae, Ammoniidae ve Elphidiidae familyalarına ait

Spirolectinella sagittula (d'Orbigny), *Textularia bocki* Höglund, *T. cf. pala* Czjzek, *T. sagittula* Defrance, *T. truncata* Höglund, *Spirillina vivipara* Ehrenberg, *Lachlanella undulata* (d'Orbigny), *Massilina secans* (d'Orbigny), *Quinqueloculina laevigata* d'Orbigny, *Q. lamarckiana* d'Orbigny, *Q. seminula* (Linné), *Miliolinella elongata* Kruit, *M. labiosa* (d'Orbigny), *M. subrotunda* Montagu, *Pseudotriloculina laevigata* (d'Orbigny), *Triloculina marioni* Schlumberger, *T. plicata* Terquem, *Dentalina inornata* d'Orbigny, *Polymorphina* sp., *Globigerina bulloides* bulloides d'Orbigny, *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny), *G. seigliei* Bermudez ve Bolli, *Cassidulina carinata* Silvestri, *Bulimina elongata* d'Orbigny, *B. marginata* d'Orbigny, *Stomatorbina concentrica* (Parker ve Jones), *Rosalina bradyi* Cushman, *R. floridensis* (Cushman), *R. globularis* d'Orbigny, *Cibicides advenum* (d'Orbigny), *C. floridanus* (Cushman), *Cibicidina walli* Bandy, *Lobatula lobatula* (Walker ve Jacob), *Planorbolina mediterranensis* d'Orbigny, *Acervulina cf. inhaerens* Schultz, *Sphaerogypsina globula* (Reuss), *Nonionella* sp., *Astrononion stelligerum* (d'Orbigny), *Aubignyna perlucida* (Heron-Allen ve Earland), *Ammonia ammoniformis* Colom, *A. compacta* Hofker, *A. parkinsoniana* (d'Orbigny), *A. tepida* Cushman, *Cribroelphidium poeyanum* (d'Orbigny), *Porosononion subgranosum* (Egger), *Haynesina anglica* (Murray), *H. depressula* (Walker ve Jacob),

Elphidium aculeatum (d'Orbigny), *E. advenum* (Cushman), *E. complanatum* (d'Orbigny), *E. crispum* (Linné), *E. jensei* (Cushman), *E. cf. limbatum* (Chapman), *E. macellum* (Fichtel ve Moll) gibi cins ve türler saptanmıştır (Tablo 1).

Bu foraminiferlerin taksonomik tanımlamaları yapılrken karşılaştırmalı olarak; Yanko ve Troitskaja, 1987; Loeblich ve Tappan, 1988; Meriç ve Sakınç, 1990; Cimerman ve Langer, 1991; Hatta ve Ujije, 1992; Hottinger vd., 1993; Sgarrella ve Moncharmont-Zei, 1993; Meriç vd. 1995 ve 1996b; şamli, 1995; Meriç ve Avşar, 1997 gibi yazarların eserlerinden yararlanılmıştır.

Küçüksu Kasrı çevresinde yapılmış olan 8 sondaj güneydoğu-kuzeybatı doğrultusunda sıralanarak (Şekil 2) içermiş olduğu foraminifer topluluğu incelendiğinde, ortam koşullarının tabandan tavana doğru değişim gösterdiği anlaşılmaktadır. PRSK-4 sondajının taban bölümünde, 12.10-11.70 m ler arasında denizel fasiyesin baskın olduğu, bunu bir geçiş evresinin izlediği ve yine kuşkulu olarak ikinci denizel evrenin varlığı gözlenmiştir. SK-6 ve PRSK-7 sondajlarına ait örnekler, bu iki sondaja ait bazı bölümlerin eksikliği nedeni ile birlikte değerlendirmeye alınmıştır. Tabanda 15.00-10.40 m ler arasında denizel evre belirgindir. 10.40-6.00 m ler arasındaki geçiş dönemini 6.00-4.50 m ler arasındaki ikinci denizel evre izler. SK-3 sondajında ise tabanda bulunan denizel evreyi, denizel-acisu özellikli foraminifer topluluğu içeren geçiş evresi

takip eder. En üsttede ikinci denizel dönem yer almaktadır. PRSK-2 sondajında istifin 14.00 m lik bölümü denizel fasiyesi karakterize eder. Bunuda geçiş dönemi ile ikinci denizel evre izler. PRSK-8 sondajında yaklaşık 17.00 m kalınlık sunan denizel dönemi yine geçiş ve denizel evreler izler. PRSK-9'da da 18.00 m ye kadar devam eden denizel evreyi, yöre için belirgin bir özellik olan geçiş evresi takip eder. 13.00 m den sonra ise yine denizel evreyi simgeleyen bir foraminifer topluluğu gözlenmiştir. SK-1 sondajında ise tabanda 21.00 m ye kadar izlenen denizel evre, yerini geçiş dönemine bırakarak 13.50 m ye kadar devam eder. Daha sonra bunu ikinci denizel evre izlemektedir (Tablo 2-8).

4. OSTRAKOD TOPLULUĞU

Anadolu Hisarı Kuvatner istifinde yapılan sondajlardan derlenen örneklerde ostrakodlardan 25 cins ve 40 tür belirlenmiştir (Tablo 9). Bu ostrakodlar Cytherellidae, Bairdiidae, Cytheridae, Leptocytheridae, Cytherideidae, Cushmanideidae, Trachyleberididae, Hemicytheridae, Loxoconchidae, Paracyprideidae, Cytheruridae, Xestoleberididae, Paradoxostomatidae, Pontocyprididae, Candonidae familyalarına aittir (Nazik, 1998). Çalışmada tanımlanan türlerden *Callistocythere mediterraneae* G.W.Müller, *C. montana* Doruk, *C. pallida* G.W.Müller, *Cyprideis sohni* Bassiouni, *Cushmanidea elongata* (Brady), *Aurila convexa* (Baird), *Tyrrhenocythere amnicola* (Sars),

Tablo 1. Foraminifer cins ve türlerinin sondajlara göre dağılımı.

FORAMINIFERA CINS VE TÜRLERİ	SONDAJLAR						
	PRSK-4	SK-6/PRSK-7	SK-3	PRSK-2	PRSK-8	PRSK-9	SK-1
<i>Spiroplectinella sagittula</i> (d'Orbigny)	♦						♦
<i>Textularia bocki</i> Höglund			♦	♦	♦	♦	♦
<i>Textularia cf. pala</i> Czjek							♦
<i>Textularia sagittula</i> (d'Orbigny)		♦					
<i>Textularia truncata</i> Höglund			♦	♦		♦	
<i>Spirillina vivipara</i> Ehrenberg			♦				
<i>Lachlanella undulata</i> (d'Orbigny)					♦		
<i>Massilina secans</i> (d'Orbigny)	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Quinqueloculina laevigata</i> d'Orbigny			♦	♦			♦
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i> d'Orbigny			♦	♦	♦		♦
<i>Quinqueloculina seminula</i> (Linné)	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Miliolinella elongata</i> Kruis	♦			♦			
<i>Miliolinella labiosa</i> (d'Orbigny)				♦			♦
<i>Miliolinella subrotunda</i> (Montagu)	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Miliolinella</i> sp.							♦
<i>Pseudotriloculina laevigata</i> (d'Orbigny)						♦	
<i>Triloculina marioni</i> Schlumberger	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Triloculina plicata</i> Terquem				♦	♦	♦	
<i>Dentalina inornata</i> d'Orbigny					♦		
<i>Polymorphina</i> sp.					♦		
<i>Globigerina bulloides bulloides</i> d'Orbigny							♦
<i>Globigerinoides ruber</i> (d'Orbigny)			♦				
<i>Globigerinoides seigliei</i> Bermudez ve Bolli				♦			
<i>Cassidulina carinata</i> Silvestri			♦	♦			
<i>Bulimina elongata</i> d'Orbigny	♦	♦					
<i>Bulimina marginata</i> d'Orbigny		♦					
<i>Stomatorbina concentrica</i> Parker ve Jones			♦	♦	♦		
<i>Rosalina bradyi</i> Cushman	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Rosalina floridensis</i> (Cushman)			♦	♦	♦		
<i>Rosalina globularis</i> d'Orbigny			♦	♦	♦		
<i>Rosalina</i> sp.							♦
<i>Cibicides advenum</i> d'Orbigny	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Cibicides floridanus</i> (Cushman)		♦			♦	♦	♦
<i>Cibicidina walli</i> Bandy					♦	♦	
<i>Lobatula lobatula</i> (Walker ve Jacob)	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Planorbulina mediterranensis</i> d'Orbigny			♦		♦		♦
<i>Acervulina</i> cf. <i>inhaerens</i> Schultz							♦
<i>Sephaerogypsina globula</i> (Reuss)					♦		
<i>Asterigerinata mamilla</i> (Williamson)			♦				
<i>Nonionella</i> sp.			♦				
<i>Astrononion stelligerum</i> (d'Orbigny)			♦				
<i>Aubignyna perlucida</i> (Heron-Allen ve Earland)			♦	♦			♦
<i>Ammonia ammoniformis</i> Colom	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Ammonia compacta</i> (Hofker)	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Ammonia parkinsoniana</i> (d'Orbigny)	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Ammonia tepida</i> Cushman	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Ammonia</i> sp.			♦				
<i>Cribroelphidium poeyanum</i> (d'Orbigny)	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Porosononion subgranosum</i> (Egger)	♦	♦	♦		♦	♦	♦
<i>Porosononion</i> sp.					♦	♦	
<i>Haynesina anglica</i> (Murray)			♦				
<i>Haynesina depressoidea</i> (Walker ve Jacob)				♦	♦	♦	♦
<i>Haynesina</i> sp.							♦
<i>Elphidium aculeatum</i> (d'Orbigny)			♦	♦	♦	♦	♦
<i>Elphidium advenum</i> (Cushman)	♦			♦	♦	♦	♦
<i>Elphidium complanatum</i> (d'Orbigny)			♦	♦	♦	♦	♦
<i>Elphidium crispum</i> (Linné)	♦			♦	♦	♦	♦
<i>Elphidium jensei</i> (Cushman)			♦			♦	
<i>Elphidium</i> cf. <i>limbatum</i> (Chapman)	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Elphidium macellum</i> (Fichtel ve Moll)			♦	♦	♦	♦	♦
<i>Elphidium</i> sp.	♦		♦	♦	♦	♦	♦

Tablo 2. Foraminifer cins ve türlerinin PRSK-4 sondajındaki dağılımı.

PRSK-4	FORAMINIFERA									
	<i>Spiranobenthella sagittula</i> (d'Orbigny)	<i>Mastilina secaus</i> (d'Orbigny)	<i>Oinoceratina seminula</i> (Linné)	<i>Afiliolina elongata</i> Knott	<i>Afiliolina elongata</i> Knott	<i>Triloculina manoni</i> Schumacher	<i>Lobatula lobula</i> (Walker ve Leeb)	<i>Cibicides aternum</i> (d'Orbigny)	<i>Ammonia compacta</i> (Hofker)	<i>Ammonia parkinsoniana</i> (d'Orbigny)
1.50-1.60										
2.50-2.60										
3.30-3.40										
4.50-4.60										
5.10-5.20	○	○					○			
5.90-6.00										
6.80-6.90						○	○			
8.90-9.00										
10.30-10.40					○					
10.80-10.90										
11.70-11.80		○	△	○	○	○	○	●	○	
12.00-12.10	○		△	○	○	●	○		△	

Tablo 3. Foraminifer cins ve türlerinin SK-6/PRSK-7 sondajındaki dağılımı.

SK-6/PRSK-7	FORAMINIFERA									
	<i>Terebellina sagittula</i> Defrance	<i>Mastilina secaus</i> (d'Orbigny)	<i>Oinoceratina seminula</i> (Linné)	<i>Afiliolina subrotunda</i> Montagu	<i>Triloculina manoni</i> Schumacher	<i>Buliminella elongata</i> d'Orbigny	<i>Rosalina brachialis</i> Cushman	<i>Clavides tubatum</i> (d'Orbigny)	<i>Lobatula lobula</i> (Walker ve Leeb)	<i>Astronion stellatum</i> (d'Orbigny)
2.00-2.10										
2.50-2.60										
3.90-4.00										
4.50-4.60										
5.90-6.00	●	○				○	○	○	○	◆
6.90-7.00										
8.00-8.10	○					○	○	○	○	
9.00-9.10										
10.40-10.50	○		○	●						
11.00-11.10		○			○	○	●			
11.90-12.00					○	△			△	○
12.40-12.50					○	●	○		●	○
14.00-14.10						○			○	
14.90-15.00		○	○				○	○	△	○
									○	○

Tablo 4. Foraminifer cins ve türlerinin SK-3 sondajındaki dağılımı.

SK-3	FORAMINIFERA										
	<i>Spirillina vivipara</i> Ercenek	<i>Massilina secura</i> (Özdam)	<i>Quinqueloculina cf. lacrymata</i> (Özdam)	<i>Quinqueloculina lamarensiana</i> (Özdam)	<i>Quinqueloculina seminula</i> (Linné)	<i>Miliolella substrigata</i> (Menzies)	<i>Triloculina mariannae</i> Schubben	<i>Triloculina filifera</i> Teruzzi	<i>Globigerinoides ruber</i> (Özdam)	<i>Cassidulina carinata</i> Silvesi	<i>Bulimina marginata</i> (Özdam)
3.10-3.20											
4.40-4.50	○	○				○	○	○ ○ ○			
5.40-5.50	●		△			○	○ ○ ○				
6.90-7.00			△ ○			○	● ○ ○				
8.00-8.10	○	● ○				● ○ ○					
10.90-11.00						○ ○ ○ ○ ○	● ○ ○ ○ ○				
13.10-13.20			○ ● ○			○ ○ ○ ○ ○	● ○ ○ ○ ○				
14.50-14.60											
16.30-16.40	○										
17.90-18.00			○ ○ ○ ○ ○			○ ○ ○ ○ ○	● ○ ○ ○ ○				
18.50-18.60		○				○ ○ ○ ○ ○					

Tablo 5. Foraminifer cins ve türlerinin PRSK-2 sondajındaki dağılımı.

PRSK-2	FORAMINIFERA										
	<i>Terebrina socia</i> Höglund	<i>Terebrina truncata</i> Höglund	<i>Mastigina recta</i> (Özdam)	<i>Quinqueloculina lacrymata</i> (Özdam)	<i>Quinqueloculina lamarensiana</i> (Özdam)	<i>Quinqueloculina seminula</i> (Linné)	<i>Miliolella elongata</i> Kozi	<i>Miliolella tabula</i> (Özdam)	<i>Triloculina marinensis</i> Schubben	<i>Triloculina pilosa</i> Teruzzi	<i>Bulimina marginata</i> (Özdam)
5.00-5.10											
6.00-6.10	○										
7.00-7.10	○		○		○ ○		○	● ● ○ ○ ○			
7.80-8.00							○				
8.80-9.00							○				
9.50-9.60	●						○				
10.90-11.00							○	○ ○ ○ ○ ○			
11.90-12.00							○				
13.00-13.10							○				
13.90-14.00							○				
14.70-14.80							○				
15.70-15.80							○				
17.60-17.80			○		○ ○ ○		○	●			
19.50-19.60		○			○ ○ ○		○	● ● ○ ○ ○			
19.80-20.00							○				

Tablo 6. Foraminifer cins ve türlerinin PRSK-8 sondajındaki dağılımı.

PRSK-8	FORAMINIFERA																		
	<i>Spirorbicella spirifera</i> (d'Orbigny)																		
2.50-2.60																			
3.90-4.00																			
5.00-5.10																			
5.50-5.60	○	●			○	○													
12.00-12.10					○		○												
13.00-13.10																			
13.90-14.00																			
14.90-15.00	*		○																
16.10-16.20																			
16.70-16.80																			
17.70-17.80	○			●	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
18.00-18.10																			
19.00-19.10																			
20.00-20.10	○	○	○	○	○	●	○	○	△	○	△	*							
21.90-22.00					○	○	○	○		○	○	●							

Tablo 7. Foraminifer cins ve türlerinin PRSK-9 sondajındaki dağılımı.

PRSK-9	FORAMINIFERA																		
	<i>Spirorbicella spirifera</i> (d'Orbigny)																		
3.00-3.10																			
3.80-3.90																			
5.00-5.10																			
5.90-6.00																			
7.20-7.30																			
8.80-9.00																			
9.90-10.00																			
10.90-11.00																			
11.00-11.10																			
11.90-12.00																			
13.00-13.20																			
14.20-14.40																			
15.90-16.10																			
17.70-17.80																			
18.90-19.00	○	○	○	△	○	△	△	○	◆	△	○	*						○	○
19.80-20.00																			
21.00-21.20																			

Tablo 8. Foraminifer cins ve türlerinin SK-1 sondajındaki dağılımı.

FORAMINIFERA ^A	SK-1													
	6.50-6.60	8.10-8.20	10.40-10.50	11.90-12.00	13.40-13.50	14.90-15.00	16.70-16.80	17.90-18.00	19.40-19.50	20.90-21.00	22.40-22.50	23.30-23.40	24.10-24.20	24.80-24.90
<i>Spiroreticinella carinata</i> (Orbigny)														
<i>Textularia boett. Höglund</i>	•													
<i>Textularia truncata</i> Höglund														
<i>Textularia cf. colla Czick</i>														
<i>Mastigina secum L.</i> (Orbigny)														
<i>Quinqueloculina lacustris</i> d'Orbigny														
<i>Quinqueloculina lamarchiana</i> d'Orbigny														
<i>Quinqueloculina seminula</i> (Linné)														
<i>Miliolinella tabicosa</i> (Orbigny)	•													
<i>Miliolinella subrotunda</i> (Meneghi)			○	○										
<i>Miliolinella sp.</i>					○	○								
<i>Triloculina marionae</i> Schumacher														
<i>Globigerina bulloides</i> bollardes d'Orbigny														
<i>Rotalina bruchi</i> Cushman														
<i>Rotalina berkenensis</i> (Cushman)														
<i>Rotalina gibbulolans</i> d'Orbigny														
<i>Chiloides australis</i> (d'Orbigny)														
<i>Chiloides fortunei</i> (Cushman)														
<i>Lobatula lobanula</i> (Walker ve Leach)														
<i>Planorbolina mediterraneensis</i> d'Orbigny														
<i>Acervulina cf. inhaerens</i> Schultz														
<i>Harmostina diversula</i> (Walker ve Jacob)														
<i>Harmostina sp.</i>														
<i>Jubula pectinifera</i> (Iffre-Alen ve Eiland)														
<i>Ammonia ammoniformis</i> Colom														
<i>Ammonia compacta</i> (Heezen)														
<i>Ammonia tentaculata</i> Cushman														
<i>Cribroelphidium reevenianum</i> (d'Orbigny)														
<i>Poroconchium subrensum</i> (Egger)														
<i>Eltaphidium advenum</i> (Cushman)														
<i>Eltaphidium campanulatum</i> (d'Orbigny)														
<i>Eltaphidium cristatum</i> (Linné)														
<i>Eltaphidium cf. limatum</i> (Cushman)														
<i>Eltaphidium macellum</i> (Fichtel ve Moll)														
<i>Eltaphidium sp.</i>														

Loxoconcha rhomboidea Fischer, *L. tumida* Brady, *Xestoleberis aurantia* (Baird), *X. communis* G.W.Müller, *X. depressa* Sars, *Paradoxostoma triste* G.W.Müller tüm sondajlarda yaygın olarak gözlenmiştir. İnceleme alanında bulunan *Tyrrhenocythere* ve *Cyprideis*'ler acısı, *Xestoleberis* ve *Loxoconcha* acısı-denizel geçiş, *Aurila*, *Callistocythere*, *Cushmanidea*, ve *Paradoxostoma* denizel ortam koşullarının varlığını göstermektedir.

5. PALİNOLOJİ

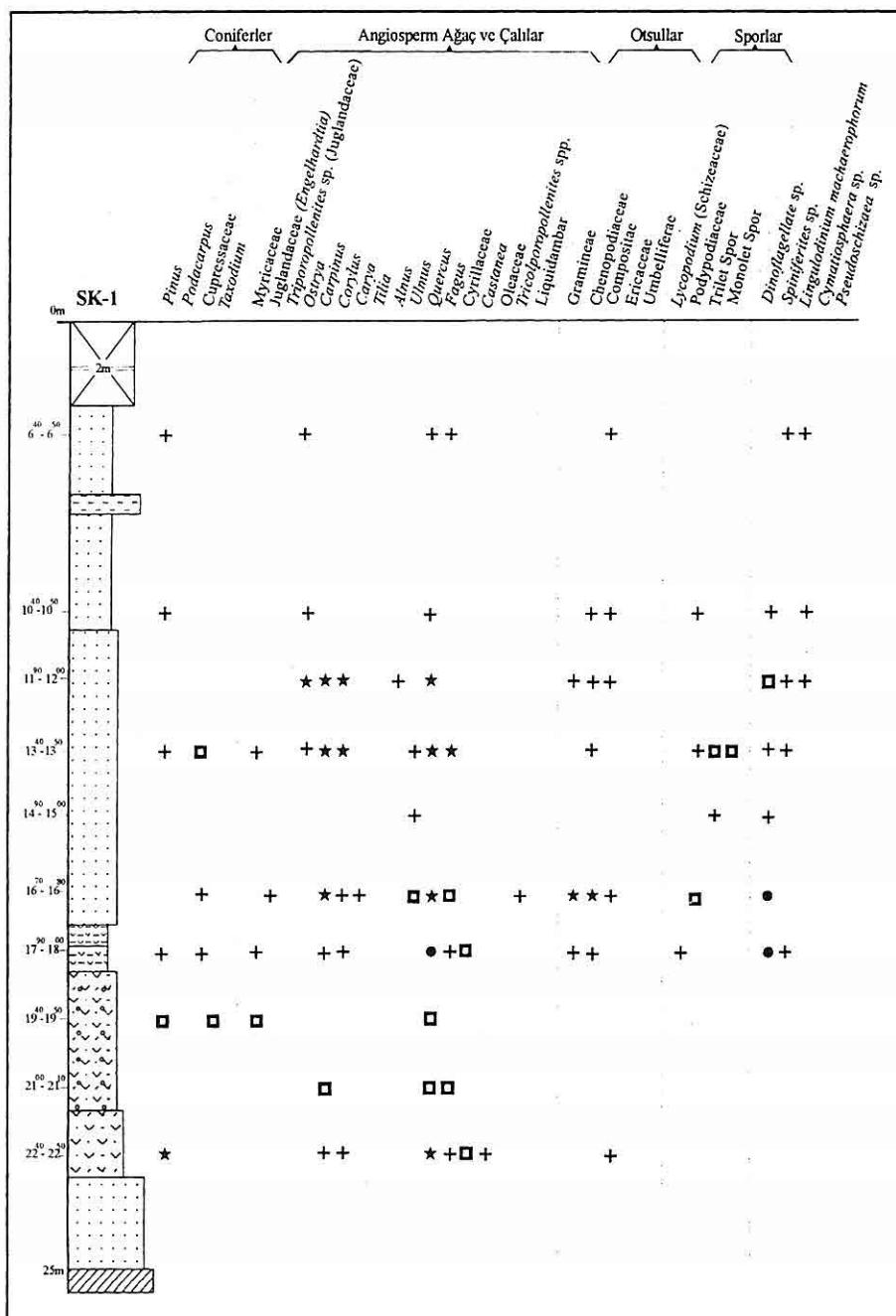
Anadolu Hisarı Küçüksu Kasrı çevresinde yapılmış olan ve kalınlığı

25.10 m ye ulaşan Holosen yaşı çökellerin palinostratigrafisinin belirlenmesi için yapılan çalışmalar PRSK-9 sondajına ait 17 örneğin ve diğer sondajlara ait 43 örneğin ya hiç palinomorf içermediği yada palinomorfların iyi korunmamış olduğu gözlenmiştir. Diğer örneklerde yapılan sayısal ve simgesel inceleme sonucunda 37 örnekte 26 polen, 4 spor ve 4 dinoflagellat takası belirlenmiş (Levha 1-6) ve bunların bolluk dağılımları tablolara işlenmiştir. (Tablo 10-13). Çalışmada örneklerin palinolojik içeriğine dayanılarak; 1) çok genç oluşumlu bu tortullardaki palinolojik

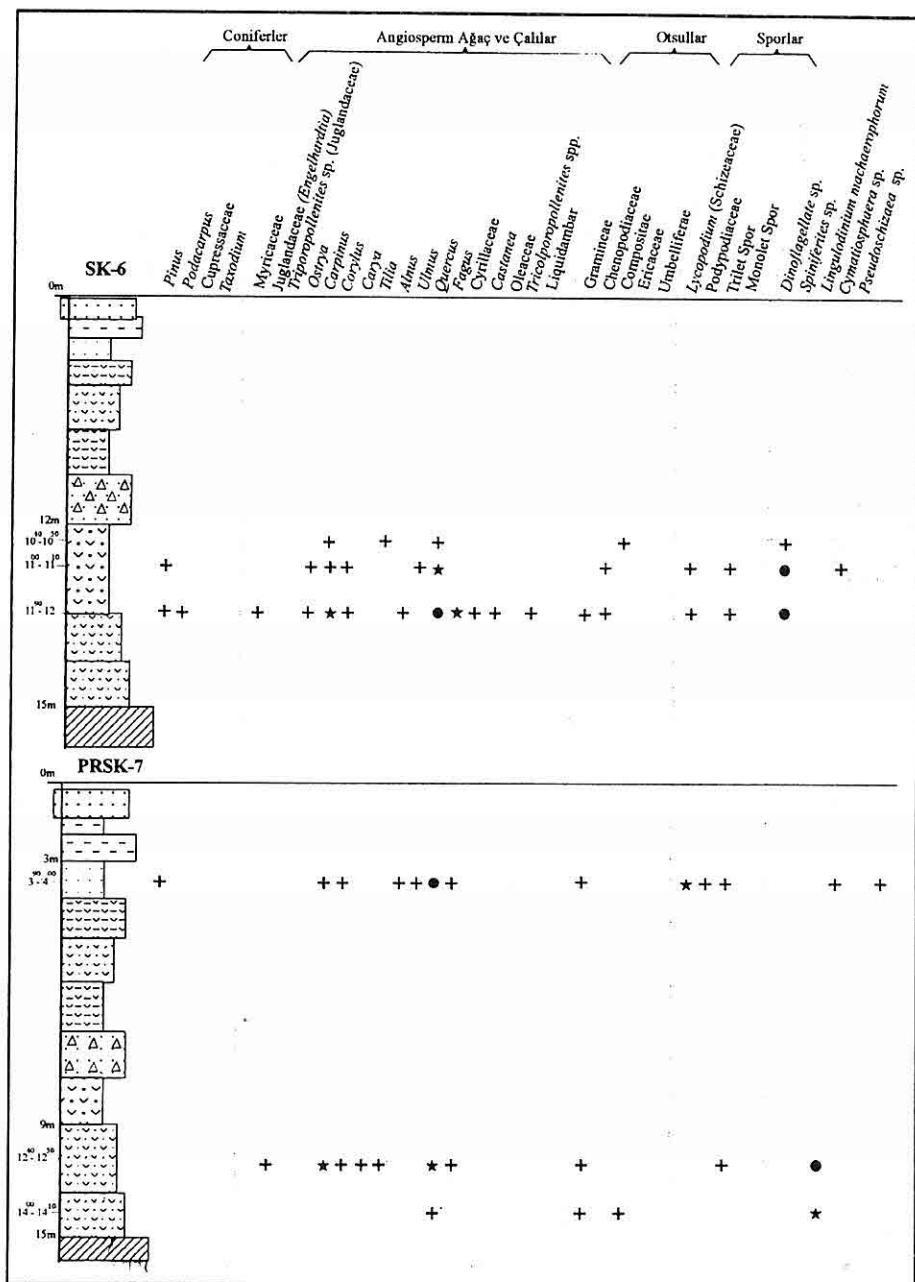
Tablo 9. Ostrakod cins ve türlerinin sondajlara göre dağılımı.

OSTRACODA CİNS ve TÜRLERİ	SONDAJLAR					
	PRSK-4	SK-6/PRSK-7	SK-3	PRSK-2	PRSK-8	PRSK-9
						SK-1
<i>Cytherella</i> sp.						
<i>Bairdia copulenta</i> G.W.Müller	♦	♦	♦			♦
<i>Bairdia longevaginata</i> G.W.Müller		♦		♦	♦	♦
<i>Microcytherura</i> sp.		♦				♦
<i>Leptocythere bisulcata</i> Stancheva			♦	♦	♦	♦
<i>Leptocythere castanae</i> Sars	♦	♦	♦	♦		♦
<i>Leptocythere levis</i> G.W.Müller			♦	♦	♦	♦
<i>Leptocythere pellucida</i> (Baird)			♦			♦
<i>Leptocythere rara</i> G.W.Müller		♦	♦			♦
<i>Leptocythere rastrifera</i> Ruggieri	♦	♦	♦		♦	♦
<i>Callistocythere mediterraneae</i> G.W.Müller	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Callistocythere montana</i> Doruk	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Callistocythere pallida</i> G.W.Müller	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Cyprideis sohni</i> Bassiouni	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Cyprideis torosa</i> (Jones)			♦	♦	♦	♦
<i>Cushmanidea elongata</i> (Brady)	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Costa edwardsii</i> (Roemer)				♦		
<i>Carinocythereis antiquata</i> (Baird)		♦	♦	♦		♦
<i>Carinocythereis carinata</i> Roemer			♦			♦
<i>Falunia quadridentata</i> (Baird)					♦	♦
<i>Falunia rugosa</i> (Costa)						♦
<i>Falunia</i> sp.			♦			
<i>Aurila convexa</i> (Baird)	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Urocythereis favosa</i> Rocmer			♦			♦
<i>Urocythereis margaritifera</i> G.W.Müller	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Tyrrhenocythere amnicola</i> (Sars)	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Tyrrhenocythere praeazerbaidjania</i> (Livantel)	♦					
<i>Loxoconcha ancilla</i> Stancheva		♦		♦	♦	♦
<i>Loxoconcha mediterraneae</i> G.W.Müller	♦	♦	♦			♦
<i>Loxoconcha rhomboidea</i> Fischer	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Loxoconcha tumida</i> Brady	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Hirschmannia</i> sp.	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Paracytheridea depressa</i> (G.W.Müller)			♦		♦	♦
<i>Semicytherura acuticostata</i> (Sars)				♦		
<i>Semicytherura ruggieri</i> Pucci			♦			
<i>Semicytherura sulcata</i> G.W.Müller	♦		♦			
<i>Eucytherura</i> sp.			♦			
<i>Xestoleberis aurantia</i> (Baird)	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Xestoleberis communis</i> G.W.Müller	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Xestoleberis depressa</i> Sars	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Paradoxostoma triste</i> G.W.Müller	♦	♦	♦	♦	♦	♦
<i>Sclerochilus contortus</i> (Norman)			♦	♦		♦
<i>Argilloecia conoidea</i> Sars	♦		♦			
<i>Propontocypris prisera</i> G.W.Müller				♦		
<i>Candona parallela pannonica</i> Zalanyi					♦	♦
<i>Candona (Pseudocandona)</i> sp.			♦			
<i>Cyclocypris</i> sp.			♦	♦		

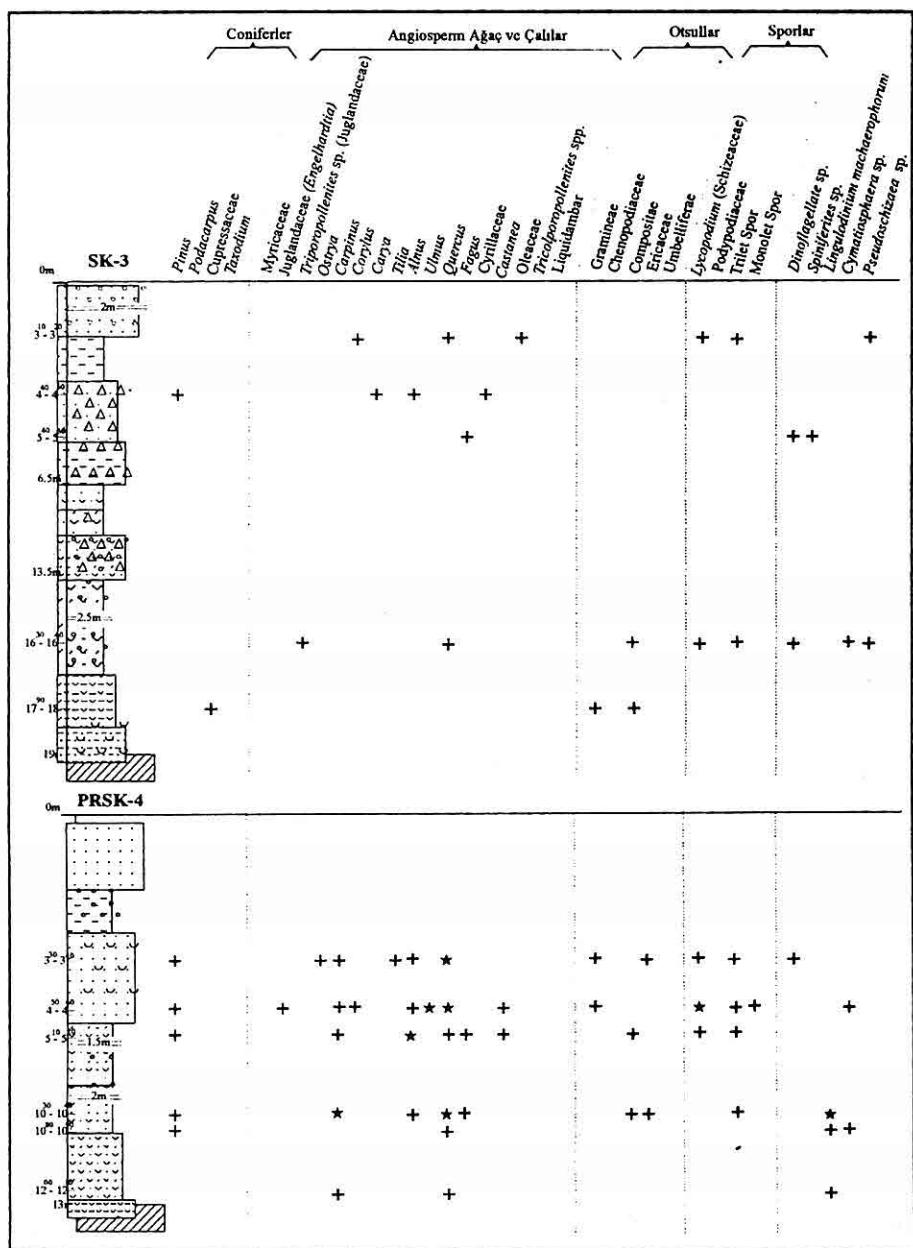
Tablo 10. SK-1 sondajı örneklerinde belirlenen taksonların bolluk dağılımları.



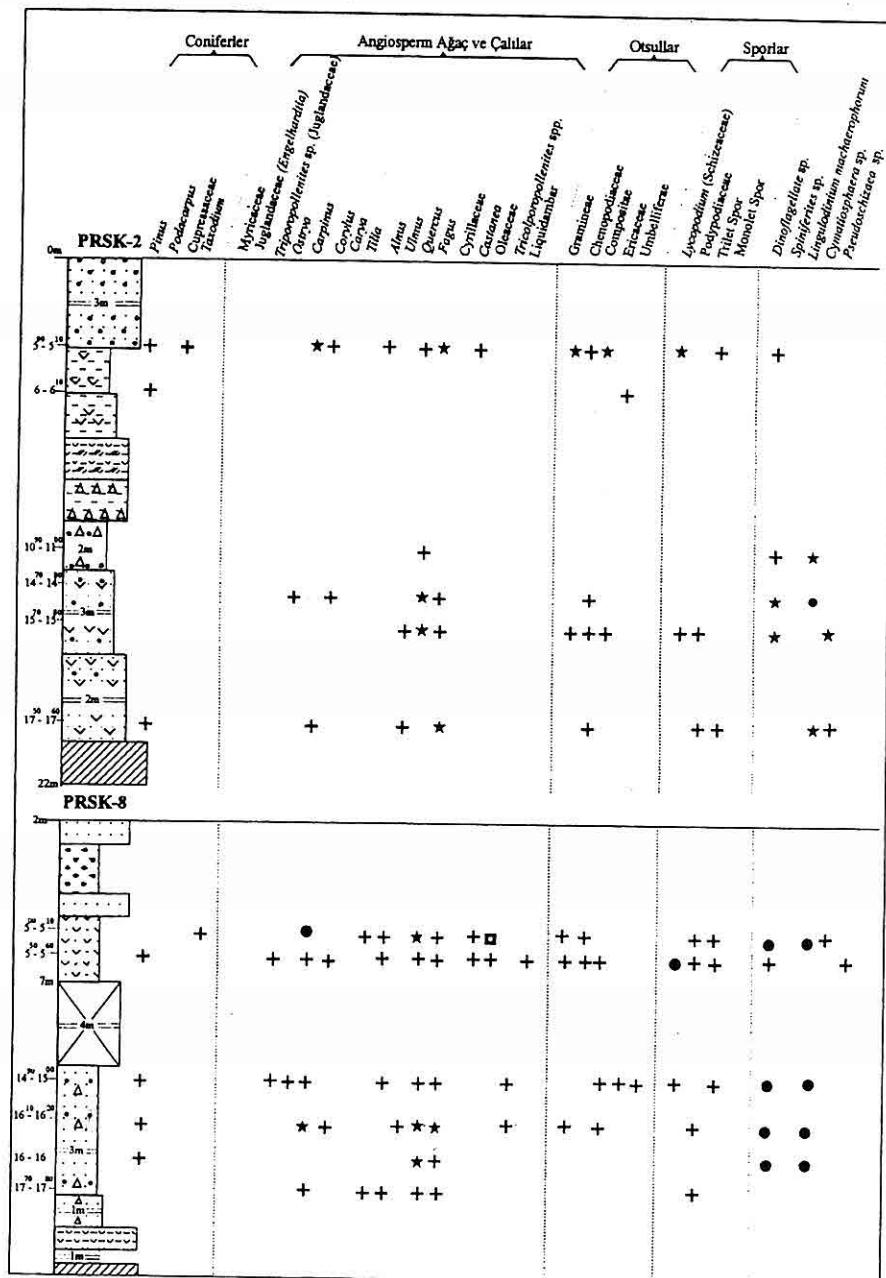
Tablo 11. SK-6 ve PRSK-7 sondajı örneklerinde belirlenen taksonların bolluk dağılımları.



Tablo 12. SK-3 ve PRSK-4 sondajı örneklerinde belirlenen taksonların bolluk dağılımları.



Tablo 13. PRSK-2 ve PRSK-8 sondajı örneklerinde belirlenen taksonların bolluk dağılımları.



bulgular ile yaş yaklaşımında bulunulmuş, 2) tortullaşma sırasında egemen bitki örtüsü ve iklim belirlenmiş, 3) İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi çevresindeki genç tortullarda yapılan diğer çalışmalarındaki palinostratigrafik ve paleoekolojik bulgular değerlendirilmiştir.

Wall ve Dale (1973 a ve b) Karadeniz tortullarında yeni tür olarak tanımladıkları dinoflagellatlardan *Tectatodinium psilatum* Wall ve Dale ile *Spiniferites cruciformis* Wall ve Dale'in hemen hemen tatlusu (düşük tuzlulukta stenohalin) koşullarının egemen olduğu Geç Glasial - Erken Holosen (New Euxinian Lake-Sea, 23.000-7.000 yıl arası) dönemini yansittığını, bu türlerin Karadeniz'in dışında hiç gözlenmediğini ve 7.000 yıldan sonra (7.000-3.500 yıl arası Mesoholosen dönemi) çift yönlü akıntıının başlamasını (Stanley ve Blanpeid, 1980) ile artan tuzluluk oranının bu türlerin aniden ortadan kalkarak yerlerini acısu koşulları altında çiçeklenen *Lingulodinium machaerophorum* (Cookson ve Eisenack) ile *Cymatiosphaera globulosa* Takahashi türlerine bıraktığını belirtirler. Bu çalışmada incelenen örneklerin zengin *Lingulodinium machaerophorum* (Cookson ve Eisenack), *Cymatiosphaera* sp. içeriği tortullaşmanın 7.500-3.500 yılları arasındaki Mesoholosen döneminde, kıyı yakını ve acısu koşullarında (Old Black Sea Stage) gelişliğini belgelemektedir. Haliç (Ediger, 1990) ve Kuşdili-Kadıköy-İstanbul (Meriç vd., 1991) Holosen

tortullarında *Spiniferites cruciformis* Wall ve Dale, İzmit Körfezi Kuvaterner tortullarında ise oldukça düşük bolluklarda *Spiniferites cruciformis* Wall ve Dale ile *Lingulodinium machaerophorum* (Cookson ve Eisenack) türlerinin (Akgün, 1995) varlığına karşın, bu çalışmada *Spiniferites cruciformis* Wall ve Dale türüne rastlanılmamıştır. Bu verilere dayanarak, Kuşdili-İstanbul, Haliç (7.400 yıl civarı) ve İzmit Körfezi'ndeki tortullaşmanın üst bölümünün (6.000 yıla kadar çıktıığı düşünülen) Erken-Orta Holosen geçiş dönemine karşılık geldiği ve Anadolu Hisarı tortullaşmasının, biraz daha geç (olasılı 5.000-4.000 yıl) olduğu söylenebilir.

Anadolu step bölgesinin kuzeyinde Karadeniz'in güneyindeki dağ uzantılarında (Abant, Yeniçağ, Ladik çevresinde), yaklaşık 8.000 yıl öncesinde (Erken Holosen) soğuk iklimli, yaprak döken ve herzaman yeşil iğne yapraklı karışık dağ orman kuşağı (*Abies*, *Pinus*, *Fagus*, *Quercus*, *Juniperus*) ve kuşağıın eteğinde *Fagus*, *Corylus*, *Carpinus*, *Ostrya*, *Castanea* ile *Quercus*'lu yamaç ormanının varlığından söz edilmektedir (Zeist ve Bottema, 1988, 1991; Atalay, 1992). Çalışmacılar, aynı bölgede 6.000 yıl önce ise, yüksek kesimlerde nisbeten kurak *Quercus*, *Juniperus*, *Pinus* ormanının ve yamaçta ise *Fagus*, *Corylus*, *Carpinus*, *Ostrya*, *Castanea* ile *Quercus*'tan oluşan ve yine nisbeten serin iklim koşullarını yansitan ve yaprak döken ormanların yaygınlaştığını belirtirler. Avrupa'da ve Türkiye'de Erken Holosen'de *Betula-Pinus*

egemenliği yerini Orta Holosen'de *Quercus*, *Alnus*, *Ulmus*, *Tilia* egemenliğine bırakır. Bu bitki topluluğu Holosen'in en ılık bölümünü, klimatik optimum'u (7.000-4.000 yıl arası) tanımlar (Erol, 1979; Traverse, 1988). Haliç tortullarından elde edilen palinolojik bulgular Holosen'de yörenin zengin odunsu (arboreal) bir bitki örtüsü ile kaplı olduğunu, İstanbul yöresinde 3.000-4.000 yıl önce nemli ve nisbeten serin koşullardan (Orta Holosen), sıcak ve kurak koşullara (Geç Holosen) geçindiğini göstermektedir (Zeist ve Bottema, 1988 ve 1991; Ediger, 1990; Meriç vd., 1991; Kutluk, 1994). Serin ve nemli iklim koşullarında yetişebilen Göknar (*Abies*)'ların Orta Holosen'deki bolluklarını, Geç Holosen'de (günümüzden 4.000 yıl önce) nemin azalması ve sıcaklığın artması ile çamlara bıraktığı belirtilmektedir (Zeist ve Bottema, 1991; Kutluk, 1994). Haliç, Kuşdili ve Anadolu Hisarı örneklerinden tanımlanan bitki topluluğunun nemli-serin bir iklimi yansıtmasına karşın, benzer iklim koşullarında gelişmiş İzmit Körfezi genç tortullarından farklı olarak, Göknar'ların hiç gözlenmemesi, incelenen tortullaşmanın Orta-Geç Holosen geçiş döneminde gelişliğini ve İstanbul Boğazı'ndaki tortullaşmanın güneyden kuzeye doğru genleştiğini düşündürmektedir.

İstiften elde edilen palinolojik veriler paleoekolojik açıdan değerlendirilidirinde günümüzde İstanbul Boğazı'nın Anadolu ve Rumeli yakalarındaki öksin provens'te *Quercus*

ormanları hakimdir (Dönmez, 1968 ve 1979). Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı'nın Anadolu yakasında ince bir şerit halinde Akdeniz bitki örtüsünün izleri görülür. Çalışma yöresine en yakın konumda Belgrad Ormanı'nın baskın cinsi *Quercus* olup, *Fagus*, *Carpinus*, *Castanea*, *Alnus*, *Populus*, *Tilia*, *Acer* ile *Ulmus* gibi ağaç, ağaçcık ve çalılar ormanı oluşturur (Yaltırık, 1966). Atmosferdeki polen analizleri, *Pinus*, *Cupressus*, *Platanus*, *Fraxinus*, *Erica*, *Chenopodiaceae*, *Compositae*, *Gramineae*'nin İstanbul Yöresi vejetasyonunda yeraldığını belirtir (Kutluk, 1994).

Meriç vd. (1991), Kuşdili (Kadıköy-İstanbul) Kuvaterner'inde karasal-akarsu ile başlayıp, akarsu ağızı ve Geç Holosen sığ denizel çökelleriyle devam eden bir tortullaşmadan söz ederler ve bu tortullardan belirledikleri *Myrica*, *Corylus*, *Carya*, *Pterocarya*, *Quercus*, *Tilia*, *Nyssa* ve dinoflagellat formlarından oluşan palinomorf topluluğunun, diğer paleontolojik bulgulara benzer olarak, yoğun karasal etki altında olasılı lagün/körfez ortamını yansittığına deñinirler. Ediger (1990), Haliç ve Sarayburnu-Üsküdar Holosen çökellerinden (7.400 yıl - Orta Holosen) belirlediği Pinaceae, *Myrica*, *Corylus*, *Carya*, *Pterocarya*, *Quercus*, *Tilia*, *Nyssa*, Fagaceae, Gramineae, Compositae, Ericaceae, Umbelliferae ve çeşitli dinoflagellat formlarından oluşan mikroflora topluluğunun, Karadeniz mikroflora topluluğuna büyük ölçüde benzediğini belirtir. İki tortullaşma

arasındaki en önemli fark olarak, Haliç tortullarında diğerine oranla çok daha az *Alnus* polenlerinin bulunmasını gösterir.

Anadolu Hisarı ve çevresinin, yaklaşık 5.000-4.000 yıl önce, nemli-serin iklim koşulları altında, *Pinus* (Çam), *Podocarpus*, *Juglandaceae* (Cevizgiller), *Ostrya* (Kayacık ağacı), *Carpinus* (Gürgen), *Corylus* (Fındık), *Carya*, *Tilia* (İhlamur), *Alnus* (Kızılağaç), *Ulmus* (Karaağaç), *Quercus* (Meşe), *Fagus* (Kavın), *Castanea* (Kestane), *Oleaceae* (Zeytingiller) gibi çok çeşitli ve zengin bir orman örtüsü ile kaplı olduğu, bunlara *Taxodium* (Bataklık selvisi), *Cupressaceae* (Selvigiller), *Liquidambar* (Günlük ağacı) gibi bataklık ve ırmak kenarı bitkilerinin, *Myricaceae*, *Myrtaceae* (Mersingiller), *Engelhardtia*, *Cyrillaceae*, *Gramineae* (Buğdaygiller), *Chenopodiaceae* (Kazayağıgiller), *Compositae* (Papatyagiller), *Ericacea* (Fundagiller), *Umbelliferae* (Maydanozgiller)'den oluşan otsul ve çalı formlarının eşlik ettiği söylenebilir. Bu bitki topluluğunun spor ve polenleri dinoflagellat topluluğunun belirlediği kıyı yakını ve acısı koşullarındaki tortullaşmaya, akarsu ve rüzgarla taşınarak katılmış olmalıdır.

Yukarıda değinilen bulgular çerçevesinde, Anadolu Hisarı örneklerinden tanımlanan paleopalinomorf topluluğunun yansımıtı karasal bitki örtüsü ve tortullaşma ortamının genel özellikleri Haliç, Sarayburnu - Üsküdar, Kuşdili ve Karadeniz örnekleri ile büyük benzerlik sunmakta ve İzmit Körfezi

paleopalinomorf topluluğundan ise *Abies* formlarının hiç görülmemesi ile ayırdılmaktadır.

Bu verilerin ışığında; Anadolu Hisarı çevresinde tortullaşmanın Mezoholosen dönemi içinde (olası 5.000-4.000 yıl) geliştiği, nemli-serin (Atlantik-Subboreal arası) iklim koşullarının tortullaşma sırasında egemen olduğu, kıyı yakını acısı koşullarındaki (dinoflagellat içeriğinin işaret ettiği) tortullaşma ortamına çevredeki yüksekçe dağlık alanları kaplayan, oldukça zengin bir orman örtüsünün ve otlarla kaplı açık alanların az olduğu lowland florasının taşınarak bu tortullaşmaya katıldığı, Kuşdili, Haliç ve Üsküdar tortullaşmalarının yine Mezoholosen dönemi içinde ancak, biraz daha önce (olası 7.000-6.000 yıl) geliştiği ve İzmit Körfezi'ndeki tortullaşmanın üst bölümü ile büyük benzerlik sunduğu, İstanbul Boğazı çevresi bitki örtüsünün Karadeniz florası ile bir örneklik gösterdiği ve günümüz florasının, o dönem florasının kısıtlı bir devamı olduğu söylenebilir.

6. BRYOZOON TOPLULUĞU

Küçüksu Kasrı çevresinde yapılmış olan 8 sondajdan elde edilen 98 örneğin 75'inde bryozoon'lara rastlanılmıştır. *Crisiidae*, *Electridae*, *Membraniporidae*, *Cheiloporinidae* ve *Scrupocellariidae* familyalarına ait *Crisia* cf. *eburnea* (Linné), *C. cf. denticulata* (Lamarck), *Electra* cf. *crustulenta* (Pallas), *Conopeum seurati* (Canu), *Cryptosula pallasiana* (Moll) ve *Scrupocellaria scruposa* (Linné) örnekleri bulunmuştur (Tablo 14).

Tablo 14. Bryozoon cins ve türlerinin sondajlara göre dağılımı.

SONDAJLAR		PRSK-4	SK-6/PRSK-7	SK-3	PRSK-2	PRSK-8	PRSK-9	SK-1
BRYOZOA CINS VE TÜRLERİ								
<i>Crisia cf. eburnea</i> (Linné)								
<i>Crisia cf. denticulata</i> (Lamarck)		•	•	•	•	•	•	•
<i>Crisia</i> sp.								•
<i>Electra cf. crustulenta</i> (Pallas)				•				
<i>Conopeum seurati</i> (Canu)				•				•
<i>Cryptosula pallasiana</i> (Moll)	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Scrupocellaria scruposa</i> (Linné)	•	•	•	•	•	•	•	•

Bryozoon topluluğunun tanımlanmasında Bassler, 1953; Buge ve Debourle, 1977; Canu ve Bassler, 1930; Gautier, 1962; Gordon ve Mawatari, 1992; Hayward ve Ryland, 1985; Hincks, 1880; Kluge, 1962; Marcus, 1926; Moore, 1953; Prenant ve Bobin, 1966; Rosso, 1987; Ryland, 1965; Ryland ve Hayward, 1977; Ünsal, 1975, 1988, 1990, 1992; Ünsal ve d'Hont, 1978-1979; Ünsal vd., 1995 gibi kaynaklardan faydalانılmıştır.

İncelenen 8 sondaja ait bryozoon topluluğu dikkate alındığında bulunmuş olan 5 cinsle ait 6 türün tamamı Atlantik kökenli olup, denizel organizmalardır. Bunlar arasında dominant tür *Cryptosula pallasiana* (Moll)'dır. Genelde acısı ortamını karakterize eden bu cins ve tür her türlü ortam koşullarına uyum

sağlayabilen bir tiptir. *Electra crustelenta* (Pallas) %13.7-27.3 arasında değişen tuzlulukta yaşayabilen bir formdur ve genelde haliç ortamlarını tercih eder (Ryland ve Hayward, 1977). Özellikle tortulların taban ve tavan bölümlerinde *Crisia cf. eburnea* (Linné), *C. cf. denticulata* (Lamarck), *Scrupocellaria scruposa* (Linné)'nin fazlaca gözlenmesi istifin gelişimi sırasında ortamsal koşullarda bir değişikliğin varlığını kanıtlamaktadır (Tablo 15-21).

Sonuçta elde edilmiş olan bryozoon topluluğu Holosen döneminde yörede zaman zaman tuzluluk oranı değişen bir ortamın varlığını belirtir.

7. PELECYPOD VE GASTROPOD TOPLULUĞU

Anadolu Hisarı'nda Küçüksu Kasrı

Tablo 15. Bryozoon cins ve türlerinin PRSK-4 sondajındaki dağılımı.

PRSK-4	BRYOZOA		
		<i>Cryptosula pallasiiana</i> (Moll)	<i>Scrupocellaria scrupea</i> (Linné)
1.50-1.60			
2.50-2.60			
3.30-3.40			
4.50-4.60			
5.10-5.20			
5.90-6.00			
6.80-6.90	•		
8.90-9.00	•		
10.30-10.40	•		
10.80-10.90	•		
11.70-11.80	•		
12.00-12.10	•	•	

Tablo 16. Bryozoon cins ve türlerinin SK-6/PRSK-7 sondajındaki dağılımı.

SK-6/PRSK-7	BRYOZOA			
	<i>Crista cf. eburnea</i> (Linné)	<i>Crista cf. denticulata</i> (Lamarck)	<i>Cryptosula pallasiiana</i> (Moll)	<i>Scrupocellaria scrupea</i> (Linné)
2.00-2.10				
2.50-2.60				
3.90-4.00				
4.50-4.60		•		
5.90-6.00		•		
6.90-7.00		•		
8.00-8.10		•		
9.00-9.10		•		
10.40-10.50	•	•	•	•
11.00-11.10		•		
11.90-12.00		•		
12.40-12.50		•		
14.00-14.10		•		
14.90-15.00		•		

çevresinde yapılmış olan 9 sondajda pelecypod ve gastropod örneklerinin sondaj ve derinliğe göre dağılımı incelendiğinde yüzeyden itibaren yaklaşık 4.00 m lik bölümün hiç organizma içermediği görülür. En derin sondaj olan SK-1 (25.10 m) ile SK-3 ve PRSK-2 sondajlarına ait tortul istif zengin; PRSK-4, SK-6/PRSK-7 fakir ve PRSK-8 ile PRSK-9'da zengince denilebilecek bir faunaya sahiptir. Sondaj yerleri dikkate alındığında kıyıdan içeriye doğru faunada bir azalmanın varlığı ortaya çıkmaktadır.

Pelecypoda örnekleri olarak istifte *Modiolus* (M.) cf. *adriaticus* (Lamarck), *Mytilaster lineatus* (Linné), *Cerastoderma edule* (Linné), *C. edule lamarcki* (Reeve), *Ostrea* (O.) *edulis* (Linné), *Dreissena polymorpha* (Pallas), *D. polymorpha pontocaspia* (Andrusow), *Lentidium* (L.) *mediterranea* (Costa), *Paphia* (P.) *rugata* (B.D.D.), *P. rugata proclivis* (Milashevitsch), *Polymesada* (P.) *coroliniana* (Basc), *Chlamys* (C.) *varia* (Linné), *Spisula* (S.) *subtruncata triangula* (Reiner) belirlenmiştir Tablo (22-29). Bunlardan sadece *Dreissena* cinsi tatlı sularda yaşar. PRSK-2 ve SK-3 sondajlarının üst düzeylerinde gözlenen bu örnekler yöreye bir akarsu girdisinin bulunduğu işaret etmektedir. Diğerleri ise tümü ile denizel ortamı karakterize eden cins ve türlerdir. Bunlar genelde denizlerin litoral zonlarında 10.00-90.00 m derinliklerde kumlu-çamurlu-çakılı tabanları tercih eder ve gelgit arası düzliklerde bol olarak gözlenirler.

Tablo 17. Bryozoon cins ve türlerinin SK-3 sondajındaki dağılımı.

BRYOZOA	
SK-3	
3.10-3.20	<i>Crisia cf. eburnea</i> (Linne)
4.40-4.50	<i>Crisia cf. denticulata</i> (Lamarck)
5.40-5.50	<i>Electra cf. crustalenta</i> (Pallas)
6.90-7.00	<i>Conopeum seurati</i> (Canu)
8.00-8.10	<i>Cryptosula pallasiiana</i> (Moll)
10.90-11.00	<i>Scrupocellaria scruposa</i> (Linne)
13.10-13.20	•
14.50-14.60	•
16.30-16.40	•
17.90-18.00	•
18.50-18.60	•

Tablo 18. Bryozoon cins ve türlerinin PRSK-2 sondajındaki dağılımı.

BRYOZOA	
PRSK-2	
5.00-5.10	
6.00-6.10	
7.00-7.10	•
7.80-8.00	
8.80-9.00	
9.50-9.60	
10.90-11.00	•
11.90-12.00	
13.00-13.10	
13.90-14.00	
14.70-14.80	
15.70-15.80	
17.60-17.80	•
19.50-19.60	
19.80-20.00	•

Tablo 19. Bryozoon cins ve türlerinin PRSK-8 sondajındaki dağılımı.

BRYOZOA	
PRSK-8	
2.50-2.60	<i>Crisia cf. eburnea</i> (Linne)
3.90-4.00	<i>Crisia cf. denticulata</i> (Lamarck)
5.00-5.10	<i>Cryptosula pallasiiana</i> (Moll)
5.50-5.60	<i>Scrupocellaria scruposa</i> (Linne)
12.00-12.10	•
13.00-13.10	•
13.90-14.00	•
14.90-15.00	•
16.10-16.20	•
16.70-16.80	•
17.70-17.80	•
18.00-18.10	•
19.00-19.10	•
20.00-20.10	•
21.90-22.00	•

Tablo 20. Bryozoon cins ve türlerinin PRSK-9 sondajındaki dağılımı.

BRYOZOA	
PRSK-9	
3.00-3.10	<i>Cryptosula pallasiiana</i> (Moll)
3.80-3.90	
5.00-5.10	
5.90-6.00	
7.20-7.30	
8.80-9.00	•
9.90-10.00	
10.90-11.00	
11.00-11.10	•
11.90-12.00	•
13.00-13.20	•
14.20-14.40	•
15.90-16.10	•
17.70-17.80	•
18.90-19.00	•
19.80-20.00	•
21.00-21.20	•

Tablo 21. Bryozoon cins ve türlerinin SK-1 sondajındaki dağılımı.

BRYOZOA						
SK-1	<i>Crinia cf. eburnea</i> (Linné)	<i>Crinia cf. dentifera</i> (Lamarck)	<i>Crinia</i> sp.	<i>Conopeum seurati</i> (Canu)	<i>Cryptosula pallasiana</i> (Moll)	<i>Serpocellaria scripta</i> (Linné)
6.50-6.60	•					
8.10-8.20		•				
10.40-10.50	•	•		•	•	•
11.90-12.00	•			•	•	•
13.40-13.50				•		
14.90-15.00				•		
16.70-16.80				•		
17.90-18.00				•		
19.40-19.50				•		
20.90-21.00				•		
22.40-22.50				•		
23.30-23.40	•		•	•	•	•
24.10-24.20					•	•
24.80-24.90					•	•

Tablo 22. Pelecypod cins ve türlerinin sondajlara göre dağılımı.

PELECYPODA CİNS VE TÜRLERİ	SONDAJLAR					
	PRSK-4	SK-6/PRSK-7	SK-3	PRSK-2	PRSK-8	PRSK-9
						SK-1
<i>Modiolus (M.) cf. adriaticus</i> (Lamarck)			♦	♦	♦	♦
<i>Modiolus</i> sp.			♦	♦	♦	♦
<i>Mytilaster lineatus</i> (Linné)		♦	♦	♦		♦
<i>Mytilus</i> sp.	♦	♦	♦		♦	♦
<i>Cerastoderma edule</i> (Linné)						♦
<i>Cerastoderma edule lamarcki</i> (Reeve)			♦		♦	
<i>Ostrea (O.) edulis</i> (Linné)		♦	♦	♦	♦	♦
<i>Ostrea</i> sp.		♦		♦		♦
<i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas)				♦		♦
<i>Dreissena rostriformis pontocaspia</i> (Andrussov)		♦				
<i>Lentidium (L.) mediterranea</i> (Costa)			♦	♦		♦
<i>Paphia (P.) rugata</i> (B.D.D.)	♦				♦	
<i>Paphia (Politapes) cf. rugata proclivis</i> (Milashevitsch)					♦	
<i>Polymesoda (P.) coroliniana</i> (Basc)					♦	
<i>Chlamys (C.) varia</i> (Linné)					♦	
<i>Spisula (S.) subtruncata triangula</i> (Reiner)			♦	♦		

Tablo 23. Pelecypod ile gastropod cins ve türlerinin PRSK-4 sondajındaki dağılımı.

PRSK-4	MOLLUSCA				
	<i>Bittium (Bittium) reticulatum</i> (Da Costa)	<i>Paphia (Polititapes) rigata</i> (B.D.D.)	<i>Gibbula (Colliculus) adansoni</i> (Payradeau)	<i>Mytilus</i> sp.	
1.50-1.60					
2.50-2.60					
3.30-3.40	•	○	•		
4.50-4.60					
5.10-5.20	△				
5.90-6.00		○			
6.80-6.90					
8.90-9.00					
10.30-10.40					
10.80-10.90					
11.70-11.80	•			○	
12.00-12.10					

Tablo 24. Pelecypod ile gastropod cins ve türlerinin SK-6/ PRSK-7 sondajındaki dağılımı.

SK-6/ PRSK-7	MOLLUSCA					
	<i>Ostrea (Ostrea) edulis</i> (Linné)	<i>Modiolus</i> sp.	<i>Ostrea</i> sp.	<i>Mytilaster lineatus</i> (Linné)	<i>Mytilus</i> sp.	<i>Assiminea (Macrossiminea) francesi</i> (Gray) <i>Bittium (Bittium) reticulatum</i> (Da Costa)
2.00-2.10						
2.50-2.60						
3.90-4.00						
4.50-4.60						•
5.90-6.00				○		•
6.90-7.00	○					
8.00-8.10	○	○				
9.00-9.10	○	○				
10.40-10.50			•			
11.00-11.10	•					
11.90-12.00	○	○			•	○
12.40-12.50				○		
14.00-14.10	•					
14.90-15.00	○					

inceinde *Hydrobia (H.) acuta* (Draparnaud), *Pseudamnicola (P.) anatina* (Draparnaud), *Assiminea (M.) francesi* (Gray), *Bittium (B.) reticulatum* (Da Costa), *Trochus (C.) tiaratus* (Qway ve Gaimard), *T. (T.) muculatus* (Linné), *Tegula (T.) pellisserpentis* (Wood), *Gibbula (G.) adansoni*, (Payradeau), *Cittarium pica* (Linné) ve *Hinia (H.) reticulata* (Linné) bulunmuştur (Tablo 23-30).

Bunlardan *Hydrobia (H.) acuta* (Draparnaud) ve *Pseudamnicola (P.) anatina* (Draparnaud) acısı ortamını karakterize eden cins ve türlerdir ve sadece SK-1 sondajının en alt seviyesinde bulunmaktadır.

Bu dönemde de genilen alana bir tatlısu girdisi bulunduğu düşünülür. Diğer gastropod örnekleri denizel ortamı işaret etmektedir. *Hydrobia (H.) acuta* (Draparnaud), *Bittium (B.) reticulatum* (Da Costa), *Gibbula (C.) adansoni* (Payradeau) Haliç, İstanbul Boğazı güneyi, Sarayburnu-Üsküdar ve Selviburnu-Tarabya arası ile Erdek Körfezi ve İzmit Körfezi dip çökellerinde de saptanmıştır (Taner, 1990; Sevinçer ve Taner, 1998, Meriç vd., 1998 ve 2000). Adı geçen tipler Akdeniz ve Karadeniz'de yaygındır (Nevesskaja, 1963; Moore, 1964).

Geç Kuvaterner (Holosen) dönemine ait olan bu örneklerin paleoçoğrafik yayılımları incelendiğinde; bunların Baltık Denizi'nden Atlantik kıyılarına kadar geldikleri, en çokta Akdeniz ve daha sonra Karadeniz'de yayılım gösterdikleri görülmüştür (Nevesskaja,

Tablo 25. Pelecypod ile gastropod cins ve türlerinin SK-3 sondajındaki dağılımı.

MOLLUSCA									
SK-3									
3.10-3.20	Δ								
4.40-4.50	Δ	o	o	o	o	o	o	o	o
5.40-5.50	o					o			o
6.90-7.00				o			o		
8.00-8.10					o				
10.90-11.00	o								*
13.10-13.20									
14.50-14.60									
16.30-16.40									
17.90-18.00	o					o	o		
18.50-18.60	o							Δ	

1963; Moore, 1964, Guido ve Yoshihiro, 1993).

8. JEOLOJİK YAPI

Anadolu Hisarı Kuvatneri Devoniyen yaşlı sedimanter birimler üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır. Bu kayaçlar bölgeye Kretase'de yerleşen ve İstanbul Bloğu olarak isimlendirilen Paleozoyik istife aittir. Kayaçların bölgeye yerleşimi sırasında ve sonrasında tektonik olaylar sonucunda kıvrımlı, bindirmeli ve faylı bir yapı kazanmışlardır. Çalışma alanının yakın dolayındaki kıvrımlar KD-GB gidişlidir. Bindirmeler çalışma alanının birkaç km güneyinde gözlenir. Faylar, KB-GD gidişli sol yönlü olup, bindirmeleri biçimektedir. Bu nedenle bunlar çalışma

Tablo 26. Pelecypod ile gastropod cins ve türlerinin PRSK-2 sondajındaki dağılımı.

MOLLUSCA									
PRSK-2									
5.00-5.10	•								
6.00-6.10		•							
7.00-7.10		o							
7.80-8.00			•						
8.80-9.00				o					
9.50-9.60					o				
10.90-11.00						o			
11.90-12.00							•		
13.00-13.10				o	o				
13.90-14.00					o				
14.70-14.80					o				
15.70-15.80			o			o			
17.60-17.80							o	o	o
19.50-19.60							o		
19.80-20.00								o	

alanındaki en genç faylar olarak değerlendirilmektedir. Bu faylar normal atımın yanısıra, yanal atım bileşeni gösteren faylardır ve İstanbul Tersiyeri'nde gözlenen Üst Miyosen sonrası faylarla (Koral ve Şen, 1994; Koral, 1998) aynı gidişe sahiptir. Dolayısı ile sözkonusu fayların Post-Miyosen yaşlı ve bölgenin Miyosen sonrası paleocoğrafyası'nın oluşumunda etkili oldukları düşünülmektedir.

9. SONUÇLAR

Anadolu Hisarı'nda Küçüksu Kasrı çevresinde yapılmış olan sondajlarda 12.50-25.10 m arasında kalınlığı değişen tutturulmamış sedimanlarda yapılan

Tablo 27. Pelecypod ile gastropod cins ve türlerinin PRSK-8 sondajındaki dağılımı.

		MOLLUSCA									
		<i>PRSK-8</i>									
2.60-2.50	o	<i>Bitium (Bitium) reticulatum</i> (Da Costa)									
3.90-4.00	•	<i>Gibbula (Colliculus) adansonii</i> (Payerdeau)									
5.00-5.10	Δ	<i>Hinia (Hnia) reticulata</i> (Linné)									
5.50-5.60	o	<i>Ostrea (Ostrea) edulis</i> (Linné)									
12.00-12.10		<i>Mytilus</i> sp.									
13.00-13.10		<i>Modiolus</i> sp.									
13.90-14.00		<i>Cerastoderma edule lamarcii</i> (Reeve)									
14.90-15.00											
16.10-16.20											
16.70-16.80											
17.70-17.80											
18.00-18.10											
19.00-19.10	•										
20.00-20.10	δ										
21.90-22.00	o						•	o			

inceleme sonunda aşağıda değerlendirilen bulgular elde edilmiştir.

Sedimentolojik özellikler itibarıyle deniz düzeyinde en az 2 kez alçalıp yükselmeler meydana gelmiştir. Deniz seviyesinin yükseldiği dönemde denizel fauna, alçalığı dönemde ise geçiş ortamı (acısı) formları baskındır. Özellikle Küçük Küçük Deresi'ne yakın olan sondajlarda (SK-6 ve PRSK-7 ile PRSK-4) akarsuların taşkın düzliklerinde bulunan gölcüklerde yaşayan formlar

Tablo 28. Pelecypod ile gastropod cins ve türlerinin PRSK-9 sondajındaki dağılımı.

		MOLLUSCA									
		<i>PRSK-9</i>									
3.00-3.10	o	<i>Bitium (Bitium) reticulatum</i> (Da Costa)									
3.80-3.90	o	<i>Ilinia (Hnia) reticulata</i> (Linné)									
5.00-5.10		<i>Chlamys (Chlamys) varia</i> (Linné)									
5.90-6.00		<i>Polymesoda (Polimesoda) caroliniana</i> (Basch)									
7.20-7.30		<i>Bitium</i> sp.									
8.80-9.00	o	<i>Modiolus</i> sp.									
9.90-10.00		<i>Ostrea</i> sp.									
10.90-11.00		<i>Tegula (Tegula) pelliserpentis</i> (Wood)									
11.00-11.10		<i>Ostrea (Ostrea) edulis</i> (Linné)									
11.90-12.00		<i>Modiolus (Modiolus) cf. adriaticus</i> (Lamarck)									
13.00-13.20		<i>Paphia (Politimpes) cf. rugata procilvis</i> (Milashevitsch)									
14.20-14.40											
15.90-16.10											
17.70-17.80	o										
18.90-19.00											
19.80-20.00											
21.00-21.20											

gelişmiştir. Yine sondajlar arasında bir karşılaştırma yapıldığında karadan denize doğru (doğudan batıya) basamaklı bir yapının varlığı bize burada genç fayların olduğunu belirtmektedir.

Sedimanlar Akdeniz kökenli çok sayıdaki foraminifer cins ve türlerini “*Spiroplectinella sagittula* (d’Orbigny), *Textularia bocki* Höglund, *T. sagittula* Defrance, *T. truncata* Höglund, *Lachlanella undulata* (d’Orbigny), *Massilina secans* (d’Orbigny), *Milionella*

Tablo 29. Pelecypod ile gastropod cins ve türlerinin SK-1 sondajındaki dağılımı.

MOLLUSCA													
SK-1		<i>Cerastoderma edule</i> (Linné)		<i>Modiolus (Modiolus) cf. adriaticus</i> (Lamack)		<i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas)		<i>Ostrea (Ostrea) edulis</i> (Linné)		<i>Lentidium (L.) mediterranea</i> (Costa)		<i>Mytilus</i> sp.	
6.50-6.60	o												
8.10-8.20													
10.40-10.50	•			•									
11.90-12.00	•	•		•									
13.40-13.50										o			
14.90-15.00		o		•									
16.70-16.80				•									
17.90-18.00				•									
19.40-19.50			△	o									
20.90-21.00			o				△						
22.40-22.50													
23.30-23.40								•					
24.10-24.20	•			*				◆		o	•		
24.80-24.90						△					o		

Tablo 30. Gastropod cins ve türlerinin sondajlara göre dağılımı.

SONDAJLAR								
GASTROPODA CİNS VE TÜRLERİ		PRSK-4	SK-6/PRSK-7	SK-3	PRSK-2	PRSK-8	PRSK-9	SK-1
<i>Hydrobia (H.) acuta</i> (Draparnaud)								◆
<i>Pseudamnicola (P.) anatina</i> (Draparnaud)								
<i>Assiminea (M.) francesi</i> (Gray)			◆					
<i>Bittium (B.) reticulatum</i> (Da Costa)	◆	◆	◆	◆	◆	◆		
<i>Bittium</i> sp.								◆
<i>Trochus (C.) tiaratus</i> (Qway ve Gaimard)			◆	◆				
<i>Trochus (T.) mucularius</i> (Linné)				◆				
<i>Tegula (T.) pellisserpentis</i> (Wood)							◆	
<i>Gibbula (C.) adansonii</i> (Payradeau)	◆					◆		
<i>Cittarium pica</i> (Linné)			◆					
<i>Hinia (H.) reticulata</i> (Linné)		◆	◆	◆	◆			

elongata Kruit, *M. labiosa* (d'Orbigny), *M. subrotunda* Montagu, *Triloculina marioni* Schlumberger, *T. plicata* Terquem, *Stomatorbina concentrica* (Parker ve Jones), *Rosalina bradyi* Cushman, *R. floridensis* (Cushman), *R. globularis* d'Orbigny, *Cibicidina walli* Bandy, *Lobatula lobatula* (Walker ve Jacob), *Planorbolina mediterranensis* d'Orbigny, *Acervulina cf. inhaerens* Schultz, *Sphaerogypsina globula* (Reuss), *Elphidium complanatum* (d'Orbigny), *E. jensenii* (Cushman), *E. macellum* (Fichtel ve Moll)" içermekle birlikte, İstanbul Boğazı'nın güneyinde izlendiği gibi bu alanlarda da fert sayısı çok azdır. Foraminifer topluluğuna göre istif taban ve tavanda iki denizel evreyi içerir ve arada bir geçiş dönemi belirlenmiştir. Bryozoon topluluğu açısından örneklerin büyük bir kısmında Atlantik ve Akdeniz kökenli çeşitli cins ve türler gözlenmiştir. Bu topluluk yörede tuzluluk oranı zaman zaman değişen bir ortamın varlığını belirtir. İstifte mollusk faunası açısından Kuzey Boğaziçi'ne göre fazla zengin olmayan, çoğulukla denizel pelecypod ve gastropod'lar saptanmıştır. Zaman zaman akarsu girdisinin varlığını belirten cins ve türler'de bulunmaktadır. Genel olarak foraminifer ve bryozoon topluluğuna benzer şekilde bu toplulukda Atlantik ve Akdeniz kökenli tipleri içermektedir.

Anadolu Hisarı ostrakod faunası, hem cins ile tür ve hemde fert sayısı olarak zengin bir topluluk sunmaktadır. İnceleme alanında en derin olan sondajlara göre değerlendirme yapıldığında, yöre Kuvaterner istifinde

denizel - acisu (geçiş) - denizel karakterli bir ortamının özelliğinin varlığı belirlenmiştir.

Ayrıca, sedimanlar içinde; Marmara Denizi'nde 1.00-23.00 m ler arasında yaşayan yengeçlerden *Xantho poressa* (Olivi)'nın bol miktarda bulunması, çalışılan bölgede tuzluluğu % 19-29 ve sıcaklığı 6-24°C arasında değişen bir ortamın bulunduğu gösterir.

İstif palinolojik açıdan değerlendirildiğinde 37 örnekte spor, polen ve dinoflagellat olarak 3 palinomorf grubuna rastlanılmıştır. İncelenen örneklerde *Lingulodinium machaeophorum* (Cookson ve Eisenack), *Cymatiosphaera* sp. ve *Spiniferites* sp. gibi dinoflagellat içeriği tortullaşmanın 7.500-3.500 yılları arasında, Mesoholosen dönemde, kıyı yakını acisu ve nemli-serin (Atlantik-Subboreal) iklim koşullarında gelişmeyi başladığını belirtmektedir. Yine, *Fagus*, *Corylus*, *Carpinus*, *Ostrya*, *Tilia*, *Alnus* ve *Ulmus* polenlerinin eşlik ettiği bitki topluluğu tortullaşma alanı çevresinde, günümüz Karadeniz Bölgesi'nde gözlenen, nisbeten serin ve yağışlı iklim koşullarının egemenliğini ortaya koymaktadır.

10. KATKI BELİRTME

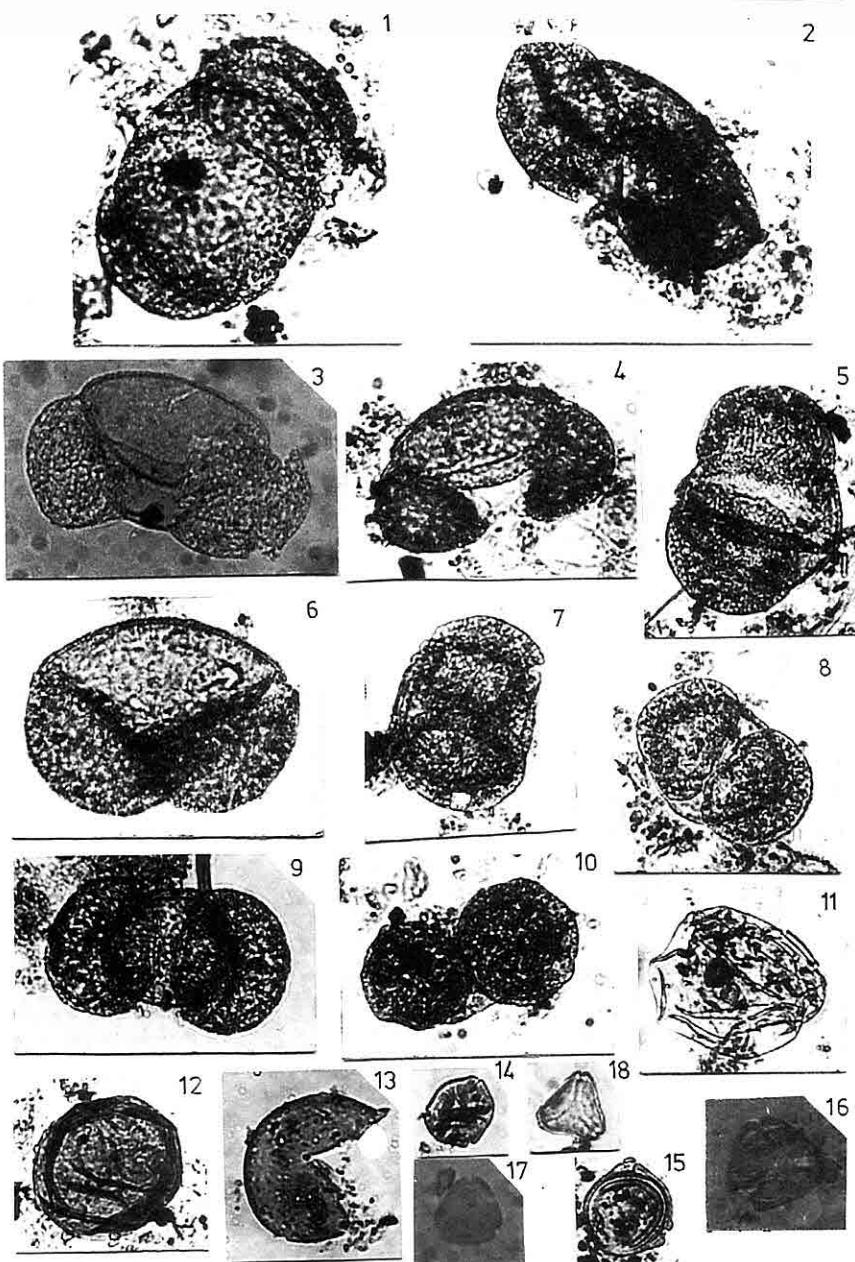
Yazarlar araştırma konusu sondaj örneklerini sağlayan D. S. İ. Genel Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltıları Daire Başkanlığı'na, harita ve şekilleri bilgisayarda hazırlayan N. B. ÜLTER (İ. Ü. Müh. Fak.) ve M. S. KAYSERİ'ye (D. E. Ü. Müh. Fak.) teşekkürü bir borç bilirler.

LEVHA 1

(Tüm mikrofotolar x 500 kez büyütülmüştür)

- Şekil 1-8.** *Pinus*
9,10. *Podocarpus*
11,12. Cupressaceae
13. *Taxodium*
14-16. Myricaceae
17. Juglandaceae (*Engelhardtia*)
18. Myrtaceae

LEVHA 1



LEVHA 2

(Tüm mikrofotolar x 500 kez büyütülmüştür)

Şekil 1-3. Juglandaceae (*Triplopollenites*)

4-10. *Ostrya*

11-15. *Carpinus*

16-22. *Corylus*

23,24. *Carya*

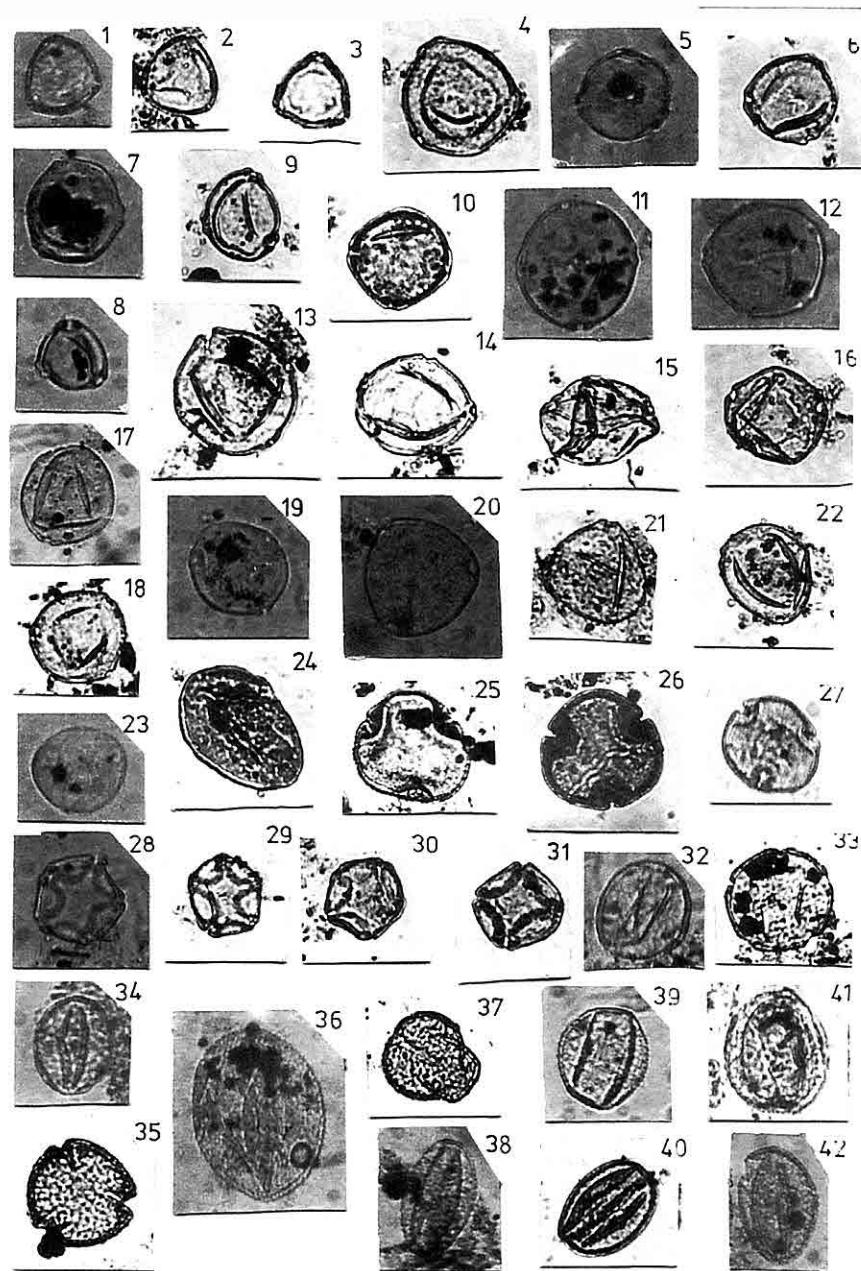
25-27. *Tilia*

28-31. *Alnus*

32-34. *Ulmus*

35-42. *Quercus*

LEVHA 2

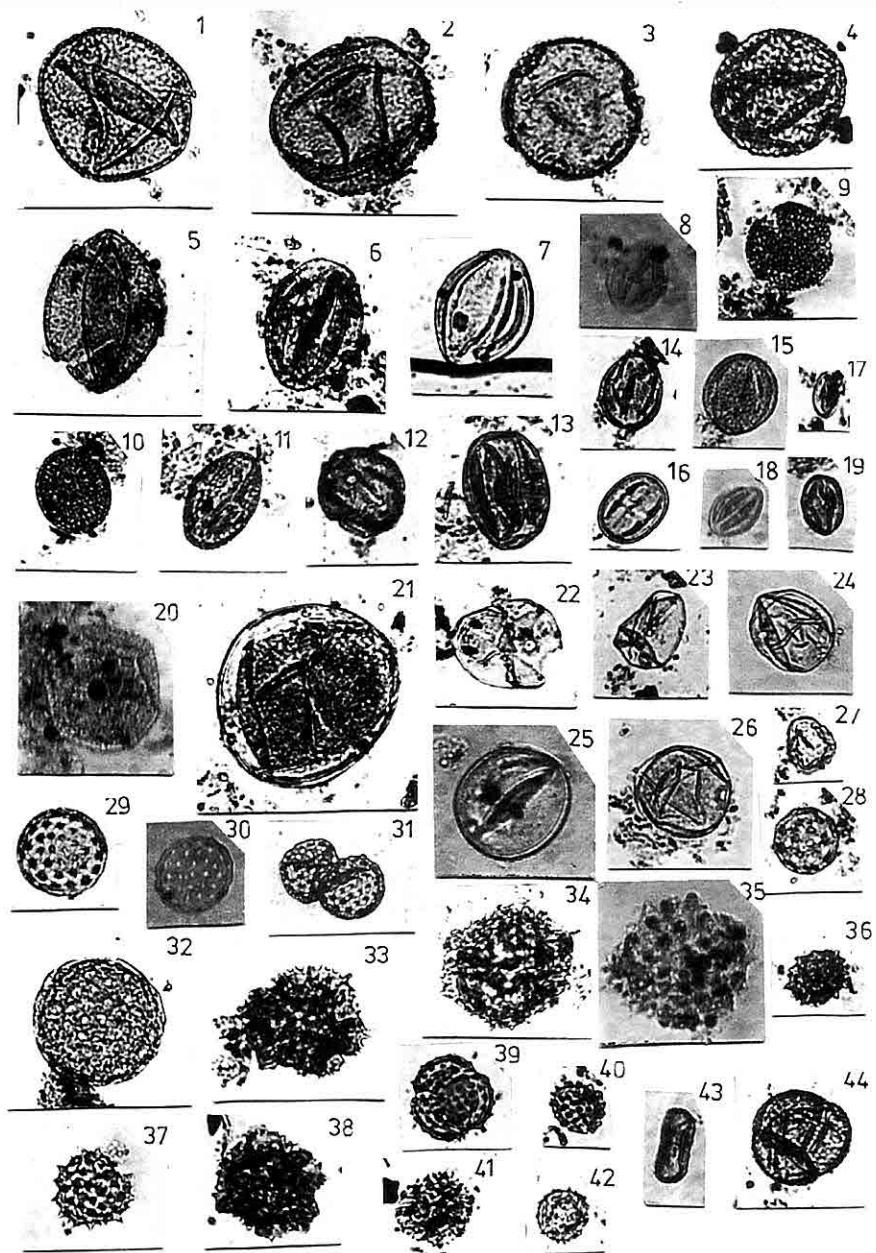


LEVHA 3

(Tüm mikrofotolar x 500 kez büyütülmüştür)

- Şekil 1-7.** *Fagus*
8. Cyrillaceae
9,10. Oleaceae
11-16. *Tricolporopollenites* spp.
17-19. *Castanea*
20. *Liquidambar*
21-26. Gramineae
27-32. Chenopodiaceae
33-42. Compositae
43. Umbelliferae
44. Ericaceae

LEVHA 3



LEVHA 4

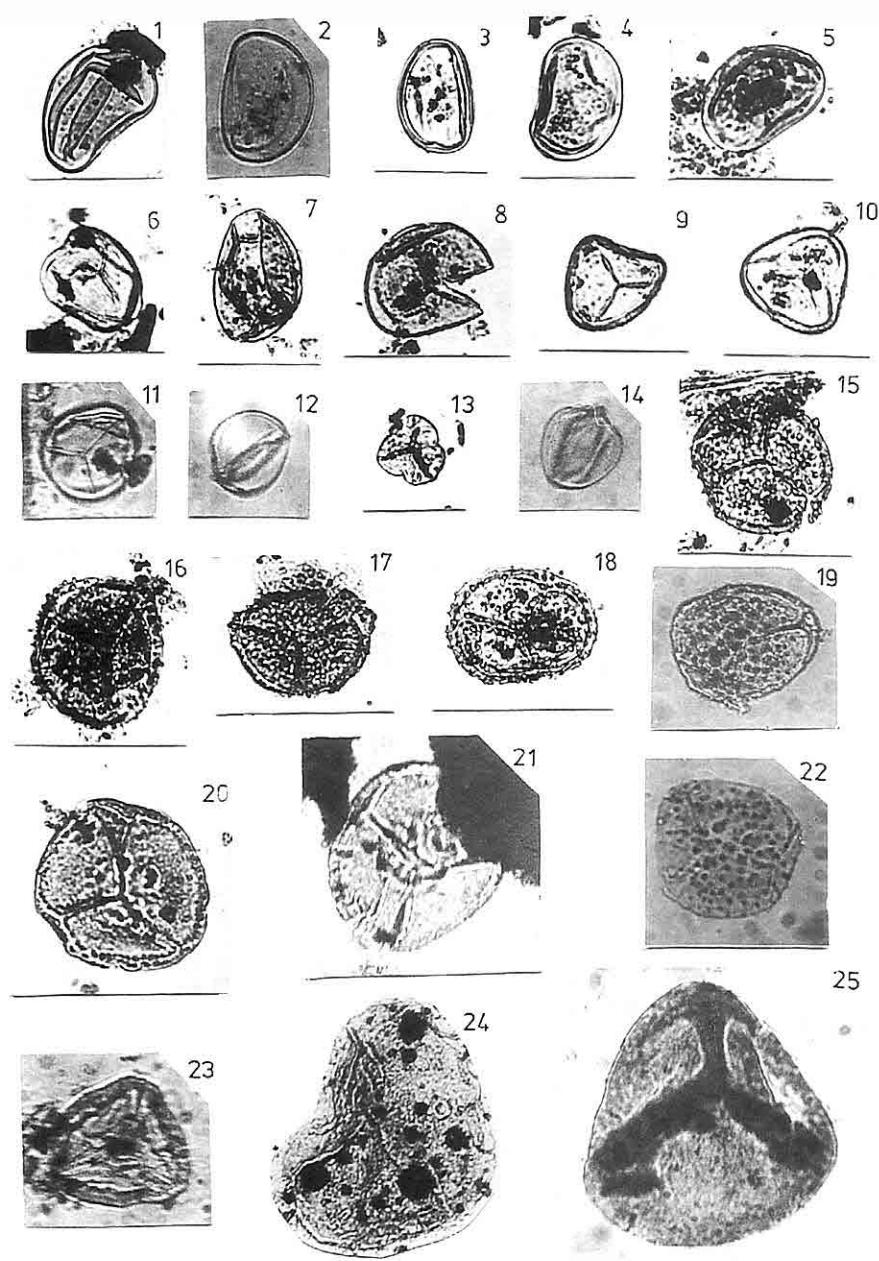
(Tüm mikrofotolar x 500 kez büyütülmüştür)

Şekil 1-5. Polypodiaceae

6-14. *Lycopodium* (Schizeaceae)

15-25. Mesozoyik ve Erken Tersiyer Trilet Sporları

LEVHA 4



LEVHA 5

(Tüm mikrofotolar x 500 kez büyütülmüştür)

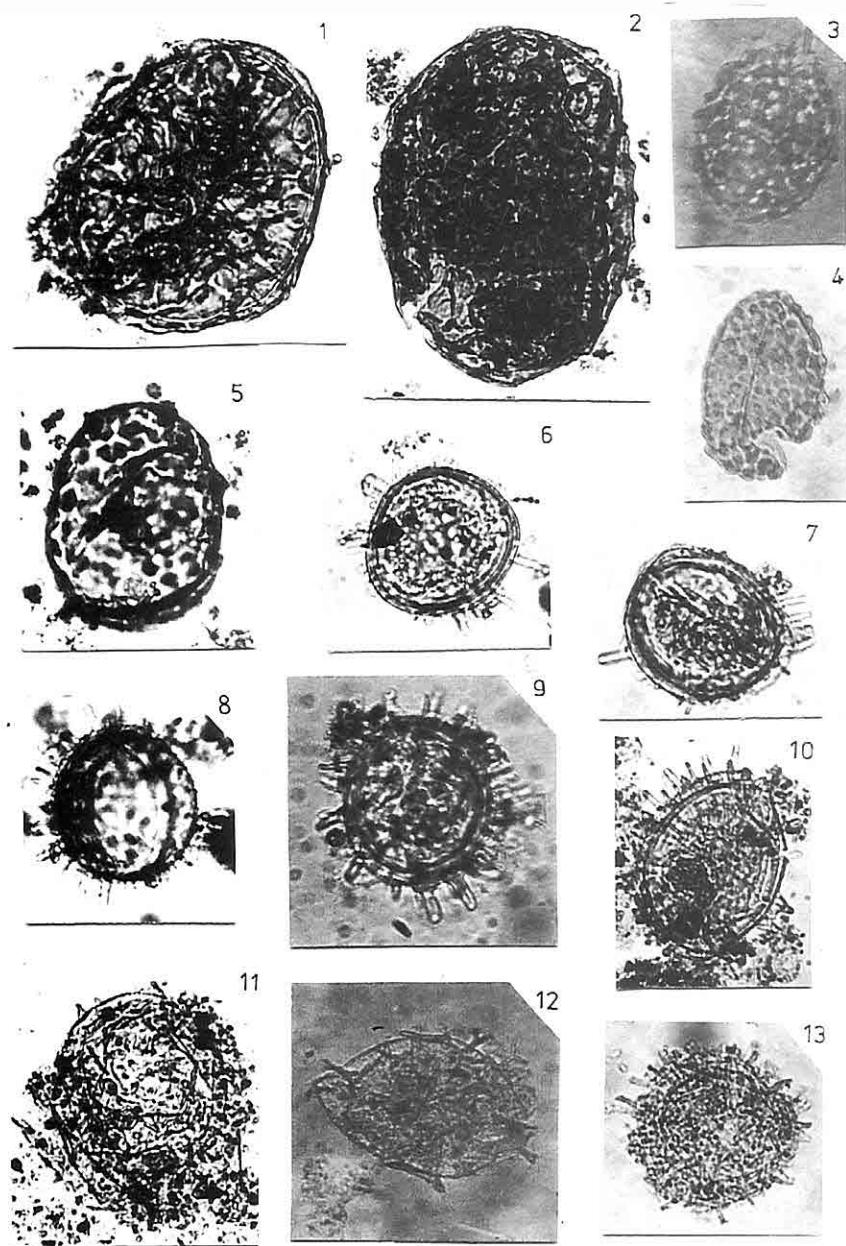
Şekil 1-2. Mesozoyik ve Erken Tersiyer Trilet Sporları

3-5. Erken Tersiyer Monolet Sporları

6-10. *Lingulodinium machaerophorum* Cookson & Eisenack

11-13. *Dinoflagellate* spp.

LEVHA 5



LEVHA 6

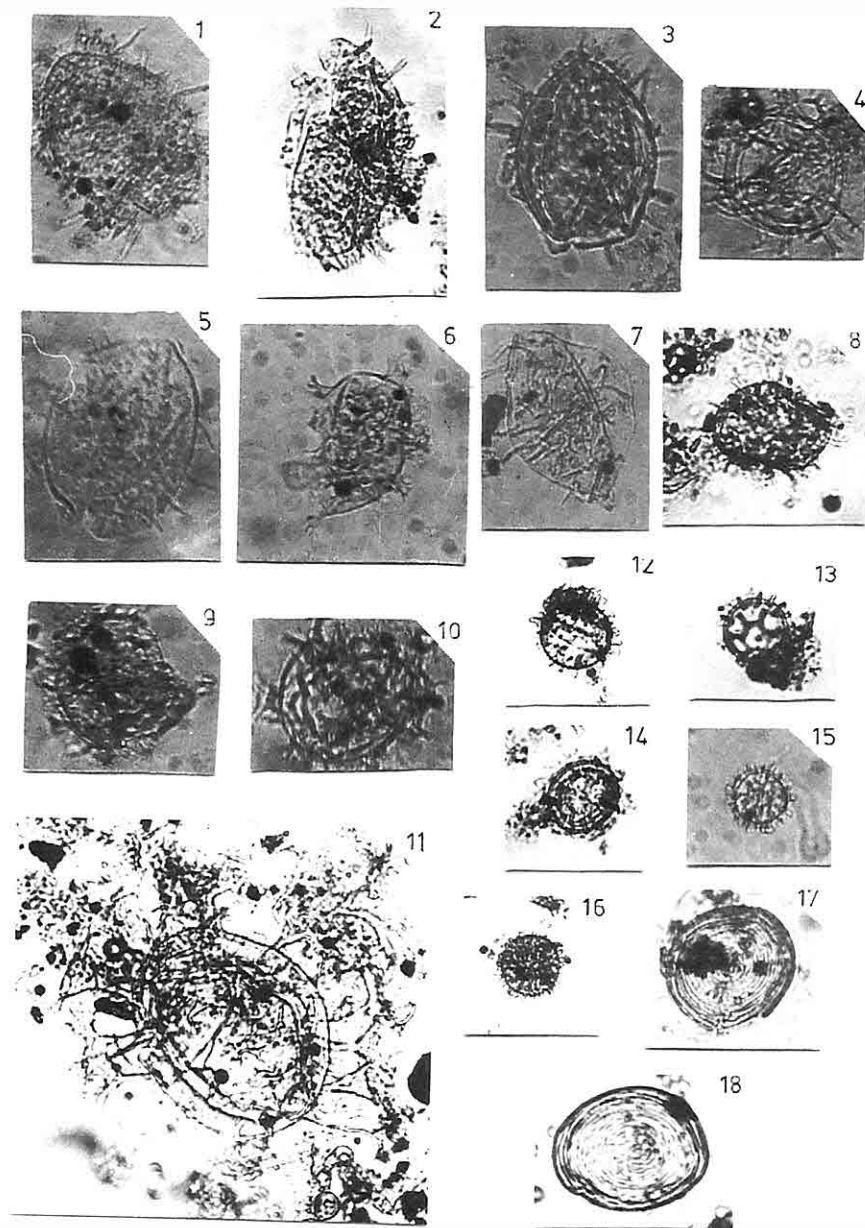
(Tüm mikrofotolar x 500 kez büyütülmüştür)

Şekil 1-11. *Dinoflagellate* spp.

12-16. *Cymatiosphaera* sp.

17,18. *Pseudoschizaea* sp.

LEVHA 6

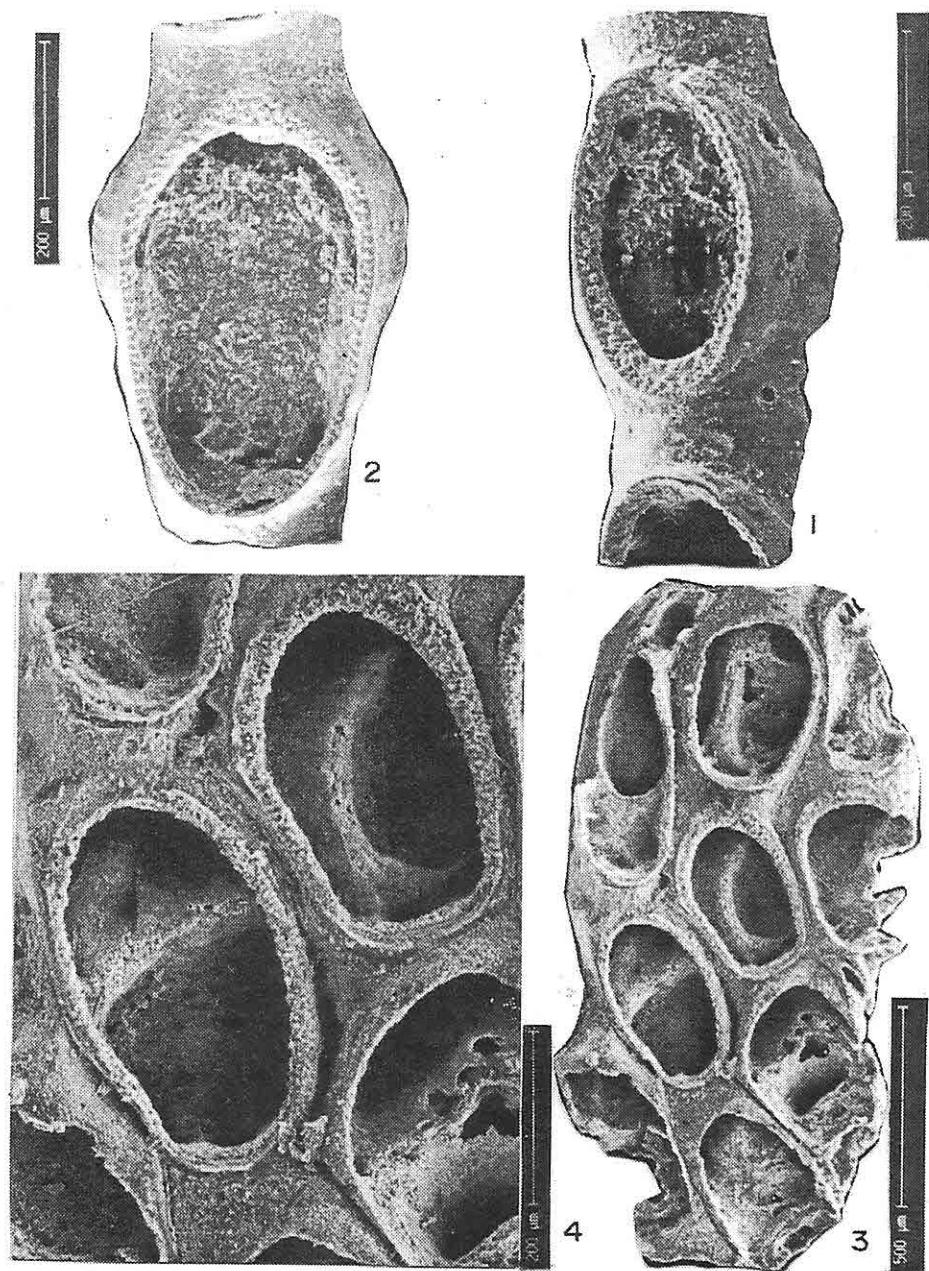


LEVHA 7

Şekil 1,2. *Electra cf. 'crustulenta' (Pallas).* 1, 1.5 zoosiyum'un yandan görünümü; 2, bir tam zoosiyum'un karşısdan görünümü; Anadolu Hisarı, SK-3, 5.50-5.40 m.

3,4. *Conopeum seurati* (Canu). 3, koloninin genel görünümü; 4, koloniden büyütülmüş 2 tam zoosiyum; Anadolu Hisarı, SK-1, 23.40-23.30 m.

LEVHA 7



11. KAYNAKLAR

- Akgün, F., 1995, *İzmit Körfezi (Hersek Burnu-Kaba Burun) Kuvaterner istifinin palinolojik incelemesi. İzmit Körfezi Kuvaterner İstifi* (Ed. E. Meriç), 179-199, İstanbul.
- Atalay, İ., 1992, *the paleogeography of the Near East (from Late Pleistocene to Early Holocene) and human impact.* Ege Univ. Press, 38 p.
- Bassler, R. S., 1953, *Bryozoa, Treatise on invertebrate paleontology*, G. R. C. Moore, Ed., Geological Society of America, 253 s.
- Buge, E. and Debourle, A., 1977, *Ecologie de la faune de bryozoaires d'une plage des environs de Tripoli (Libye).* Bull. Cent. Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine.1 (2), 321-377.
- Canu, F. and Bassler, R. S., 1930, *Bryozoaires marins de Tunisie.* Annls. Stn.Océanogr. Salammbo. 5, 1-91, 13 pl.
- Cimerman, F. and Langer, M. R., 1991, *Mediterranean foraminifera.* 118 s., 93 lev., Ljubljana.
- Derman, S., 1990, *Genç çökellerin (Holosen) sedimentolojik özellikleri ve ortamsal yorumu. İstanbul Boğazı güneyi ve Haliç'in Geç Kuvaterner (Holosen) dip tortulları* (Ed. E. Meriç). 5-12, İstanbul.
- Dönmez, Y., 1968, *Trakya'nın bitki coğrafyası.* İst. Üniv. Yayınları, No: 1321, Coğrafya Enst. Yayın No: 51, 279 s.
- Dönmez, Y., 1979, *Kocaeli Yarımadası'nın bitki coğrafyası.* İst. Üniv. Yayın No: 2620, Coğrafya Enstitüsü Yayın No: 112, 105 s.
- Ediger, V. Ş., 1990, *Palinoloji. İstanbul Boğazı güneyi ve Haliç'in Geç Kuvaterner dip tortulları* (Ed. E. Meriç). 571, İstanbul.
- Erol, O., 1979, *Anadolu'da Kuvaterner'de pluviyal ve interpluviyal koşullar ve özellikle güney ve iç Anadolu'da son buzul çağından bu günde kadar olan çevresel değişimler.* Coğ. Araşt. Derg., 9, 5-12.
- Gautier, Y. V., 1962, *Recherches écologiques sur les bryozoaires chilostomes en Méditerranée occidentale.* Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume. 38 (24), 434 p.
- Gordon, D. P. and Mawatari, S. F., 1992, *Atlas of Marine-Fouling Bryozoa of New Zealand Ports and Harbours.* Miscellaneous Publications. N. 2, Oceanographic Institute 107, 52 p.
- Gökaşan, E., Demirbağ, E., Oktay, F. Y., Ecevitoglu, B., Şimşek, M. and Yüce, H., 1997, *On the origin of the Bosphorus.* Marine Geology, 140, 183-199.
- Göksu, H. Y., Özer, A. M. ve Çetin, O., 1990, *Mollusk kavkalarının Elektron Spin Rezonans (ESR) yöntemi ile tarihlendirilimesi. İstanbul Boğazı güneyi ve Haliç'in Geç Kuvaterner (Holosen) dip tortulları* (Ed. E. Meriç). 95-97, İstanbul.
- Guido, T. P. and Yoshihiro, G., 1993, *European seashells, vol. II (Scap., Bival., Ceph.).* Wiesbaden, Germany.
- Gülen, D., Kubanç, C. ve Altınsaçlı, S., 1990, *Ostracoda. İstanbul Boğazı güneyi ve Haliç'in Geç Kuvaterner (Holosen) dip tortulları* (Ed. E. Meriç). 33-45, İstanbul.

- Hatta, A. and Ujiie, H., 1992, Benthic foraminifera from Coral Seas between Ishigaki and Iriomote Islands, southern Ryukyu Island Arc, Northwestern Pasific. Bull. of the Collage of Sci. Univ. of the Ryukyus. 53, 49-119; 54, 163-287.
- Hayward, P. J. and Ryland, J. S., 1985, Cyclostome bryozoans. *Synopses of the British fauna (New Series)*. 34, 147 p.
- Hincks, T., 1880, A history of the British marine polyzoa. London, John Van Voorst ed. 2 Vol, 601 p. ve 83 plt.
- Hottinger, L., Halicz, E. and Reiss, Z., 1993, Recent foraminifera from the Gulf of Aqaba, Red Sea. Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti Academia Sci. et Art. Slovenica. 179 s., 230 lev., Ljubljana.
- Işık, U. ve Taner, G., 1998, Gökçeada-Bozcaada-Çanakkale bölgesi Geç Kuvaterner mollusk faunası. A. Ü. F. F. Yük. Lis. Tezi (Yayınlanmamış), Ankara.
- Kluge, G. A., 1962, Bryozoa of the northern seas of the USSR. Akademiye Nauk SSSR. Opred faune SSSR. 76, 584 p (English transl. 1975, Amerind Publ. New Delhi).
- Kutluk, H., 1994, Haliç Holosen polenleri. Doktora Tezi, İst. Üniv. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, 384 s, Vefa-İstanbul.
- Koral, H., 1998, Progressive Mid-Tertiary geometry of major crustal fault in southeastern Strandha Massif. Proceedings of the 12th International Petroleum Congress of Turkey, 15-30.
- Koral, H. ve Şen, Ş., 1994, Evidence of a transtensionel regime in Tertiary sediments of İstanbul: Examples from Çekmece regions. Proceedings of İstanbul-94, 1st Turkish International Symposium on Deformations, 680-691.
- Loeblich, Jr. A. R. and Tappan, H., 1988, Foraminiferal genera and their classification. Van Nostrand Reinhold Comp., New York, 970 s., 842 lev.
- Marcus, E., 1926, Bryozoa. Tierwelt der Nord und Ostsee. Leipzig. Teil VII, C1, 100 p.
- Meriç, E., 1997, Geç Kuvaterner (Holosen) döneminde İstanbul ve çevresinde gözlenen ortamsal değişimler. Yerbilimleri, 30 (1), 383-391, Adana.
- Meriç, E. ve Sakınç, M., 1990, Foraminifera, İstanbul Boğazı güneyi ve Haliç'in Geç Kuvaterner (Holosen) dip tortulları (Ed. E. Meriç). 13-41, 7 lev., İstanbul.
- Meriç, E. ve Avşar, N., 1997, İstanbul ve yakın çevresi Geç Kuvaterner (Holosen) bentik foraminifer faunası. Yerbilimleri, 31, 41-65, Adana.
- Meriç, E., Sakınç, M. ve Eroskay, O., 1988, İstanbul Boğazı ve Haliç dip çökellerinin evrim modeli. Mühendislik Jeolojisi Bülteni, 10, 10-14, İstanbul.
- Meriç, E., Yanko, V. ve Avşar, N., 1995, İzmit Köfezi (Hersek Burnu-Kaba Burun) Kuvaterner istifinin foraminifer faunası. İzmit Köfezi Kuvaterner İstifi (Ed. E. Meriç), 105-151, 13 lev., İstanbul.
- Meriç, E., Avşar, N. ve Çetin, O., 1996 a, Kuşdili (Kadıköy-İstanbul) Kuvatneri stratigrafisi hakkında yeni görüşler. Yerbilimleri, 29, 151-159, Adana.
- Meriç, E., Şamlı, A. C. ve Avşar, N.,

1996 b, Haliç Geç Kuvaterner (Holosen) istifi foraminifer topluluğu ve ortamsal özelliklerde gözlenen değişimler. Sualtı Bilim ve Toplantısı Bildiriler Kitabı, 187-192, İstanbul.

Meriç, E., Oktay, F. Y., Sakınç, M., Gülen, D., Ediger, V. Ş., Meriç, N. ve Özdoğan, A., 1991, Kuşdili (Kadıköy-İstanbul) Kuvaterner'inin sedimenter jeolojisi ve paleoekolojisi. C. Ü. Müh. Fak. Derg., A, Yerbilimleri, 8 (1), 83-91, Sivas.

Meriç, E., Kerey, E., Avşar, N., Tunoğlu, C., Taner, G., Kapan-Yeşilyurt, S., Ünsal, İ., Rosso, A., 1998, İstanbul Boğazı yolu ile Marmara Denizi-Kara Deniz bağlantısı hakkında yeni bulgular. Sualtı Bilim ve Teknolojisi Toplantısı, Bildiriler Kitabı, 82-97, SBT 98, Çapa-İstanbul.

Meriç, E., Kerey, İ. E., Avşar, N., Tunoğlu C., Taner, G., Kapan-Yeşilyurt, S., Ünsal İ., Rosso, A., 2000, Geç Kuvaterner (Holosen)'de İstanbul Boğazı yolu ile Marmara Denizi-Kara Deniz bağlantısı hakkında yeni bulgular. TJB, 43 (1), 73-118, Ankara.

Moore, R. C., 1953, Treatise on invertebrate paleontology. Part G. Bryozoa. Geological Society of America. ISBN-8137-3007-4, 253 s.

Moore, L. C., 1964-1965, Treatise on Invertebrate Paleontology. Part I-M, Moll, Kansas.

Nazik, A., 1998, Küçüksu Kasrı (Anadolu Hisarı-İstanbul) Kuvaterner istifinin ostrakod faunası, Yerbilimleri, 32, 127-146.

Nazik, A., Meriç, E. ve Avşar, N., 1999,

Environmental interpretation of Quaternary sediments: Küçüksu Palac (Asian side of Bosphorus, Anadolu Hisarı - Turkey). Hacettepe Üniv. Yerbilimleri, 21, 105-113, Ankara.

Nevesskaja, L. C., 1963, Bestimmungstabelle zweiklappigermollusken mariner Quatarsedimente des Schwarzmeerbeckens. Akad. Der Wissensch. USSR, Palaeont. Inst., bd. 96, Moscow.

Oktay, F. Y. and Sakınç, M., 1991, The Late Quaternary tectonics of the İstanbul Graben and the origin of The Bosphorus. Terra Abstracts. EUG. 6, Strasburg 3, 1, 351.

Oktay, F. Y. ve Sakınç, M., 1993, Geç Kuvaterner'de İstanbul Boğazı'nın oluşumuna neden olan tektonik hareketler. Türkiye Kuvaternerı Workshop Bildiri Özleri, 69-71, İstanbul.

Parkinson, R. W., 1989, Decelerating Holocene sea-level rise and its influence on southwest Florida costal evolution. Jour. Sed. Petrology, 59 (6), 969-972.

Prenant, M. and Bobin, G., 1966, Bryozoaires. 2. partie chilostomes, anasca. Faune de France, 68, 647 p.

Rosso, A., 1987, Nota preliminare sulla fauna a briozoi di Catallarga (Grammiche Catania). Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat. Catania. 20 (330), 301-316.

Ryan, W. B. F., Pitman, W. C., III, Major, C. O., Shimkus, K., Moskalenko, V., Jones, G. A., Dimitrov, P., Görür, N., Sakınç, M. and Yüce, H., 1997, An abrupt drowning of the Black Sea Shelf: Marine Geology, 138, 119-126.

- Ryland, J. S., 1965, Catalogue des principales salissures marines. 12, Bryozoaires. OECD, Paris, 82 p.
- Ryland, J. S. and Hayward, P. J., 1977, British anascan bryozoans. *Cheilostomata, Anasca. Synopses of the British Fauna.* 10, 188 p.
- Sevinçer, N. ve Taner, G., 1998, Marmara Denizi güneyebatısı (Erdek Körfezi) dip çökellerinin Kuvaterner mollusk faunası. A.Ü.F.F., Yük. Lis. Tezi (Yayınlanmamış), Ankara.
- Sgarrella, F. and Moncharmont-Zei, M., 1993, Benthic foraminifera of the Gulf of Naples (Italy), systematic and autoecology. *Bull. della Soc. Paleont. Italiana,* 32 (2), 145-264, 26 lev.
- Stanley, D. J. and Blanpeid, C., 1980, Late Quaternary water exchange between the Eastern Mediterranean and the Black Sea. *Nature,* V. 285, No: 5766, 537-541.
- Şamlı, A. C., 1995, Haliç güncel çökellerinin mikropaleontolojik incelemesi. I. Ü. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enst. Yüksek Lisans Tezi, 69 s., 4 lev., İstanbul.
- Taner, G., 1990, Lamellibranchiata ve Gastropoda. İstanbul Boğazı güneyi ve Haliç'in Geç Kuvaterner (Holosen) dip tortulları (Ed. E. Meriç). 81-95, İstanbul.
- Taner, G., 1995, İzmit Körfezi (Hersek Burnu-Kaba Burun) Kuvaterner istifinin pelecypoda ve gastropoda faunası (Ed. E. Meriç). 219-239, İstanbul.
- Thom, B. G. and Roy, P. S., 1985, Relative sea levels and costal sedimentation in southeast Australia in the Holocene. *Jour. Sed. Petrology,* 55 (2), 257-264.
- Toker, V. ve Şengüler, İ., 1990, Nannoplanktonlar, İstanbul Boğazı güneyi ve Haliç'in Geç Kuvaterner (Holosen) dip tortulları (Ed. E. Meriç). 55-57, İstanbul.
- Traverse, A., 1988, Paleopalynology. Lonodon, Unwin Hyman, 600 p.
- Ulug, A., 1994, İstanbul içme suyu boğaz geçiş koridorları batimetrik ve jeofizik etüdleri. DEÜ Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, 46 s., Izmir.
- Ulug, A., Özel, E. ve Çiftçi, G., 1987, İstanbul Boğazı'nda sismik çalışmalar. Jeofizik, 1(2), 130-144.
- Ünsal, İ., 1975, Bryozoaires marins de Turquie. *Ist. Üniv. Fen Fak. Mecm., B,* 40 (1-4), 37-54, İstanbul.
- Ünsal, İ., 1988, İstanbul Boğazı ağızı ve Haliç ağızı sedimanlarında bulunan briozoonlar. *Is. Ü. Su Ürünleri Dergisi,* 2 (2), 95-103, İstanbul.
- Ünsal, İ., 1990, Bryozoa, İstanbul Boğazı güneyi ve Haliç'in Geç Kuvaterner (Holosen) dip tortulları (Ed. E. Meriç). 71-79, İstanbul.
- Ünsal, İ., 1992, Distribution et répartition vertical des bryozoaires fossiles dans les sédiments du sud du Bosphore et de la Corne d'Or et leurs implications paléoécologiques. *Rapp. Comm. Int. Mer Medit.* 33, 55.
- Ünsal, İ. et d'Hondt, J. L., 1978-1979, Contribution à la connaissance des bryozoaires marins de Turquie (Eurystomata et Cyclostomata) Vie Milieu. 28-29 (4), AB, 613-634,
- Ünsal, İ., Rosso, A., Meriç, E. and Çetin, O., 1995, Bryozoon fauna of the

- Quaternary sediments from İzmit Bay, North-western Turkey. Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 34, 46.
- Wall, D. and Dale, B., 1973 a, Paleosalinity relationships of dinoflagellates in the Late Quaternary of the Black Sea-A summary. *Geosince and Man*, VII, 5, 95-102.
- Wall, D. and Dale, B., 1973 b, Descriptions of new fossil dinoflagellates from the Late Quaternary of the Black Sea. *Geosince and Man*, 19, 1, 18-31.
- Yaltırık, F., 1966, Belgrad orman vegetasyonunun floristik analizi, ana meşe tiplerinin kompozisyonu üzerine çalışmalar. T. C. Tarım Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Sıra No: 436, Seri No: 6, 174 s.
- Yanko, V. and Troitskaja, T., 1987, Late Quaternary foraminifera of the Black Sea. Moscow, Nauka, 111 s.
- Yılmaz, Y. ve Sakınç, M., 1990, İstanbul Boğazi'nin jeolojik gelişimi üzerine düşüneler. İstanbul Boğazı güneyi ve Haliç'in Geç Kuvaterner (Holosen) dip tortulları (Ed. E. Meriç). 99-105, İstanbul.
- Zeist, W. and Bottema, S., 1988, Late Quaternary vegetation and climatic history of southwest Asia. *Proc. Indian Nat. Sci. Acad.*, 84, A, 3, 461-480.
- Zeist, W. and Bottema, S., 1991, Late Quaternary vegetation of the Near East. Beihelfte Zum Tübinger Atlas Des Vonderen Orients, Reihe A (Naturwissenschaften). Nr.18.Dr. Ludwig Reichert Verlag. Wiesbaden, 156 p.

**YÜKSEK ORANDA KARBONAT İÇEREN GRAFİT KONSANTRELERİNİN
DERİŞİK HİDROKLORİK ASİTLİ ORTAMDA FLOTASYON İŞLEMİYLE
SAFLAŞTIRILMASI**

Yaşar ÇİLİNGİR

D.E.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir/Türkiye

ÖZET: *Grafit; sahip olduğu çok farklı özelliklerinden dolayı yaygın şekilde kullanılan değerli bir endüstriyel ham maddedir. Kullanım amaçlarına göre çeşitli grafittik karbon tenörlü, farklı kalitede grafit konsantreleri talep edilmektedir. Cevherlere, cevher yapısına ve talebe bağlı olarak farklı zenginleştirme ve saflaştırma işlemleri uygulanmaktadır.*

Ganginin büyük bir kısmı kalsit, kireçtaşları, marndan oluşan ve ince tanede serbestleşen grafit cevherlerinin saflaştırılmasında aşırı HCl-asiti tüketimini önlemek için, cevher önce nötr ortamda flotasyon ile ön zenginleştirilmelidir. Daha sonra flotasyon ön konsantresinin HCl-asiti liçi ile saflaştırılması gerçekleştirilebilir. Bu işlemde, cevherin $CaCO_3$ -içeriğine bağlı olarak, teorik asit gereksiniminin %120'si kullanılarak 60 dakika'lık liç süresinde çok yüksek grafittik karbon tenörlü konsantreler üretilmektedir.

Bu çalışmada, flotasyon ön konsantresinin saflaştırılması için aşırı, derişik asidik (HCl) ortamda flotasyon işlemi uygulandığında, daha az HCl-asidi tüketilerek de çok yüksek grafittik karbon tenörlü konsantreler üretilmiştir. 40-50 dakikalık flotasyon-lıç sürelerinde, teorik asit gereksiniminin yalnızca %70' i kadar HCl-asiti tüketilerek başarılı sonuçlar alınmıştır.

**THE PURIFICATION OF HIGH AMOUNT OF CALCIUM CARBONATE
CONTAINING GRAPHITE ORES BY FLOTATION IN A HIGHLY
CONCENTRATED HYDROCHLORIC ACID ENVIRONMENT**

ABSTRACT: *Graphite is an important industrial mineral that is used for many industrial aims. The use of graphite in different areas generally depends on the concentrate's quality. For this reason, different graphite recovery and purification systems are applied depending on the ore properties and quality requirements.*

The purification process of the graphite ores which have fine particle liberation size and contain high amount of $CaCO_3$ requires high amount of HCl. Preventing the process from using excess amount of HCl, a concentrate should be produced before the

purification stage by means of flotation in a neutral environment. After pre-concentrate was produced, leaching of pre-concentrate can be realized. It is possible to produce a concentrate that contains high amount of carbon by means of this two-stage process using 60-minute leaching time and 120% of theoretical required amount of HCl.

In this study, flotation concentrates were used to conduct experiments. The pre-concentrates were subjected to flotation experiments at low pH. The best results were obtained with using 40 or 50-minute conditioning time and 70% of theoretical required amount of HCl.

1.GİRİŞ

Grafit; pulsu tabaka yapılı, yağsı kayganlık gösteren, romboedrik heksagonal sisteme kristalleşen 2,1-2,3 gr/cm³ yoğunluğunda bir karbon mineralidir. Isı iletkenliği çok düşük, elektrik iletkenliği yüksek, oksijensiz ortamda ısiya, normal şartlarda asit ve kimyasal çözücülere dayanıklı bir katı malzemedir (Adams,1975). Doğal grafit;

1. Doğal disemine (pulu "flake") grafit,
2. Kristalleşmiş damar (lifsi-sütunsu-parça—"lump") grafit ,
3. Şekilsiz, mikrokristalin (amorf) grafit olarak üç farklı şekilde bulunur.

Grafit bu çok değişik yapı ve özellikleri nedeniyle, endüstride çok çeşitli amaçlar için (refrakter tuğla yapımı, pota üretimi, elektrot üretimi, pil üretimi, kaygan yatak üretimi, çelik imalinde karbon yükseltici v.b.,) yaygın olarak kullanılmaktadır (Gugerli, 1977; Noyan, 1983). Tüketim amaçlarına göre de farklı kalite ve yapıda grafit konsantreleri talep edilir. Grafit cevheri tiplerine ve zenginleşebilirlik özelliklerine bağlı olarak, belirli tüketim alanları için farklı kalitede konsantreler üretilir. Konsantrelerin tane irilikleri

büyükçe ve grafit karbon tenörleri arttıkça, parasal değerleri aşırı şekilde artar (Harries-Rees, 1993; Riedle vd.,1995) .

Cevherlerden, tiplerine bağlı olarak; tavuklama, gravite zenginleştirme veya flotasyon yöntemleriyle zenginleştirilerek konsantreler üretilir (Akar vd.,1986; Noyan, 1983). Bu konsantreleri safsızlıklarından daha da arındırmak için; bazik liç (Na_2CO_3), asit liç (HF ve / veya HCl) uygulanır (Akar vd.,1986).

Türkiye'de bilinen grafit oluşumlarından işlenenleri; Kütahya-Altıntaş / Oysu Yatağı ile Muğla – Milas/ Yayladere Yatağıdır. Bu yataklardan üretilen cevherlerden talep durumuna göre, tavuklama veya tavuklama+ flotasyon işlemleriyle konsantreler üretilmiş ve piyasaya sunulmuştur.

Altıntaş/Oysu Cevherinin grafitik karbon tenörleri %20-75 arasında değişmektedir. Grafitik karbonun yanı sıra, yan kayaç karışımı ve gang mineralleri olarak kuvars, kuvarsit, muskovit, biyotit, kalsit, kireçtaşları ve killer bulunmaktadır. Oysu cevherinin gangının büyük çoğunluğu (%85) CaCO_3 'tan oluşmaktadır.

YÜKSEK ORANDA KARBONAT İÇEREN GRAFİT KONSANTRELERİNİN DERİŞİK HİDROKLORİK ASİTLİ ORTAMDA FLOTASYON İŞLEMİYLE SAFLAŞTIRILMASI

Dokuz Eylül Üniversitesi Müh. Fak. Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında yapılan çalışmalarda %30-40 grafitik karbon tenörlü Oysu cevherinden, cevher tenörüne göre %70-85 grafitik karbon tenörlü konsantreler üretilebilecegi ortaya konmuştur. Düşük tenörlü (%24-29 grafitik karbon) cevherin işlendiği; "pilot tesiste zenginleştirme araştırması" çalışmalarında, ortalama %73 grafitik karbon, %23,40 CaCO₃, %1,90 kül tenörlü flotasyon konsantreleri üretilmemiştir (Aytekin vd.,1986).

Flotasyon konsantreleri safsızlığının kireç taşları ve kalsitten kaynaklandığı saptanmıştır (safsızlığın yaklaşık %90'ı). Türkiye grafitlerinden çok yüksek grafitik karbon tenörlü konsantreler elde etmek için, liç işlemlerinin de uygulanması zorunlu olmaktadır. Zira Milas/Yayladere grafitinde de fazla miktarda CaCO₃ bulunmaktadır.

Bu çalışmada CaCO₃ safsızlıklarını içeren grafit ön konsantrelerinin hidroklorik asit liçi ile zenginleştirilebilirlik koşulları araştırılmıştır. Flotasyonla üretilen grafit ön konsantrelerinin doğal ortam koşullarında HCl asit liçi ile saflaştırılmasında; ön konsantrenin CaCO₃ tenörüne bağlı olarak fazla miktarda asit tüketilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu da, bu tip cevherlerden yüksek saflıkta konsantre üretmek için cevherin flotasyonla zenginleşmesinin isabetli olacağını kanıtlamıştır. Ön konsantrenin

saflaştırmasında ortaya çıkan aşırı asit tüketimini en aza indirmek için de saflaştırmanın liç destekli flotasyon işlemi şeklinde uygulanabilirliği araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

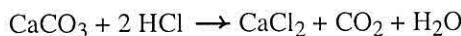
Oysu cevheri örneğinde; yüksek oranda karbonatik gang içeren grafit konsantresini safsızlıklarından arındırma çalışmaları D.E.Ü. Müh. Fak. Maden Mühendisliği Bölümü pilot tesiste zenginleştirme etütlerinde üretilen flotasyon konsantresinden alınan temsili numunelerle yapılmıştır. Flotasyon konsantresi temsili numuneleri %68 – 71 grafitik karbon, %24 – 26 CaCO₃ , %1,6–1,9 karbonat harici kül içermektedir. Bu numunelerin D₉₀ -değeri 0,200mm , D₆₅-değeri 0,100 mm. dir. Saflaştırma araştırmalarında bu numunelerle doğal ortam koşullarında HCl-asit liçi deneyleri ve HCl-liçi destekli flotasyon deneyleri yapılmıştır.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE İRDELENMESİ

Araştırma çalışmalarının birinci aşamasında asit liçi deneyleri yapılmıştır. Liç deneylerinde, liç işlemindeki fazla asit tüketiminin azaltılması olanaklarının araştırılması zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle ikinci aşamada, liç destekli flotasyon işleminin uygulanabilirliğinin ve koşullarının araştırılması gerçekleştirılmıştır. Liç destekli flotasyon zenginleştirmesi "aşırı derişik asidik ortamda flotasyon işlemi" olarak da tanımlanabilir.

3.1. Liç Deneyleri

Liç denemelerinin amacı flotasyonla üretilen grafit ön konsantresindeki gang mineralerinin yaklaşık %90'ını oluşturan CaCO_3 'ın hidroklorik asit ile çözündürülerek uzaklaştırılabilirlik koşullarını araştırmaktır. Burada uygulanan HCl-liçi yöntemindeki kimyasal reaksiyon aşağıdaki gibidir:



Yukarıdaki denklem uyarınca, teorik olarak, bir mol kalsiyum karbonatın tamamının çözünmesi için 2 mol hidroklorik asite ihtiyaç vardır. Deney numunesi olarak kullanılan flotasyon konsantresinin, % 24 – 26 CaCO_3 içeriği düşünüldüğünde tüm CaCO_3 – içeriğinin CaCl_2 ye dönüştürülmesi işleminde, 1 ton liç besleme malı için 175 -190 kg. saf, %100 lük hidroklorik asit veya 500-543 kg. %35'lük ticari hidroklorik asit gerekecektir.

Liç işlemlerinde;

- Asit konsantrasyonu,
- Kondisyon süresi,
- İşlemdeki katı/sıvı oranı,
- İşlemde uygulanan basınç,
- İşlemde uygulanan sıcaklık,

en önemli, etkili parametrelerdir. Basıncın ve sıcaklığın yüksek uygulanmaları optimal liç sürelerini kısaltır ve işlem maliyetlerini artırabilirler. Altuntaş /Oysu grafitinin ön konsantresinin hidroklorik asit liçi ile saflaştırılmasında bunlardan ilk üç

parametrenin etkileri araştırılmıştır.

Tüm diğer deneyler gibi HCl-liçi deneyleri de oda sıcaklığında ve normal atmosfer basıncında yapılmıştır. HCl-liçi deneylerinde pulp miktarı (su+asit+katı) sabit tutulmuştur.

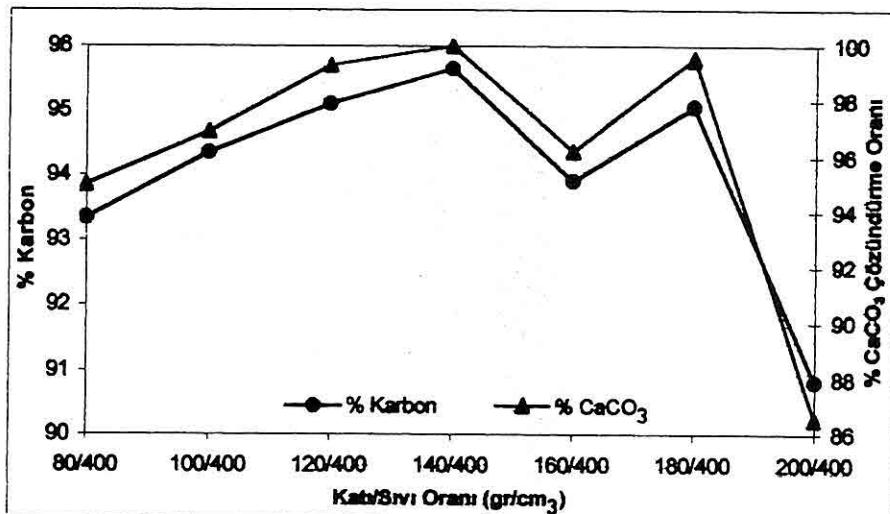
3.1.1. Liç İşleminde Katı / Sıvı Oranı

Saptama Deneyleri ve İrdelenmesi

Bu seri deneylerde kondisyon (çözündürme) süresi (sabit) 60 dakikadır. Araştırılan katı/sıvı oranına göre katı miktarı değiştirilmiştir. İlgili deneydeki katı miktarı için hesaplanmış olan teorik asit gereksiniminin %120'si (stökiometrik miktarın 1,2'si) kadar (seri için sabit) hidroklorik asit kullanılmıştır. Katı ve onunla ilgili asit miktarına göre su miktarı azaltılıp çoğaltılmıştır. Bu seri deneylerde alınan sonuçlar Şekil 1 de sunulmaktadır.

Söz konusu şekilde 120 / 400 ve 140 /400 katı /sıvı oranlarında grafit ön konsantresindeki CaCO_3 in % 100'e yakınının çözündüğü ve liç konsantresinin grafitik karbon tenörünün % 95,65'e yükseldiği görülür. Küçük katı/sıvı oranlarında, CaCO_3 - çözünmesinin hızlı arttığı gözlenmektedir. Bu artış; katı / sıvı oranı artıkça; katı miktarının, dolayısıyla beslenen asit miktarının ve asit konsantrasyonunun hızla artmasından kaynaklanmaktadır. Bu sonuçlar ışığında 140/400 (yaklaşık %25) katı / sıvı oranı optimal kabul edilerek diğer liç deneylerine geçilmiştir.

*YÜKSEK ORANDA KARBONAT İÇEREN GRAFİT KONSANTRELERİNİN DERİŞİK
HİDROKLORİK ASİTLİ ORTAMDA FLOTASYON İŞLEMİYLE SAFLAŞTIRILMASI*



Şekil 1. Liç işleminin katı / sıvı oranına göre, liç konsantrelerin grafitik karbon tenörlerinin ve CaCO_3 – çözündürülmesinin değişimi.

3.1.2.Optimal Liç Süresi ve Optimal Asit Tüketimini Saptama Deneyleri ve İrdelenmesi

Uygulanan liç deneylerinin genel karakteristiği; liç süresinin kullanılan asit konsantrasyonu ile ters orantılı olmasıdır. Dolayısıyla asit harcaması sabit tutularak yapılacak liç süresi saptama deneyleri

sonunda elde edilecek veriler, hedeflenen amaca tam anlamıyla hizmet edemeyecektir. Bu nedenle bu seri deneyler daha önce saptanın $\%25$ katı / sıvı oranında (yaklaşık 140 /400) , ayrıca Tablo 1'de sunulan düzenleme ve şartlarda yapılmıştır. Optimal liç süresini ve optimal asit tüketimini

Tablo 1. Optimal liç süresi ve optimal asit tüketimini saptama deneylerinde uygulanan koşullar.

Asit Tüketimi*	Kondisyon Süresi				
	15	20	30	45	60
% 110	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
% 120	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
% 130	■■■	■■■	■■■		

* Kullanılan Asit Miktarının Teorik Asit Gereksinimine Oranı.

■ Deneylerde Uygulanan Kondisyon Süreleri (Dakika).

saptama deneylerinin sonuçları şekil 2' de verilmektedir.

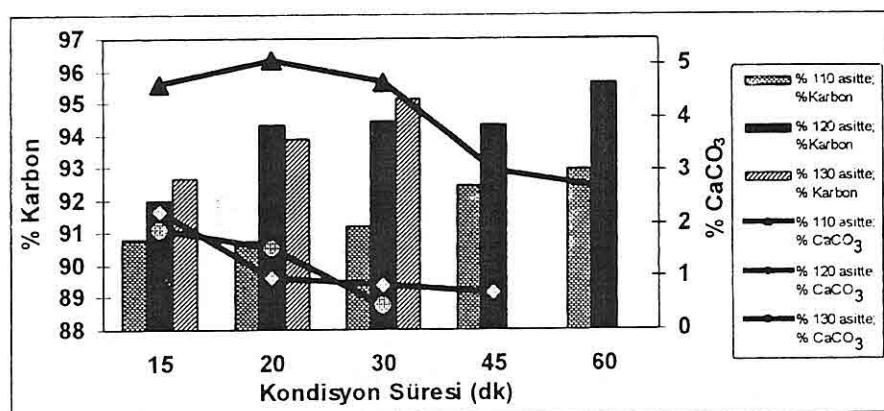
Teorik asit gereksiniminin %130' u, yani stökiyometrik miktarın 1,3 katı kadar asit kullanılan deneylerde, %95,13 grafitik karbon -, %0,45 CaCO₃ -tenörlü liç konsantresi 30 dakikalık liç süresinde üretilmemiştir. Bu deneye de toplam CaCO₃- içeriğinin %98,75'i çözünmüştür. Teorik asit gereksiniminin %120' sinin kullanıldığı deneylerden 30 ; 45 ; 60 dakikalık çözündürme sürelerinde elde edilen konsantrelerin grafitik karbon tenörleri %94,35–95,65 ve kalsiyum karbonat tenörleri de %0,62–0,85 arasında değişmektedir. Teorik asit gereksiniminin %120' sinin kullanıldığı deneylerin uzun süreli olanlarında toplam kalsiyum karbonat içeriğinin %97,65 - %98,28' i çözünmüştür.

3.1.3. Liç Deneylerinin İrdelenmesi

Altıntaş / Oysu grafit cevherinden Flotasyon işlemiyle üretilen konsanrenin

hidroklorik asit liçi ile saflaştırılması deneylerinde %25 katı / sıvı oranında, teorik asit gereksiniminin %120' si kullanılarak 30-45 dakikalık liç sürelerinde, oldukça saf, %94 – 95 grafitik karbon-, %0,60 - 0,70 kalsiyum karbonat-, %2,4–2,6 kül tenörlü liç konsantreleri üretilebilecektir. Bir ton flotasyon ön konsantresinin HCl-liçi ile saflaştırılmasında kullanılması gereken ticari kalite hidroklorik asit miktarı 652 kg. (teorik ticari hidroklorik asit gereksinimi olan 543 kg.' in %120'si) dir. Bu da göstermektedir ki %26 gibi yüksek CaCO₃ -tenörlü flotasyon konsantresinin liç ile saflaştırılmasından sağlanabilecek parasal artı değerin büyük bir kısmı yalnızca hidroklorik asite gidecektir.

Altıntaş/Oysu grafitinin flotasyonla zenginleştirilmesine yönelik laboratuar ve pilot çaptaki araştırmalarda , grafitin derişik asidik ortamda (pH :3 –4) başarılı olarak flore edilebildiği gözlenmiştir.



Şekil 2. Farklı asit tüketiminde, liç sürelerine göre ,liç konsantrelerinin grafitik karbon- ve kalsiyum karbonat tenörlerinin değişimi.

YÜKSEK ORANDA KARBONAT İÇEREN GRAFİT KONSANTRELERİNİN DERİŞİK HİDROKLORİK ASİTLİ ORTAMDA FLOTASYON İŞLEMİYLE SAFLAŞTIRILMASI

Fakat ham cevherde yüksek oranda kalsiyum karbonat bulunması, asidik ortamda flotasyon uygulamasını olanaksız kılmıştır. Bu nedenle ilk araştırmalarda, tuvenan cevher nötr ortamda flotasyonla zenginleştirilerek, karbonatik ve silikatik gang içeriğinin büyük çoğunluğu atılarak belirli amaçlar için kullanılabilen konsantrelerin üretilmesi saptanmıştır (Aytekin vd., 1986). Bu ön bulguların ışığında, karbonatik ve silikatik gang içeriğinin büyük çoğunluğu flotasyonla atılmış, Altıntaş Oysu flotasyon ön konsantresinin, aşırı derişik asidik ortamdaki flotasyonla ikincil temizlenmesinin, optimal koşullarının araştırılmasının; bu tip karbonatlı grafittin cevherlerinin saflaştırılması için bir alternatif çözüm getireceğini düşündürmüştür.

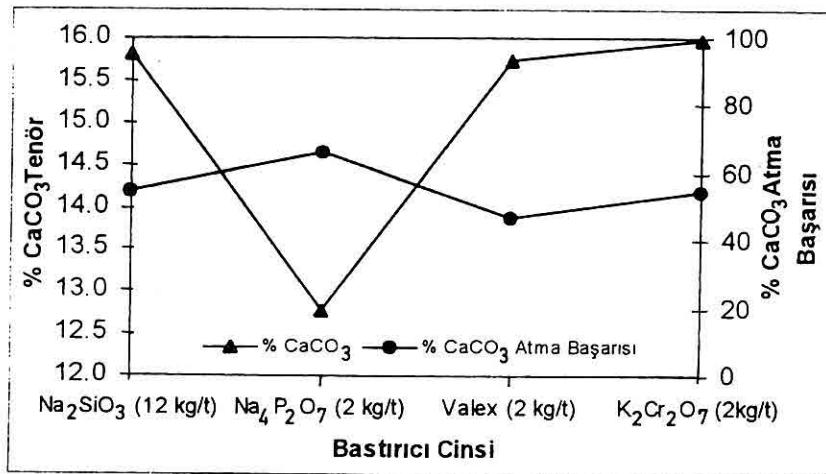
3.2. Aşırı Derişik Asidik Ortamda Flotasyon Deneyleri

Araştırmmanın ikinci aşaması; aşırı derişik asidik ortamda, kullanılan hidroklorik asitin etkisiyle kireçtaşları ve kalsitin kısmen çözündürülmesi, çözünmeyen ve taze yüzey kazanmış kalsit, kireçtaşları ile diğer silikatik gangın bastırıcılar etkisinde bastırılıp, flotasyon yöntemiyle grafitin yüzdürülmesidir. Bu zenginleştirmede etkili olan önemli parametrelerden; bastırıcı cinsinin, uygun toplayıcı-küpürtüçünün ve optimal asit tüketiminin saptanmasına çalışılmıştır. Bu seri deneylerde %15, katı / sıvı oranında, 5

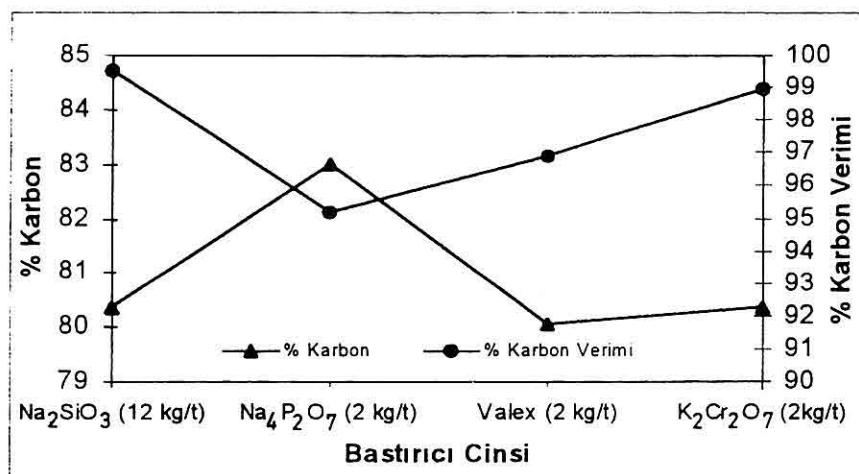
dakika kondisyon, 5 dakika köpük alma işleminin uygulandığı 4 kademeli liç-flotasyon zenginleştirmesi yapılmıştır. İleride görüleceği üzere, bu deneylerde numunedeği toplam kalsiyum karbonatı çözecek, teorik hidroklorik asit gereksiniminin %40 veya %60'ı kullanıldığı düşünülürse, bu zenginleştirme işlemi "LİÇ DESTEKLİ FLOTASYON ZENGİNLEŞTİRİMESİ" olarak da adlandırılabilir. Deney numuneleri flotasyon konsantresi olduğu için bu işlemlerde ek bir toplayıcı kullanılmamıştır.

3.2.1. Uygun Bastırıcıyı Saptama Deneyleri ve İrdelenmesi

Bu grup deneylerde, teorik asit gereksiniminin %40'ı kadar teknik hidroklorik asit, toplayıcı - köpürtücü olarak çam yağı (200 gr/ton) kullanılmıştır. Gang bastırıcılar olarak; sodyum silikat (Na_2SiO_3), sodyum piro fosfat ($Na_4P_2O_7$), valex, potasyum bikromat ($K_2Cr_2O_7$) denenmiştir. Şekil 3'te aşırı derişik asidik ortamda yapılan flotasyon işleminde farklı bastırıcılar kullanılarak elde edilen grafit konsantrelerinin kalsiyum karbonat tenörleri ve işlemlerin kalsiyum karbonat atma başarları ayrıca Şekil 4'te de konsantrelerin grafitik karbon tenörleri ile işlemlerin grafit kazanma verimleri sunulmaktadır. Şekil 3 ve 4'e göre sodyum piro fosfat ($Na_4P_2O_7$) en uygun bastırıcı olmaktadır.



Şekil 3. Farklı bastırıcı kullanımına bağlı olarak grafit konsantrelerinin kalsiyum karbonat tenörleri ve işlemlerin kalsiyum karbonat atma başarıları (Çözünen ve artıkla atılan).



Şekil 4. Farklı bastırıcı kullanımına bağlı olarak konsantrelerin grafitik karbon tenörleri ve işlemlerin grafitik karbon kazanma verimleri.

YÜKSEK ORANDA KARBONAT İÇEREN GRAFİT KONSANTRELERİNİN DERİŞİK HİDROKLORİK ASİTLİ ORTAMDA FLOTASYON İŞLEMİYLE SAFLAŞTIRILMASI

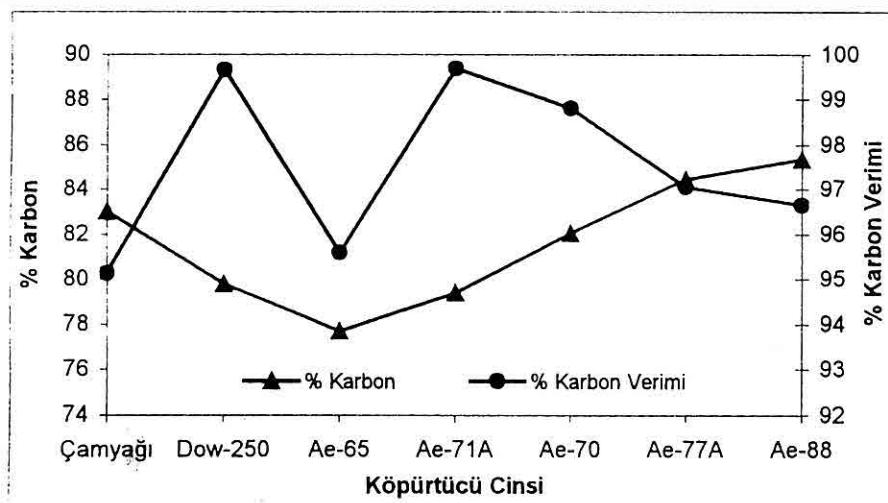
3.2.2. Uygun Toplayıcı – Köpürtücüün Saptanması Deneyleri ve İrdelenmesi

Araştırma konusu malzeme, flotasyonla üretilen grafit konsantreleri olduğu için; işlemlerde toplayıcıya gerek duyulmamaktadır. Köpük oluşturmak için kullanılan köpürtücü reaktifler, grafit tanecikleri için kısmen toplayıcı görevini de üstlendiklerinden, yukarıdaki tarz adlandırma yapılmıştır. Uygun köpürtücüyı saptamak için yapılan deneylerde bastırıcı olarak, 2kg/ton sodyum piro fosfat ($Na_4P_2O_7$) ve teorik asit gereksiniminin %40'ı kadar ticari hidroklorik asit ve çeşitli köpürtüclüler (250 gr/ton) kullanılarak en uygunu saptanmaya çalışılmıştır. Bu seri deneylerin sonuçları Şekil 5'te sunulmaktadır.

Bazı köpürtüclülerin grafitik karbon kazanma veriminin yüksek olmasına rağmen, konsantresinin grafitik karbon tenörünün küçük olması, o deneyde gang mineralerinin konsantreye karışmasından; yani çözündürülmeden atılan flotasyon artığının, diğer deneylere göre az olmasından kaynaklanmaktadır. Aerofroth 88 kullanılarak yapılan, gang mineralerinin en az konsantreye karıştığı, aşırı derişik asidik ortamda flotasyon yüzdürmesi tercih edilebilir sonuçlar vermektedir.

3.2.3. Optimal Hidroklorik Asit Tüketimini Saptama Deneyleri ve İrdelenmesi

Aşırı derişik asidik ortamda flotasyonla grafit saflaştırması yönteminin optimal asit tüketimini saptama deneyleri,



Şekil 5. Farklı köpürtücü kullanımına bağlı olarak konsantrelerin grafitik karbon tenörleri ve işlemlerin grafitik karbon kazanma verimleri.

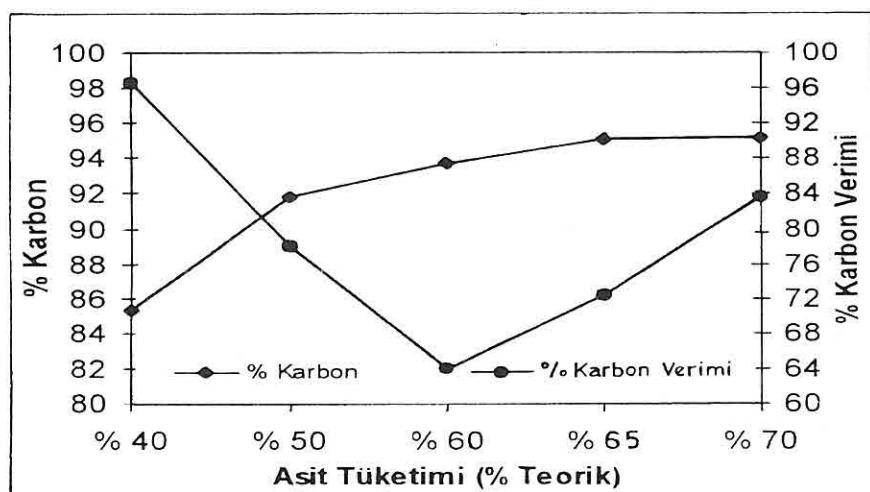
diğer deneyler gibi %15 katı/sıvı oranında yapılmıştır. Bastırıcı olarak 2kg /ton sodyum piro fosfat ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), köpürtücü olarak (250 gr./ton) Aerofroth 88 kullanılmıştır. Numunenin kalsiyum karbonat içeriğinin tümünü çözecek teorik hidroklorik asit gereksiniminin %40; %50; %60; %65; %70'i kullanılarak aşırı derişik asidik ortamda 4 kademeli flotasyon deneyleri uygulanarak başarılı bir saflaştırma işlemi için gerekli hidroklorik asit tüketimi saptanmaya çalışılmıştır.

Şekil 6 ve 7'de sunulan deney sonuçlarına göre; aşırı derişik asidik ortamındaki flotasyonla, teorik hidroklorik asit gereksiniminin 65 – 70'i tüketilerek, grafit ön konsantresinin CaCO_3 içeriğinin %98'i uzaklaştırılmış (çözündürme+atma), %95 grafitik karbon tenörlü, yüksek kaliteli konsantreler üretilebilecektir.

4. SONUÇLAR

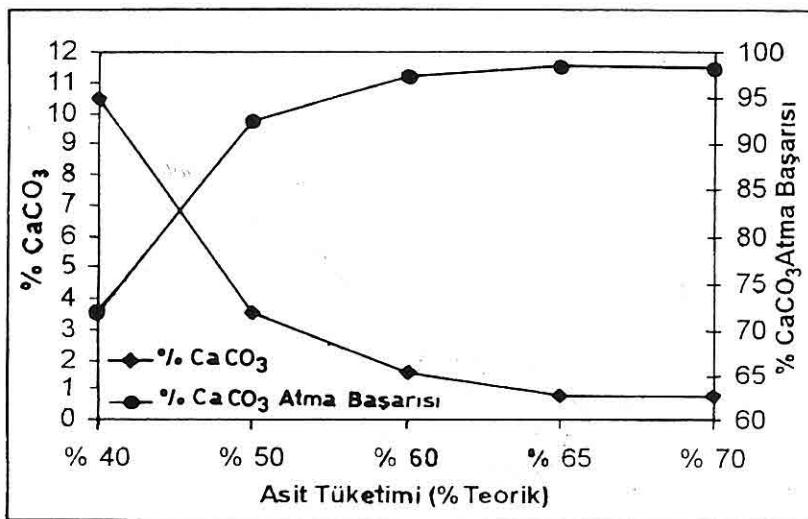
Sanayinin grafit taleplerini, yerli maden yatakları olanaklarına bağlı olarak, düşük grafitik karbon tenörlü, gang içeriğinin büyük bir kısmı kalsiyum karbonattan oluşan yataklardan karşılamak gerekebilir. Bu durumda ince boyutta serbestleşen mikro kristalin grafit cevherleri önce nötr ortamda flotasyonla zenginleştirilip, düşük nitelikli (%75 – 85 grafitik karbon tenörlü) konsantreler üretilerek sanayinin kullanımına sunulabilir.

Gang içeriğinin büyük çoğunluğu kalsiyum karbonat olan grafitlerden çok yüksek tenörlü konsantreler üretmek için ise; cevher önce nötr ortamda flotasyonla ön zenginleştirilerek karbonatik ve silikatik gangın büyük çoğunluğu atılmalıdır. Bu şekilde üretilen flotasyon ön konsantresi karıştırmalı hidroklorik asit liği ile saflaştırılabilir. Bu çalışmada



Şekil 6. Aşırı derişik asidik ortamındaki flotasyon işleminde, farklı asit kullanımına bağlı olarak nihai grafit konsantrelerin grafitik karbon tenörleri ve grafitik karbon verimleri.

*YÜKSEK ORANDA KARBONAT İÇEREN GRAFİT KONSANTRELERİNİN DERİŞİK
HİDROKLORİK ASİTLİ ORTAMDA FLOTASYON İŞLEMİYLE SAFLAŞTIRILMASI*



Şekil 7. Aşırı derişik asidik ortamda flotasyon işleminde, farklı asit kullanımına bağlı olarak nihai grafit konsantrelerinin kalsiyum karbonat tenörleri ve işlemlerin kalsiyum karbonat atma (çözünen+artıkta atılan) başarıları.

CaCO₃ içeriği yüksek flotasyon ön konsantresi 60 dakikalık liç süresinde teorik asit gereksiniminin ancak %120'si kullanılarak liç edildiğinde, CaCO₃ içeriğinin %97,6-98,2'si çözündürülüp, %95 grafitik karbon tenörlü konsantreler üretilibilmıştır. Liç işlemindeki asit tüketimi doğal olarak, ön konsantrenin CaCO₃ içeriğine göre artmaktadır. Bu nedenle CaCO₃ içeriği çok fazla olmayan flotasyon ön konsantrelerinin Hidroklorik asit liçi ile saflaştırılması söz konusu olabilir.

Bu çalışmada safsızlık olarak fazla miktarda CaCO₃ içeren grafit konsantrelerinin saflaştırılmasında; asit tüketimini dolayısıyla işlem malyetini azaltmak için; karıştırmalı hidroklorik asit liçi ile flotasyon işlemi kombine olarak uygulanmıştır. Grafit mineralinin

aşırı derişik asidik ortamda yüzebilmesi bu işleme olanak sağlamaktadır. "Liç destekli flotasyon işlemi" veya "aşırı derişik asidik ortamda flotasyon" olarak adlandırılabilen bu işlemde gangın bir kısmı çözündürülmeden flotasyon artlığında atılabilmektedir. Bu tip cevherlere örnek kabul edilebilecek Altıntaş/Oysu-grafit ön konsantresinin aşırı derişik asidik ortamda flotasyonunda, ön konsantrenin CaCO₃ içeriğinin %30-35'i ve silikatik gang içeriğinin %35-40'i artıkta atılabilmıştır. Bu işlemde teorik hidroklorik asit gereksiniminin %70'i yeterli olmuştur. Ön konsantre aşırı derişik asidik ortamda flotasyonla temizlendiğinde; salt liç işlemine göre, teorik asit gereksiniminin %50'si kadar hidroklorik asitten tasarruf sağlanacaktır. %70-71 grafitik karbon

tenörlü ön konsantreden %83–85 karbon verimiyile, %95–95,5 grafitik karbon tenörlü nihai konsantrasyonlu üretilmekteydi.

5. KAYNAKLAR

Adams, W.T., 1975, *Graphite , Mineral Facts and Problems, Bureau of Mines United States Department of the Interior, Bülten Number 657, pp. 455-467.*

Akar, A., Çilingir, Y., Köktürk, M., Aytekin, Y., 1986, *Grafit Zenginleştirmesinin Dünyadaki ve Türkiye'deki Önemi, I. Uluslar arası Cevher Hazırlama Sempozyumu-İzmir, S.686-711 .*

Aytekin, Y., Kemal, M., Akar, A., Çilingir, Y., Köktürk, U., Erbakan, S., Arslan, Ü.A., 1986 *Kütahya-Altıntaş/ Oysu Grafitinin Tesis Çapta*

Zenginleştirme Üretimi Denemeleri, D.E.Ü. Müh.-Mim. Fak. Maden Müh. Böl. D.S.-Araştırma Projesi İzmir Aralık 1986.

Gugerly, H.P., 1973. *Graphit als Kokillenwerkstoff, Erz Metal, Band 26, H.2 , S. 93–97*

Harries-Rees, K., 1993. *Graphite Prices Flaking a Way, Industrial Minerals February, S. 27-45.*

Noyan, E., 1983. *Doğal Grafit, Zenginleştirilmesi, Kullanımı Ve Grafit Ürünlerinin Yapısı, T.M.M.O.B. Metalurji Mühendisleri Odası Yayınu, Metalurji Sayı 29, S.24 – 38.*

Riddle, M.H., Kenan, M. W., 1995, *Natural and Synthetic Graphite Powders a Minor Mineral With Major Importance, Industrial Minerals- Nowember, S.61 - 65.*

SIMULATION OF LOCKED CYCLE FLOTATION TESTS**Emin Cafer ÇİLEK***S.Demirel Univ., Mining Engineering Dept., Isparta /Turkey*

ABSTRACT: In this paper, a simple simulation method which can be used to predict locked cycle flotation test results, have been presented. The method uses solution of the matrix notation of the mass balance equations at the steady state for a given flotation circuit. In order to determine optimum flotation circuit, a locked cycle test has been conducted to experimentally simulate a continuous flotation process. The locked cycle flotation tests have some difficulties. Therefore, a simple and flexible calculation method has been developed to simulate locked cycle flotation test without experimental study and, it can be used to predict locked cycle test results. To explain simulation method, laboratory batch and locked cycle tests were conducted and, observed and predicted results were compared. In addition, data reproduced from the literature were used to compare observed and predicted results. As a result, it was found that there is a good agreement between results obtained from the locked cycle test and predicting method. It indicated that there was a better agreement between predicted and observed results with a negligible differences when the results obtained from second cycle of the locked cycle test were used in the method in spite of the results of first cycle of the locked cycle flotation test.

KAPALI DEVRE FLOTASYON DENEYLERİNİN SİMULASYONU

ÖZET: Bu makalede, kapalı devre flotasyon deney sonuçlarının tahminiinde kullanılabilen basit bir simülasyon yöntemi sunulmuştur. Yöntem, verilen bir flotasyon devresinde denge şartlarında oluşturulan kütle balansı denklemlerinin matris çözümlemesini kullanarak hesaplama yapmaktadır. Optimum flotasyon devresinin belirlenmesi için sürekli flotasyon sürecini simüle eden kapalı devre flotasyon deneyleri yapılmak zorundadır. Ancak, bu deneyler bazı güçlükler de içerirler. Bu sebeple, kapalı devre flotasyon deneyleri sonuçlarını tahmin etmekte kullanılabilen ve deneysel çalışma yapılmaksızın kapalı devre deneylerini simülasyonunu sağlayacak basit ve uyarlanabilir bir yöntem geliştirilmiştir. Yöntemin açıklanması için, laboratuvar ölçekte kesikli ve kapalı devre flotasyon deneyleri yapılmış ve buradan alınan sonuçlar ile simülasyon sonuçları karşılaştırılmıştır. Bununla birlikte, konuya ilgili literatürden kapalı devre deney sonuçları da bu karşılaştırma için kullanılmıştır. Sonuç olarak,

kapalı devre deney sonuçları ile yöntemle belirlenen sonuçlar arasında iyi bir uyum olduğu belirlenmiştir. Buna ilave olarak, eğer kapalı devre deneylerinin ikinci periyodundan elde edilen sonuçlar ilk periyottan elde edilen sonuçlar yerine kullanılırsa, deneysel verilerle simülasyon sonuçları arasında ihmäl edilebilir bir farkla daha uyumlu sonuçların alındığı da belirtilmelidir.

1. INTRODUCTION

Determination of the distribution of the mass, grade and pulp flowrate in each stage, are very important for developing of the optimum flotation circuit. In order to develop a flotation circuit and determine operating conditions in steady state, locked cycle flotation tests must be conducted (Macdonald and Brison, 1962; Barber, et al., 1986; Macdonald, et al., 1986; Wills, 1992). As it is known that locked cycle test is a series of repetitive batch tests are carried out on the laboratory-scale apparatus. During the tests, the middlings have been produced in previous cycle and, they are added to the subsequent cycle. For each stage of the flotation circuit, determination of the mass flowrate and grade are supplied to find the answers of following questions:

- amounts and grades of the middlings recirculated and their effect on product quality,
- optimum flotation flowsheet,
- proper sizing and selection of the equipments.

During the locked cycle tests, steady

state must be reached for satisfactory data. Although the locked cycle tests are very suitable for developing of a flotation circuit, they have some difficulties: Locked cycle tests are time-consuming and middlings are produced and amount of middlings are increased in each cycle. During the tests, if a steady state has not been obtained, satisfactory data have not been collected (Agar and Kippi, 1978; Barber, et al., 1986; Macdonald, et al., 1986; Nishimura, et al., 1989; Akdemir and Atalay, 1992).

2. METHOD

In a continuous flotation process, final concentrate and final tailings are taken from the circuit and middlings are recirculated to the suitable stage of the circuit. In order to simulate a continuous flotation process experimentally the locked cycle test is conducted. As it is seen that in Figure 1, previous cycle of the locked cycle flotation test (LCT) is produced middlings for subsequent cycle and, they are fed into the suitable stages in subsequent cycle. These operations are repeated to reach a steady state as it is in a continuous flotation process.

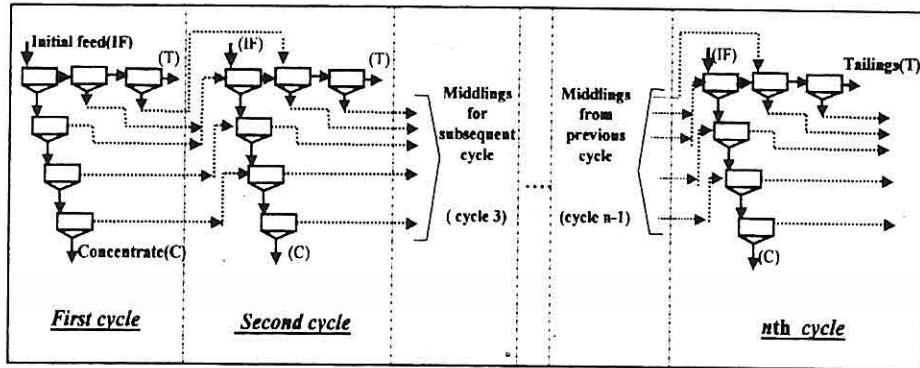


Figure 1. Flowsheet for a locked cycle flotation test which can be conducted to obtain data of a continuous flotation circuit.

In order to define the method of simulation, it is necessary to give mass balance equations describing any circuit. Flowsheet for a LCT given in Figure 1, is conducted to experimentally simulate a six stages flotation circuit. Node form of this circuit composed of junctions and flotation stages (i), connected by streams (or products), M_{ij} , is developed as shown in Figure 2.

It is clear that mass of rougher feed equals to mass of initial feed and, there is no middlings feed into other flotation stages (scavengers and cleaners) in the first cycle of LCT. Consequently, each stage of the first cycle can be described following general mass and metal balance equations:

$$F'_1 = M_{i1} + M_{i2} \quad (1)$$

$$F'_f_1 = M_{i1}G_{i1} + M_{i2}G_{i2} \quad (2)$$

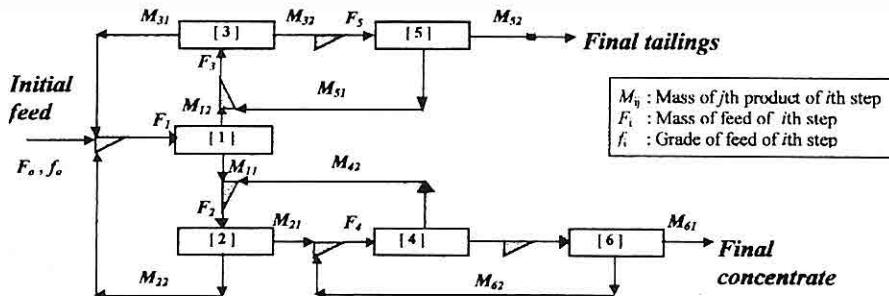


Figure 2. A continuous flotation circuit or network. Type of the circuit is determined according to the locked cycle test given in Figure 1 (where cleaner stages represented by even numbers greater than 0, scavenger stages represented by odd numbers greater than 1, rougher stage is represented by 1).

Following mass balance equations can be written for each junction of the circuit in the second to nth cycles:

$$F'_1 - F'_2(1-R'_2) - F'_3R'_3 = 1 \quad (3)$$

$$F'_2 - F'_1R'_1 - F'_4(1-R'_4) = 0 \quad (4)$$

$$F'_3 - F'_1(1-R'_1) - F'_5R'_5 = 0 \quad (5)$$

$$F'_4 - F'_2R'_2 - F'_6(1-R'_6) = 0 \quad (6)$$

$$F'_5 - F'_3(1-R'_3) = 0 \quad (7)$$

$$F'_6 - F'_4R'_4 = 0 \quad (8)$$

$$F'_5(1-R'_5) - F'_6R'_6 = 1 \quad (9)$$

where F'_i and R'_i ($i > 0$) are mass flowrate of feed and the mass recovery of ith step, respectively. In Eqs. (3) to (9), terms of R''_i and F''_i can be written in spite of the terms of R'_i and F' and, the valuable mineral contents of the products of the circuits can be calculated. R''_i and F''_i are the valuable mineral recovery and content of ith feed Eqs.(1) and (2) can be used for each stage in second to nth cycles. It is seen that both the circuit and all cycles of LCT excepting first can be described same mass and metal balance equations. Following auxiliary equations can be used to quantify the products and other data:

If product is a concentrate ($j=1$), mass flowrate of the concentrate is:

$$M_{i1} = F'R'_i \quad (10)$$

Grade of the concentrate is:

$$G_{i1} = R''_i f_i / R'_i \quad (11)$$

Similarly, if product is a tailing ($j=2$), mass flowrate of tailing is:

$$M_{i2} = F'_i(1-R'_i) \quad (12)$$

and, grade of tailing is:

$$G_{i2} = F'_i(1-R''_i) / (1-R'_i) \quad (13)$$

where G_{ij} is grade of jth product leaving from ith step, and f_i ($i > 0$) is grade of feed of ith step.

$$R'_i = F'_i / C_i \quad (14)$$

$$R''_i = 100(M_{i1}G_{i1}) (F'_i f_i)^{-1} \quad (15)$$

In order to simulate LCT which is a series of repetitive batch tests, following data must be produced from first cycle of LCT:

- Ratio of concentration of each stage(i),
- Valuable recovery of each stage(i),
- Mass and grade of initial feed (F_o, f_o)

and, Eqs.(3) to (8) can be rewritten in a matrix notation given as below:

$$\begin{pmatrix} 1 & R_2-1 & -R_3 & 0 & 0 & 0 \\ -R_1 & 1 & 0 & R_4-1 & 0 & 0 \\ R_1-1 & 0 & 1 & 0 & -R_5 & 0 \\ 0 & -R_2 & 0 & 1 & 0 & -R_6 \\ 0 & 0 & R_3-1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -R_4 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F'_1 \\ F'_2 \\ F'_3 \\ F'_4 \\ F'_5 \\ F'_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

This matrix can easily be solved and the mass flowrate and grade of each node and junction in the circuit can be calculated by using Eqs.(10) to 15. Because of the mass balance equations which are used in the method, can easily be written according to stages of any flotation circuit, this method is flexible for all type of flotation circuit to be

developed for concentration of any ore. In addition, both bulk and selective flotation circuits can easily be simulated in this method. Results of this method are produced by using data of each valuable mineral in bulk flotation circuit simulation. In a selective flotation circuit simulation, data for first mineral to be floated, are used for simulation and then, data for second mineral to be floated, are used in the simulation. In this case, tailings of first circuit (simulation) is fed into the second mineral circuits.

3.EXAMPLES AND APPLICATIONS

In order to produce data for application of the method, experimental studies were conducted and, experimental results are compared with the predicted results. In addition, data of some LCT are reproduced from previous researches (Agar and Kippki, 1978; Macdonald and Brison, 1962). Table 1 shows that results of typical LCT conducted for a rougher-cleaner circuit. These data are taken from the previous study (Macdonald and Brison, 1962).

First cycle results of these data were used in the method and results are given in Table 2. According to Table 1, mass flowrate and grade of all products are changed cycle to cycle. It was indicated that differences between results of first cycle and results of second cycle are significant. As it was known that streams (or middlings) recycled have slowly floating particles and they have not same properties with initial feed. As it is known that to obtain high recovery and grade from the flotation process, sufficient degree of liberation of valuable minerals from gang minerals must be obtained. If the middlings have unliberated particles, they must be reground. The flotation rate is influenced by not only degree of liberation, particle size and bubble size, but also interactively surface properties of particles and chemical composition of the pulp. Consequently, change of composition of feed material is directly affected to the flotation kinetic. Therefore, recovery and ratio of concentration of each step are changed in

Table 1. Results of a typical locked cycle flotation test for a rougher-cleaner flotation circuit.

Cycle Number	Cleaner Concentrates		Rougher Concentrates		Cleaner Tailings		Rougher Tailings		Ratio of concentration		The valuable mineral recovery(%)	
	Weight (%)	Grade (Cu%)	Weight (%)	Grade (Cu%)	Weight (%)	Grade (Cu%)	Weight (%)	Grade (Cu%)	Z ₁	Z ₂	R ₁	R ₂
1	5.953	15.75	26.87	4.99	20.92	1.93	73.132	0.08	3.722	4.513	95.76	69.94
2	9.284	13.20	33.594	5.08	24.31	1.98	87.325	0.11	3.599	3.618	94.67	71.81
3	10.467	12.05	35.207	4.99	24.74	2.01	89.099	0.14	3.531	3.364	93.37	71.79
4	11.236	10.95	34.856	5.03	23.62	2.21	88.888	0.16	3.550	3.102	92.50	70.17
5	10.94	11.05	36.88	4.91	25.94	2.32	86.734	0.14	3.352	3.371	93.72	66.76
6	11.118	11.00	39.208	4.82	28.09	2.34	86.734	0.14	3.212	3.527	93.96	64.71
7	11.532	10.90	40.452	4.79	28.29	2.40	88.311	0.14	3.183	3.508	94.00	64.93

each cycle of LCT.

As it was described in previous section, the method uses the mass recovery and the valuable mineral recovery of each stage. A comparison of the results of LCT and the simulation method indicated that because of the mass recovery and the valuable mineral recovery of each stage are not equal to continuous process or LCT, there are significant differences between results of the method and observed results. Therefore, the mass recovery and the valuable mineral recovery of the flotation stages of LCT must be predicted to obtain satisfactory results from the method.

Table 2. Results obtained from the method based on data given in Table 1.

Products	Weight (%)	Grade (Cu %)
Cleaner concentrate	7.528	17.490
Rougher concentrate	33.972	5.541
Cleaner tailings	26.444	2.139
Rougher tailings	92.471	0.09

As it is seen that in Table 1, results of the second cycle of LCT are better agreement with results of seventh cycle of LCT than first cycle of LCT. Therefore, it is decided to use results of second cycle of LCT in order to obtain results which are good agreement with results of LCT from the method. For a comparison, results obtained from these calculations and LCT results are given in Figure 3. When results of first cycle of

202

LCT are used to predict LCT results, simulation is named as PBD and, when second cycle data of LCT are used to predict LCT results, simulation is named as PCD in this paper. Another example for validity of PCD simulation method, a locked cycle flotation test were conducted. A sphalerite ore was used in the experiments. The ore is contained 7.6 % Zn and, other major minerals are quartz, galena and pyrite. Rougher-scavenger-cleaner system was used in the experiments.

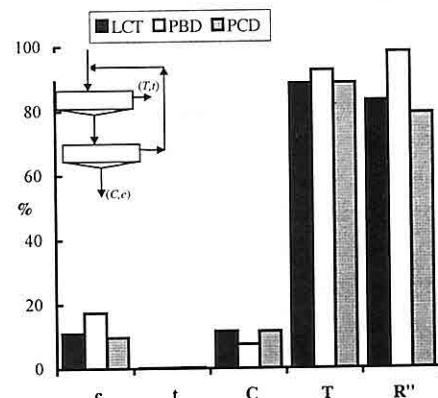


Figure 3. Comparison of predicted results with results of LCT conducted for a rougher scavenger circuit (where R'' represents recovery of the circuit, T, t and C, c represent masses and grades of the final products).

As it was described, first and second cycle data are used in PBD and PCD simulations, respectively. Predicted and observed results of final concentrate and

final tailing are given in Figure 4, and there are negligible differences between results of LCT and PCD simulation. It is clear that data of second cycle of LCT are useful for predicting of LCT results. Following example is for a rougher-cleaner-recleaner circuit. These data are reproduced from the previous study (Agar and Kipkie, 1978). In these data, there are no results of second cycle. But results of second cycle are predicted according to procedure of PCD

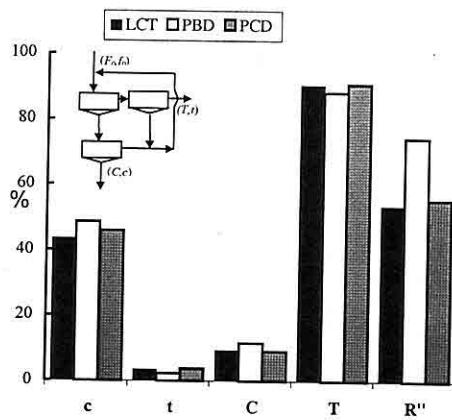


Figure 4. Comparison of predicted results with results of LCT conducted for a rougher-scavenger-cleaner circuit.

results obtained from PBD and PCD simulations are given in Figure 5.

The present simulations to predict locked cycle test results have some difficulties: In order to calculate mass flowrate and grade of each product of each stage, mass balance equations must be written and recast in matrix notation

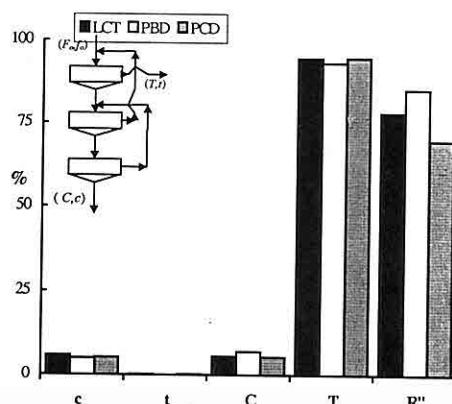


Figure 5. Comparison of predicted results with results of LCT conducted for a rougher-cleaner-recleaner circuit.

for each type of flotation circuit. In addition to this, number of the equations are increased by increasing the number of the stages in a given complex circuit and calculations can be tedious. Consequently, a computer program was written to calculate mass flow rate and grade of each product of each step and it is named as *Presim*. The algorithm of the program *Presim* will be described in subsequent section with an example.

4. SPECIAL APPLICATION OF COMPUTERISED VERSION OF THE METHOD

Following example is conducted to produce data can be used in the program *Presim*. The flotation tests were conducted for enrichment of a copper ore has 1.27 % Cu and 80 % SiO₂. In both locked cycle flotation test (six cycles)

and batch flotation test were conducted in same flotation conditions such as pulp pH, pulp density, type and amounts of the reagents (collector, regulators, frother, etc.). LCT was conducted for a rougher, scavenger, cleaner and recleaner circuit. The results obtained from these tests are given in Table 3. First cycle and second cycle data are used to predict LCT results in PCD simulation by means of the program *Presim* which uses user interfaces for inputting and outputting data with a flowsheet of the circuit. The steps followed to compute mass flow rate and grade of each product leaving from each step of the circuit in the program *Presim*:

1. Input the numbers of the cleaner (0-5) and scavenger (0-4) stages of the

circuit :

According to Table 4 , numbers of the cleaner and scavenger stages are 2 and 1, respectively.

2. Input data obtained from first cycle of LCT (Z_i , R''_i , and f_0): Z_i and R''_i of first cycle of LCT are given in Table 4. Grade of initial feed is 1.27 % Cu.

3. Solve the matrix and calculate the mass and grade of each stream according to initial feed.

4. Display and /or print output data (As it is given in Table 5)

Output data of the program *Presim* are given in Table 5 with together flowsheet of the circuit. The program *Presim* have been written to calculate for mass and

Table 3. Results of first, second and sixth cycle of LCT.

Number of cycle	Stage(i) Products	Rougher(1)		Scavenger(3)		Cleaner(2)		Recleaner(4)	
		Weight (%)	Grade (Cu %)	Weight (%)	Grade (Cu %)	Weight (%)	Grade (Cu %)	Weight (%)	Grade (Cu %)
		17.77	6.0	11.24	1.27	58.45	9.52	45.54	14.95
1	Concentrate	82.23	0.25	88.76	0.12	41.55	1.04	54.46	4.98
	Tailing								
2	Concentrate	16.13	6.24	12.26	1.29	61.23	9.42	51.51	13.02
	Tailing	83.87	0.31	87.74	0.18	38.77	1.58	48.49	5.60
6	Concentrate	16.17	6.93	13.11	1.27	61.16	10.46	62.01	11.73
	Tailing	83.83	0.40	86.99	0.26	38.84	2.23	37.99	8.40

Table 4. Data derived from results of first, second and sixth cycle of LCT.

Number of cycle	Z_1	R''_1	Z_3	R''_3	Z_4	R''_4
1	5.63	83.84	8.89	57.27	1.71	92.79
2	6.20	80.40	8.16	51.02	1.63	90.40
6	6.18	71.39	7.63	41.62	1.64	87.97

grade of products which will be produced from several structures of the flotation circuit, as it was seen that in Figures 2 to 6.

These structures of the circuit have been displayed and, according to the structure, calculations have been done in the program *Presim*. Data obtained from Table 4 have been used to predicting

Table 5. According to Table 4 and 5, PCD simulation results obtained from the program *Presim*.

Products	Weight (%)	Grade (Cu %)	Distribution (Cu %)
M ₁₁	20.02	6.56	103.41
M ₁₂	103.73	0.17	13.89
F ₁	123.75	1.204	117.30
M ₂₁	15.88	10.56	132.04
M ₂₂	10.16	1.43	11.44
M ₃₁	13.60	0.53	5.68
M ₃₂ (T)	90.14	0.113	8.02
M ₄₁ (C)	9.86	11.85	91.98
M ₄₂	6.02	8.46	40.10

locked cycle test results by the program *Presim*. Results of LCT and predicted results obtained from the program *Presim* are shown in the Figure 6.

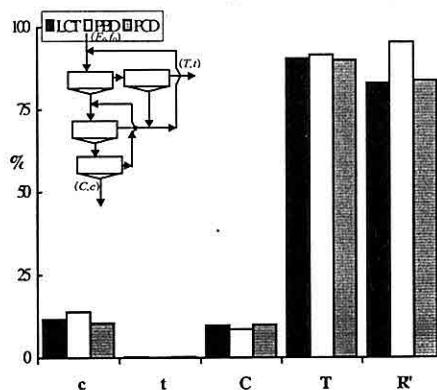


Figure 6. Comparison of predicted results with results of LCT conducted for a rougher – scavenger – cleaner -recleaner circuit.

As it is seen that in Figure 6, predicted results obtained from PCD simulation are in good agreement with observed results.

5. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

A simple simulation method, which can be used to predict the LCT results for developing an optimum flotation circuit, has been presented. As the ratio of concentration and recovery of each stage can be determined for all valuable component of the feed material, the method must be applied for each component of the feed. When the program *Presim* is used, the LCT results can easily be predicted. Because of the continuous flotation results are good agreement with locked cycle test results, the LCT is required for development of an optimum flotation circuit. $\pm 19.2\%$ and $\pm 4\%$ average error of the predicted results are obtained from the method by using the first cycle and second cycle results of the LCT, respectively. It must be indicated that in order to obtain good agreement between the LCT results and predicted results, when the first and second cycle data must sensitively be determined. Particularly, better agreement between the predicted and observed results is directly related with data of second cycle. In addition, if the middlings have unliberated particles, they are led to decrease flotation rate in second cycle. Therefore, prior to the LCT, degree of liberation of valuable minerals or suitable primary mesh of comminution is sensitively determined. Thus, results to be obtained from the method will be satisfied.

As it is known that the LCT is conducted for a certain circuit structure.

But there are always alternatives for the structures of circuits which can be used for flotation of an ore. Therefore, for all types of flotation circuit, the method is permitted to batch tests can easily be conducted and data obtained from these tests are used to predict locked cycle flotation test results. Thus, it is possible to compare results obtained from locked cycle test based on circuit structures by using predicted results.

6. REFERENCES

- Agar, G .E. and Kipkie, W .B., 1978, *Predicting locked cycle flotation results from batch data*, CIM, Vol.71, 119-125.
- Akdemir, Ü. and Atalay, Ü., 1992, *Prediction of Locked cycle Flotation Test Results From Batch Data for Kutlular Copper Ore*, *Proceedings of 4th International Mineral Processing Symposium*,Vol.1, 20-23 Oct., Antalya, Turkey
- Barbery, G., Bourassa. M. and Maachar, R.,1986, *Laboratory Testing For Flotation Circuit Design, Desing and Installation of Concentration and Dewatering Circuits*, SME, Colorado, 493-515.
- Macdonald, R. D. and Brison, R. J., 1962, *Applied research in flotation, Froth Flotation 50th Anniversary Volume*, AIMME, New York, 298-328.
- Macdonald, R., D., Hellyer, W., C and Harper, R. ,W.,1986, *Process Development Testing*, In: Ed. Weiss, N., L., *Mineral Processing Handbook*, SME, New York, 30-116.
- Nishimura, S., Hirosue, H., Shobu, K. and Jinnai, K.,1989, *Analytical evaluation of locked cycle flotation tests*, IJMP,Vol.27, 39-50.
- Wills, B. A.,1992, *Mineral Processing Technology*, 5th Edn., Pergamon Press, Oxford. 526-533 .

**RECOVERY OF BARITE FROM BASER CO. BARITE PROCESSING
PLANT SLIMES BY USING MGS**

Vedat DENİZ

S.D.Ü., Department of Mining Engineering, Isparta/Turkey

ABSTRACT: *The Mozley Multi-Gravity-Separator (MGS) is a novel technique for separation of minerals by gravity at fine particle size.*

Barite Processing Plant of Baser Corporation is one of the biggest barite plant in Turkey. Approximately 80 000 tones raw barite ore are treated every year in this plant. Tailings (Slimes) are stored in a heap close to the plant. The quantity of heap is about 200 000 tones with BaSO₄ content 38.30%, and the quantity of less than 0.1 mm fraction is 89%.

The aim of this study is to obtain high grade barite concentrates from low grade and fine particle slime using MGS. For this purpose, the effects of drum speed, tilt angle, pulp density of the feed slurry and amount of washwater, were investigated to obtain optimum conditions.

As a result of the tests, the concentrate of barite was obtained with a high recovery from the slime which has a grade of 38.30% BaSO₄.

**BAŞER BARİT ZENGİNLEŞTİRME TESİSİ ŞLAMLARINDAN MGS İLE
BARİTİN KAZANILMASI**

ÖZET: *Mozley Multi-Gravity ayırcısı (MGS), ince boyutlu malzemelerin gravite ile ayrılması için yeni geliştirilen bir yöntemdir.*

Baser Barit zenginleştirme tesisi Türkiye'nin en büyük barit tesislerinden biridir. Yaklaşık her yıl 80 000 ton ham barit cevheri zenginleştirme tesisinde değerlendirilmektedir. Bu tesisin artıkları (şamları) bir stok havuzda toplanmaktadır. Yaklaşık 200 000 ton olan şlam stoğu, %38.30 BaSO₄ tenörlü olup 0.1 mm'ın altına % 89'u geçmektedir.

Bu çalışmanın amacı, MGS ile düşük tenörlü ve ince boyutlu şamlardan yüksek tenörlü barit konsantresi kazanmaktır. Bu amaçla, cihazın tambur hızı, çalışma eğimi, pulp katı oranı ve yıkama suyunun optimum şartlar açısından etkisi araştırılmıştır.

Testler sonucunda, %38.30 BaSO₄ tenörlü şamlardan yüksek randiman ile arzu edilen tenörlü baritin kazanılabileceği ortaya çıkmıştır.

1. INTRODUCTION

In the concentration of barite ores, gravity methods are commonly used in most of concentration plants. In the coarse size, sorting, jiggling etc. are applied and in the fine sizes (2–0.1 mm) shaking tables, spirals, and cones are applied. Flotation method is used in fine sizes (-100 microns).

In Turkey, when the barite ores are concentrated by jiggling, less than 0.1 mm of barite slimes may not be evaluated economically and disposed into the tailing heaps. Slimes cannot effectively be concentrated by shaking tables or economical recoveries can not be obtained in this method. On the other hand, high recoveries may be observed in froth flotation method. However, during the flotation, some reagents are deleterious due to the hazardous impurities.

The loss of fines from different gravity plants in the World reaches millions of tons. MGS is very useful for an alternative solution. However, lab-scale results have to be checked with industrial-scale results for better interpretation (Aslan & Canbazoglu, 1996). Barite fines should be evaluated and they are concentrated in high recoveries. Consequently, fine sizes of barite ores can be concentrated by MGS.

The aim of this study is to determine

the effects of the MGS operating factors on BaSO₄ grade and the recovery from the Barite slimes.

2. METHOD AND MATERIAL

2.1. Multi-Gravity-Separator (MGS)

MGS is suitable for the treatment of fines and ultra fines with a maximum particle size of approximately 500 microns and lower limit of approximately 1 micron (Chan & Mozley, 1987).

The MGS consists basically of a slightly tapered open ended drum that rotates in a clockwise direction and is shaken sinusoidally in an axial direction. Inside the drum is a scraper assembly which rotates in the same direction but at a slightly faster speed. Feed slurry is introduced continuously midway onto the internal surface of the drum via an accelerator ring launder. Washwater is added via a similar launder positioned near the open end of the drum. As a result of the high centrifugal forces and the added shearing effect of the shake, the dense particles migrate through the slurry film to form a semisolid layer against the wall of the drum. This dense layer is conveyed by the scrapers towards the open end of the drum where it discharges into the concentrate launder. The less dense minerals are carried by flow of washwater downstream to the rear of the drum to discharge via slots

*RECOVERY OF BARITE FROM BASER CO. BARITE PROCESSING PLANT SLIMES BY
USING MGS*

into the tailings launder (Chan & Mozley, 1987).

In recent applications, fine size tailings (slimes) were effectively concentrated by using MGS. Especially, MGS was applied in fine chromite tailings (Deniz, 1992; Üçbaş & Özdağ, 1994; Sönmez & Turgut, 1997; Çicek et al, 1998), desulphurization from lignite (Göktepe et al, 1996) and celestite tailings (Aslan & Canbazoglu, 1996).

A Pilot MGS of type C900 with a nominal capacity of 150 kg/h is used for the tests. The separator consists of an open ended drum measuring 500 mm in diameter and 600 mm in length. The MGS operating condition follow parameters affecting the efficiency of separation (Chan & Mozley, 1987);

The drum speed : 100 to 300 rpm.
Tilt angle : 0° to 9°
Shake amplitude : 10 / 15 / 20 mm
Shake frequency : 4.0 / 4.8 / 5.7 cps
Washwater flowrate : 0 to 10 l / min
Pulp density of the feed : 10% to 50%

2.2. Material

Tailings are located near Bašer Corporation in Şarkikaraağaç town of Isparta (Turkey). The heap in this area with the amount of 200 000 tons of slimes material was examined from the surface trough the 7 m of depth by rotary drilling. Rotary drilling samples were taken from the heap and were mixed as a represantive sample. This sample was

analysed for the distribution and BaSO₄ grade in each fraction. The result of the tests are given in Table 1.

2.3. Material Prepared for Tests

First, material with a grade of 38.30% BaSO₄ and 89% of lees than 0.1 mm fraction was prepared in a feed tank of volume of 80 m³. Later, material prepared was sent on the slime table and the MGS by use of a pump.

Table 1. Size distribution and fraction barite grades of slime tailings

Size Microns	Mass (%)	Grade (%) BaSO ₄	Distribution (%)
+ 250	6.60	19.15	3.30
+250	0.90	25.53	0.59
+212	0.65	26.81	0.45
+180	1.00	23.41	0.61
+150	0.72	29.79	0.56
+125	1.28	34.68	1.16
+106	6.92	41.70	7.53
+075	10.31	50.90	13.70
+053	9.75	60.21	15.33
+038	61.87	35.13	56.77
Total	100.00	38.30	100.00

3. EXPERIMENTAL RESULTS

3.1. Shaking Table

A study was carried out in plant-size in the shaking table before the MGS tests.

In the tests, operating variables were tilt angle, shake frequency and washwater flowrate. The result of studies showed that samples might not be

sufficiently by using a shaking table (Table 2).

The optimum operation parameters determined for concentration of fine barite ores are as follow;

Tilt angle	: 0,67°
Shake amplitude	: 15 mm
Shake frequency	: 360 rpm
Washwater flowrate	: 158 l/min
Pulp density of the feed slurry:	20%
Flowrate rate	: 40 l/min

Table 2. Results of shaking table tests in the optimum conditions

Products	Mass (%)	BaSO ₄ (%)	Recovery (%)
Concentrate	4.72	90.76	11.19
Tailings	95.28	35.70	88.81
Feed	100.00	38.30	100.00

As a result of the table test, it appeared that using a shaking table was unsuitable due to a feed composition owing to 62% are in fines particles (slimes) under 38 microns.

3.2. Results of Tests by using MGS

A study based pilot-size tests was carried out in the MGS. The operating variables were pulp density, drum speed, washwater and tilt angle. Amplitude and frequency were kept constant.

Figure 1-4 shows the effect on BaSO₄ grade and recovery, respectively.

The pulp density of the feed is one the most critical factors in efficient operation, pulp density has a significant effect on heavy mineral recovery, and a

lesser effect on concentrate grade. If feed pulp density is too high, the viscosity of the pulp increases, decreasing the separation characteristics of very fine heavy mineral particles.

In Figure 1, an increase in the recovery and a decrease the BaSO₄ grade of concentrate with increasing feed pulp density. The experiments indicated that best results were obtained at feed pulp density of 25% solids by weight.

According to, Chan & Mozley, the lower rotational speeds are suitable for the separation of high-density mineral from density gangue. However, the higher rotational speeds are required for separating minerals with smaller density differences. Figure 2 shows a significant increase in the recovery and a decrease in the grade of the concentrate with an increase of drum rotation speed. The best grade and recovery were obtained at a drum speed of 190 rpm.

Figure 3 shows the effect on BaSO₄ grade and recovery, as the washwater flowrate is varied. An increase in the washwater flowrate cause a decrease in recovery and an increase in the BaSO₄ grade of concentrate under 7 l/min washwater rate, then decrease over 7 l/min. This explained by increasing effect onto very fine particle (-10 microns) of barite with washwater up to 7 l/min. The experiments indicated that best result were obtained at washwater of 7 l/min.

High tilt angles cause more material to discharge along the tailing side, low tilt angles produce the opposite effect. According to, Chan & Mozley, the angle used will depend on the nature of the

**RECOVERY OF BARITE FROM BASER CO. BARITE PROCESSING PLANT SLIMES BY
USING MGS**

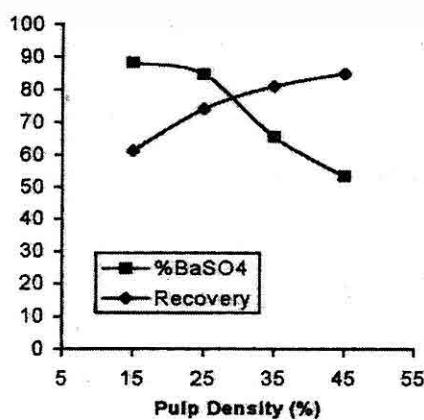


Figure 1. Relationship between pulp density, BaSO₄ grade of concentrate and recovery (Drum speed 160 rpm, tilt angle 5°, amplitude 15 mm, frequency 4.8 cps, washwater 4 l/min)

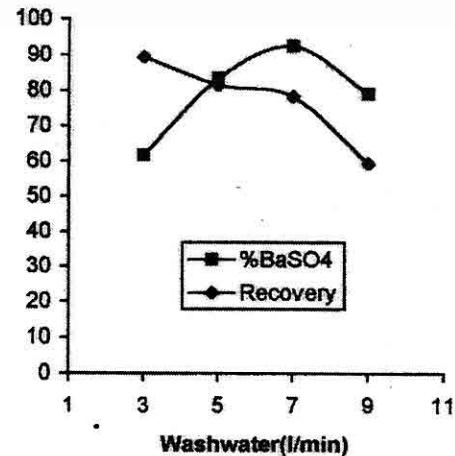


Figure 3. Relationship between washwater, BaSO₄ grade of concentrate and recovery (Drum speed 190 rpm, tilt angle 5°, amplitude 15 mm, frequency 4.8 cps, pulp density 25%).

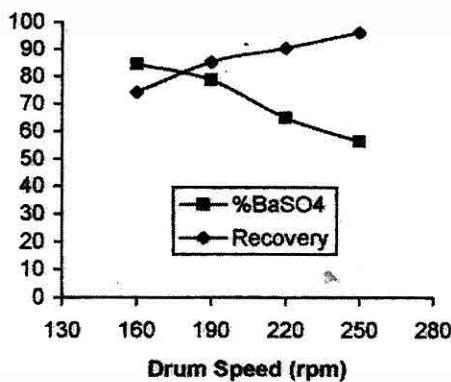


Figure 2. Relationship between drum speed, BaSO₄ grade of concentrate and recovery (Pulp density 25%, tilt angle 5°, amplitude 15 mm, frequency 4.8 cps, washwater 4 l/min)

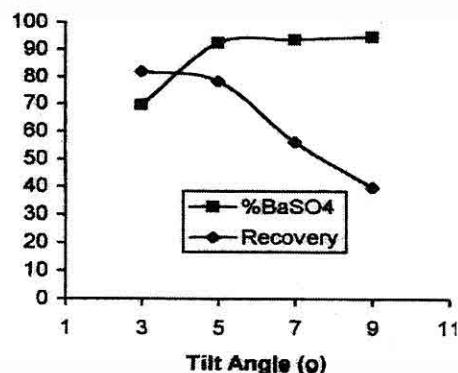


Figure 4. Relationship between tilt angle, BaSO₄ Grade of concentrate and recovery (Drum speed 190 rpm, amplitude 15 mm, frequency 4.8 cps, washwater 7 l/min, pulp density 25%).

mineral treated. Fine and/or low density mineral will require a smaller angle, coarse and /or high density mineral will require a large angle. Figure 4 shows the effect on BaSO₄ grade and recovery, as the tilt angle is varied. Increased tilt angle leads to higher grade but lower recovery. The experiments indicated that best results were obtained at an tilt angle of 5°.

4. CONCLUSIONS

Concentration of fine sized barite slimes by MGS is possible. The drum speed, tilt angle, washwater flowrate and pulp density have significant effects on the operation of the MGS.

The optimum operating parameters determined for concentration of barite slimes are as follow; drum speed of 190 rpm, tilt angle of 5, shake amplitude of 15 mm, shake frequency of 4 cps, washwater flowrate 7 l/min, and pulp density of 25% solid by weight.

As a result of the procedure followed to determine the optimum working conditions, the concentrate to be sold which includes 92.55% BaSO₄ was obtainable with 78.41% recovery for slime that has BaSO₄ grade of 38.30%.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to thank BAŞER Corporation for helpful support in the experimental work.

6. REFERENCES

Aslan, N. and Canbazoglu, M., 1996,

Processing of thickener underflow from celestite concentrator by Multi Gravity Separator, Changing Scopes in Mineral Processing, A.A. Balkema Publisher, Rotterdam, Netherland, 103 –106.

Chan, S.K. and Mozley, R.H., 1987, *Enhanced gravity Separator for Beneficiation of Fine and Ultra-Fines., Richard Mozley Limited, Cornwall, U.K.*

Çiçek, T., Cöcen, İ. and Salmanlı, S., 1998, *Gravimetric Concentration of Fine Chromite Tailings, Innovations in Mineral and Coal Processing, A.A. Balkema Publisher, Rotterdam, Netherland, 731 –739.*

Deniz, V., 1992, *Concentration of Chromite Ores at Yeşilova Region of Burdur (Turkey), M.Sc. thesis, Anadolu University, Eskişehir, Turkey.*

Göktepe, F., Pooley, F.D., Williams, K.P., Wise, G.J. and Trillo-Soto, R., 1996, *Coal Desulphurisation with the Mozley Multi - Gravity-Separator, Changing Scopes in Mineral Processing, A.A. Balkema Publisher, Rotterdam, Netherland, 97 –101.*

Sönmez, E. and Turgut, B., 1997, *Enrichment of Chromite Ore by Means of Multi-Gravity-Separator, 6th Balkan Conference on Mineral Processing, Vatra Dornei, Romania, 332-336.*

Üçbaş, Y. and Özdağ, H., 1994, *Relationships between shake frequency and amplitude in the concentration of chromite fines by Multi-Gravity Separator, Int. Progress in Mineral Processing Technology. A.A. Balkema Publisher, Rotterdam, Netherland, 71-76.*

DAĞYAKA KALKER OCAĞINDA UYGULANAN
KARE VE ŞEŞBEŞ DELİK DÜZENLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Özgür AKKOYUN

D.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır/Türkiye

Mustafa AYHAN

D.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır/Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada, açık maden işletmeciliğinde basamak kazalarında yaygın olarak kullanılan kare ve şeşbez delik düzenleri arazide aynı koşullarda patlatma karakteristikleri açısından karşılaştırılmıştır. Şeşbez düzende, aynı çalışma koşullarında bir delikten elde edilen üretim % 30 artmıştır. Bununla birlikte bu düzende; bir ton kalker için; ANFO tüketimi %23,17, dinamit tüketimi %23,66, kapsül tüketimi %23,69 ve patlayıcı madde maliyeti %23,23 azalmıştır. Bir ton kalker üretmek için yapılan toplam patlayıcı madde gideri %23,23 azalmıştır. Ayrıca şeşbez düzende delicinin delme noktalarına daha hızlı ve pratik ulaşmasını sağlayacak bir çalışma şekli önerilmiştir.

COMPARISON OF THE REGTANGULAR AND STAGGER BLASTING
PATTERNS
USED IN DAĞYAKA QUARRY MINE

ABSTRACT: In this study, blasting characteristics of rectangular and stagger blasting patterns which are more commonly used in excavation in open pit mining have been compared in the field under similar conditions. Production in one hole has increased by 30 % in stagger blasting pattern under similar working conditions. However, using this blasting pattern resulted, in a decrease of 23,17 % in ANFO consumption, 23,66 % in detonator consumption and 23,23 % in blasting material cost for 1 ton of limestone. Total blasting material cost has decreased by 23,23 % for production of 1 ton of limestone. In addition, a working system of rapid and practical transfer of the hole drilling machine to the blasting hole area in stagger pattern has been suggested.

1.GİRİŞ

Kayaçların kazılması, yüklenmesi, nakliyesi ve kırılması (özellikle birincil kırma) gibi açık maden işletmeciliğinin ana unsurları olan faaliyetlerin ekonomikliği ve verimliliği doğrudan doğruya delme-patlatma tasarımının niteliğine bağlıdır. Nitelikli bir patlatma ise; yukarıda sayılan ve açık işletmeciliği oluşturan faaliyetler için en uygun tane boyundaki malzemeyi, yer sarsıntısı, fırlayan kaya ve titreşim gibi çevre sorunları olmadan elde etmek ile mümkündür. Patlatmayı başarılı kılan iki temel faktör; her bir deliğe konulan optimum patlayıcı madde miktarı ve istenen parçalanma derecesini oluşturmak için seçilecek uygun delik düzeni olmaktadır. Başka bir deyişle basamak patlatmasının başarısı, optimum özgül şarj ve dilim kalınlığı gibi değişkenlere bağlıdır (Kahriman ve Arkadaşları, 1996).

Pratikte özgül şarj ve dilim kalınlığı parametrelerini doğrudan etkileyen birbirinden farklı delik düzenleri uygulanmaktadır. Açık maden ocaklarında basamak patlatmalarında; kare, şesbeş, ve İşveç delik düzenleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Kare düzende dilim kalınlıklarının, delikler arası mesafeye eşit olması ve deliklerin birbirinin arkasına gelmesi nedeniyle basamak içerisinde, patlayıcı madde dağılımı yeterli olmamakta ve iri parçalı malzeme ile turnak oluşumu olasılığı artmaktadır. Bu nedenle kare düzen, iri parça oluşumunun çok önemli olmadığı dekapaj işlemleri ile düşük dirençli kayaçların patlatılmasında

başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Bilgin, 1986).

Şesbeş delik düzende ise delikler bir eskenar üçgenin köşelerini oluşturacak şekilde delinirler. Bu düzende delikler arası mesafe, dilim kalınlığının %115'i ($S=1.15B$) değerinde olup patlayıcı maddenin basamak içinde daha iyi dağılımı söz konusudur. Ayrıca şesbeş delik düzende patlatma sonrası oluşan yiğinin tane dağılımı kare düzene göre yaklaşık %10 daha düzgün gerçekleşmektedir (Erdil ve Erkoç, 1995).

Bu yazında, bir kalker ocağında uygulanan kare ve şesbeş delik düzenlerinin, patlatma karakteristikleri açısından ayrıntılı karşılaştırması yapılmış, ayrıca şesbeş delik döneminin pratikte daha kolay ve hızlı uygulanabilmesi için bir delici makine hareketi yöntemi önerilmiştir.

2. İŞLETMENİN TANITIMI

Dağyaka İşletmesi; Set Ankara Çimento Fabrikası'na ait olup Ankara ili, Kazan İlçesi sınırları içinde bulunan Dağyaka ve Orhaniye (Minaris) köyleri arasında yer almaktadır. İşletme sahası, denizel ortamlı 40 milyon yaşlı kalsiyum karbonat sedimanlarından oluşmaktadır ve doğu-batı doğrultusunda kuzeybatıya 60° yitimli ana fay ve hakim çatlak sistemi sahayı ikiye bölmektedir. Bu süreksizlik sisteminden dolayı zaman zaman basamak ve yollarda duraylılık problemleri yaşanmaktadır.

Deniz seviyesinden ortalama 1050 metre yükseklikte ve bitki örtüsü yok

DAĞYAKA KALKER OCAĞINDA UYGULANAN KARE VE ŞEŞBEŞ DELİK DÜZENLERİİN KARŞILAŞTIRILMASI

denecek kadar az olan bölgede yazlar serin, kışlar soğuk ve yağışlı geçmektedir. İşletme çevresinin büyük bir kısmı tarım alanları ile kaplı olmasından dolayı basamakların güney-kuzey doğrultusunda ilerlemesi planlanmıştır. Ocakta üretim, ortalama yükseklikleri 9 metre olarak oluşturulan dört ana basamaktan gerçekleşmektedir. Ocak ile fabrika arası yaklaşık 30 km. olup bu yolun büyük bir kısmı asfalt kaplıdır.

Ocakta üretilen kalker, kırma işlemine tabi tutulmadan Çimento fabrikasında bulunan -60 cm çene açıklığına sahip primer kırcıya beslenmektedir. Fabrikadan gelen talebe bağlı olarak günlük üretim zaman zaman değişim gösterse de günlük ortalama üretim 2000-3000 ton civarında gerçekleşmektedir.

İşletmede delik delme işleminde kullanılmak üzere bir adet 89 mm çaplı lastik tekerlekli delici (vagon drill) ve bu makineye bağlı olarak çalışan 7 bar çalışma basınçlı hava üreten Atlas Copco kompresör mevcuttur. Ayrıca bir adet 102 mm çaplı paletli delici (truck drill) ve bu makineye bağlı olarak çalışan 9 bar çalışma basınçlı hava üreten Holmann kompresör mevcuttur. Yükleme işlemi bir adet yükleyici (Caterpillar-966), bir adet arkadan yükleme yapan paletli kazıcı- yükleyici (Caterpillar-325- Back-haul) ve bir adet yine arkadan yükleme yapan paletli kazıcı-yükleyici (Fiat-Hitachi - 400- Back - haul) ile yapılmaktadır. Taşıma ise taşeron firmanın 40 adet 26 ton kapasiteli kamyonları ile yapılmaktadır.

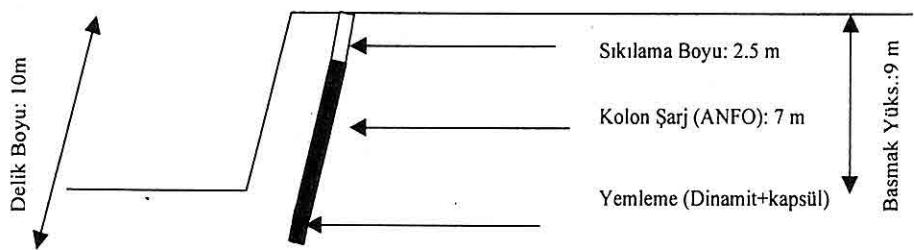
3. İŞLETMEDE UYGULANAN KARE VE ŞEŞBEŞ DÜZENLERİ KARŞILAŞTIRILMASI

3.1. Yöntem

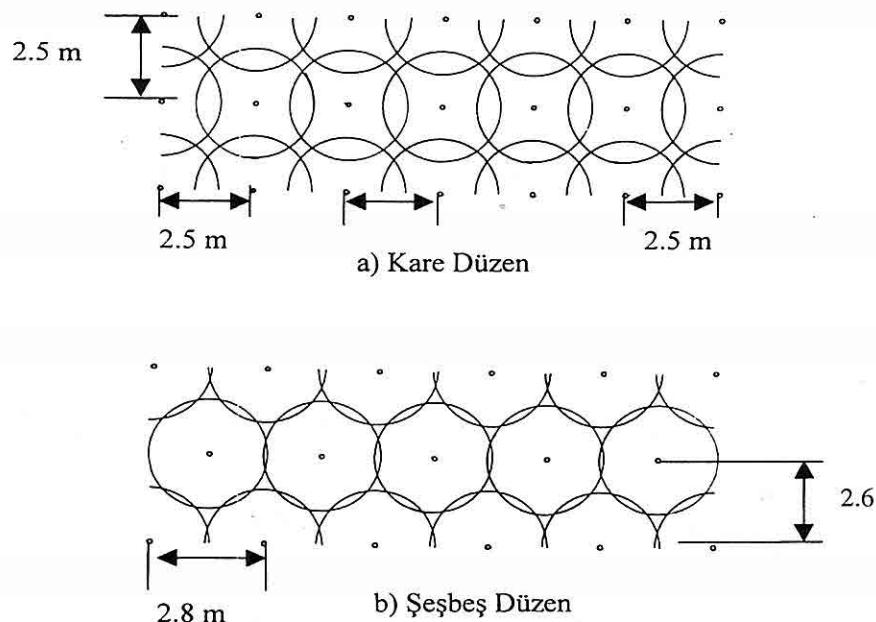
İşletme 1996 yılında faaliyete geçmiş olup, bu tarihten 1998 yılına kadar yapılan patlatmalarda kare düzen kullanılmıştır. Söz konusu dönemde günlük üretimin düşük olması (800-1000 ton) nedeniyle patlatma performansı ve delik düzeni mevcut idare tarafından fazla dikkate alınmamıştır. Bu dönemde işletmede sadece bir adet 89 mm çaplı lastik tekerlekli delici (vagon drill) makine mevcuttur. Günlük üretimin Ocak-1999'da talebe bağlı olarak 3500 ton'a çıkarılmasından sonra delme-patlatma daha büyük önem kazanmış ve 102 mm çaplı paletli delici (truck drill) makine alınarak makine parkı desteklenmiştir. İşletmede, 89 mm çaplı delikler için bir adet elektrikli kapsül ile ateşlenen ortalama 800 gr dinamit ve 45 kg ANFO, 102 mm çaplı delikler için ise 800 gr dinamit ve 55 kg ANFO kullanılmaktadır (Şekil 1).

Teorik olarak şeşbez düzende, delikler arası mesafenin daha fazla olması ve kullanılan patlayıcı maddenin patlatma sahasında daha düzenli dağılım göstermesi nedeniyle şeşbez düzenin kullanılmasına karar verilmiştir.

Ocakta kare düzende uygulanan delikler arası mesafe 2.5 m ve dilim kalınlığı 2.5 m iken şeşbez düzende delikler arası etkileşim ve parça boyutu dikkate alınmış ve yapılan deneme atımlarından sonra, söz konusu ocak şartlarında uygulamada en uygun delikler arası mesafe 2.8 m ve dilim kalınlığı 2.6 m' olarak belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 1. İşletmede kullanılan delik şarji



Şekil 2. Kare ve şeşbeş delik düzenleri

3.2. Kare ve Şeşbeş Delik Düzelerinin Karşılaştırılması

İki delme düzelerinden hangisinin daha verimli olduğunu belirlemek için aynı koşullarda ve iki dönemde her iki delme düzeni ayrı ayrı uygulanarak yapılan bu çalışmalardan ayrıntılı veriler elde edilmiştir. Aralık 1998 ve Şubat

1999 sonuna kadar uygulanan kare düzeleri ve Mart 1999 ile Eylül 1999 sonuna kadar uygulanan şeşbeş delik düzeleri ile ilgili olarak elde edilen veriler Tablo 1'de verilmiştir.

3.3. İki Delik Düzeli ile Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

Yapılan çalışmalar sonucunda alınan

**DAĞYAKA KALKER OCAĞINDA UYGULANAN KARE VE ŞEŞBEŞ DELİK
DÜZENLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Tablo 1. Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar

	üretim	anfo	dinamit	kapsül	anfo/ton	dinamit/ton	kapsül/ton	\$- anfo/ton	\$- dinamit/ton	\$- kapsül/ton
Ocak	75295	12950	270	263	0,172	0,004	0,00349	0,137	0,013	0,005
Şubat	56574	14265	345	317	0,252	0,006	0,00560	0,201	0,022	0,008
Mart	42551	15285	322	305	0,359	0,008	0,00717	0,287	0,027	0,010
Nisan	77902	15300	370	359	0,196	0,005	0,00461	0,157	0,017	0,006
Mayıs	73588	16500	377	343	0,224	0,005	0,00466	0,179	0,018	0,006
Haziran	51526	12200	245	258	0,237	0,005	0,00501	0,189	0,017	0,007
Temmuz	100701	16600	350	307	0,165	0,003	0,00305	0,132	0,012	0,004
Ağustos	98221	14650	330	305	0,149	0,003	0,00311	0,119	0,012	0,004
Eylül	84694	15850	323	313	0,187	0,004	0,00370	0,149	0,014	0,005

verilerden elde edilen patlatma karakteristikleri, karşılaştırmalı olarak Tablo 2'de verilmiştir.

Buna karşın şeşbeş delik delme döneminin uygulandığı sonraki altı ayda bir ton kalker için ortalama 193 gr.

Tablo 2. Kare ve şeşbeş düzenlerinin patlatma performansı ve üretim karakteristikleri

Parametreler	Kare	Şeşbeş
Üretim Süresi (Ay)	3	6
Toplam Üretim (Ton)	174.420	486.632
Patlatma Sayısı	21	35
Delik Sayısı	885	1.885
Toplam Anfo	42.500	91.100
Toplam Dinamit	937	1.995
Toplam Kapsül	885	1.885
Bir Delikten Elde Edilen Üretim (Ton)	197,1	258,2
Bir Patlatmadan Elde Edilen Üretim (Ton)	8305,7	13903,8
1 Ton Kalker İçin Kullanılan Anfo	0,2437	0,1872
1 Ton Kalker İçin Kullanılan Dinamit	0,0054	0,0041
1 Ton Kalker İçin Kullanılan Kapsül	0,0051	0,0039
Patlayıcı Gideri Anfo (\$/Ton)	0,1944	0,1494
Patlayıcı Gideri Dinamit (\$/Ton)	0,0193	0,0147
Patlayıcı Gideri Kapsül (\$/Ton)	0,0070	0,0054
Toplam Patlayıcı Gideri (\$/Ton)	0,2207	0,1694

Her iki tabloda sunulan bu verilere göre; kare delik delme düzenin kullanıldığı ocak-mart ayları arasındaki dönemde üretilen bir ton kalker için ortalama 261 gr. ANFO kullanılmıştır.

ANFO kullanılmıştır. Yine aynı periyotlar değerlendirildiğinde 1 ton kalker için ocak-mart ortalama dinamit tüketimi 5.8 gr. iken nisan-eylül ayları arasındaki dönemde bu miktar 4.2 gr.'a

düşmüştür. 1 adet kapsül ile kare delik delme düzeninin kullanıldığı ilk üç ayda ortalama 197 ton kalker üretilirken sonraki altı ayın ortalaması 258 ton değerine ulaşmıştır. Bir kg ANFO'nun fiyatının 0.7978 \$, dinamitin 3.598 \$ ve kapsülü 1.3877 \$ olduğu düşününlerek yapılan hesaplamalar sonucunda bir ton kalker üretimi için patlatma gideri ilk üç ayda ortalama 0.2207 iken sonraki altı ayda 0.1694 dolar olarak gerçekleşmiştir. Aradaki fark sadece 0.05143 dolar olarak görünse de aylık ortalama üretimi 80 000 ton olan ortalama bir işletme için bu fark yılda yaklaşık 50 000 \$ tasarruf anlamına gelmektedir. Ayrıca şeşbeş düzende delikler arası etkileşimin daha iyi olması nedeniyle patlatma sonrası oluşan yiğinin parça boyutunun daha düzenli bir dağılıma sahip olduğu gözlenmiştir. Uygulamada şeşbeş döneminin genelde daha verimli olduğu bilindiği halde, kare düzen daha fazla tercih edilmektedir. Bunun en önemli nedeni şeşbeş düzende delicinin delme noktalarına ulaşmasının daha zor ve zaman alıcı olmasıdır. Kare düzende delici makinenin delik sıraları arasında aynı pozisyonda sadece ileri-geri hareket yapması nedeniyle manevra işlemi ortadan kalkmaka ve bu durum operatör açısından büyük kolaylık sağlamsaktadır. Şeşbeş düzende ise iki sıra deliğinin konumlarının karedeki gibi aynı hat üzerinde olmamasından dolayı normal koşullarda manevra yapma zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

Bu düzende delicinin manevrasını ortadan kaldırmak için delici aynaya dik olarak değil de şeşbeş deliklerin kendi

arasındaki açıya bağlı olarak açılı olarak yanaştırılmıştır (delici makine ardışıklı sıra deliklerinin doğrultusunun ayna düzlemiyle yaptığı açıda konumlandırılmıştır). Delici makinenin bu açılı konumu şeşbeş düzende ardışıklı sıra deliklere delicinin ulaşması için tıpkı kare düzendeki gibi ileri-geri hareket yapmasıyla sağlanmıştır. İşletmede tasarlanan ve uygulanan bu yöntem ile normal şartlarda bir günde ortalama 7 delik delinirken, delici makinenin yeni hareket şekli ile çalışmasından sonra günde ortalama 8 delik delinmeye başlanmıştır (Şekil 3).

4. SONUÇ

Tablolardan da görüldüğü gibi, şeşbeş delik düzende deliklerin birbirlerine olan konumları, etkileşimleri ve delikler arası mesafenin daha fazla olmasından dolayı aşağıda özetlenerek sunulan olumlu sonuçlar elde edilmiştir;

- * Bir patlatma deliğinden elde edilen üretim %30 artmıştır.

- * Bir ton kalker için kullanılan ANFO miktarı %23.17 azalmıştır.

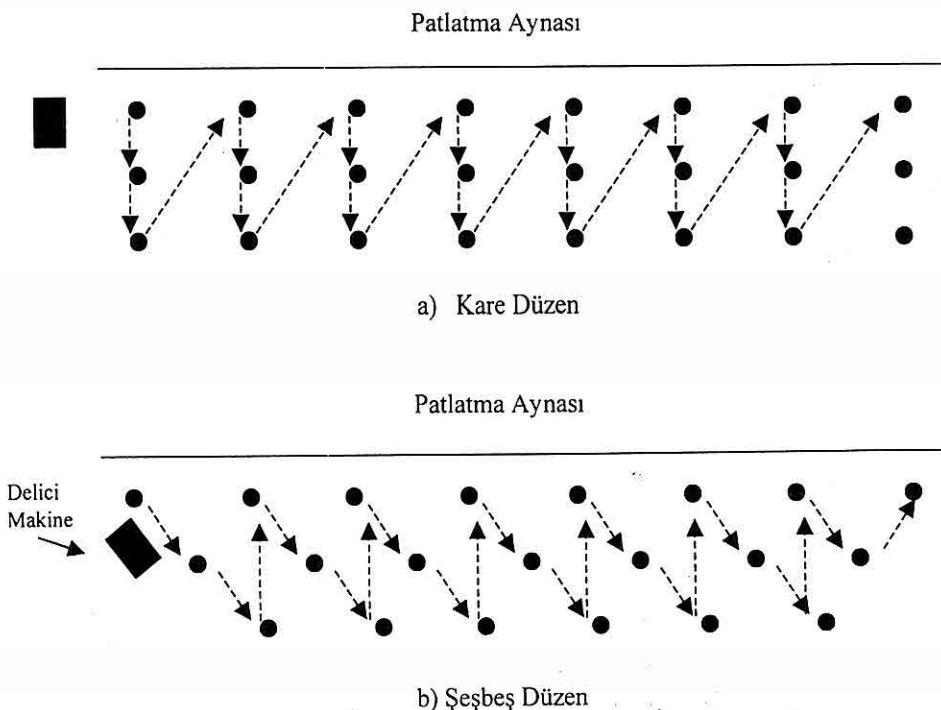
- * Bir ton kalker için kullanılan dinamit miktarı %23.69 azalmıştır.

- * Bir kapsül ile üretilen kalker miktarı %23.66 artmıştır.

- * Anfo, dinamit ve kapsül giderleri ortalama %23 azalmıştır.

- * Bir ton kalker üretmek için yapılan patlayıcı madde gideri %23.23 azalmıştır. Bu yaklaşık 0.05143 \$ değerine karşılık gelmektedir. Bir patlatmadan ortalama 11 000 ton kalkerin üretildiği ortalama bir işletmede sadece bir patlatmada 560

**DAĞYAKA KALKER OCAĞINDA UYGULANAN KARE VE ŞEŞBEŞ DELİK
DÜZENLERİİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**



Şekil 3. Delici makinenin delikler arasındaki hareketi

dolar tasarruf anlamına gelmektedir (Bir patlatmanın ortalama patlayıcı madde maliyeti yaklaşık 2000 dolardır).

* Ayrıca şeşbeş delik düzeninde önerilen delicinin çalışma şekli ile birlikte delicinin delik sıraları arasındaki hareketinin daha hızlı ve kolay bir düzeye getirilmesi sağlanmıştır.

5. TEŞEKKÜR

Yazarlar, yardımlarından dolayı şantiye şefi, maden mühendisi Nedim BASKINER'e teşekkür ederler.

6. KAYNAKLAR

Bilgin, H. A., 1986, *Açık İşletmelerde Patlatma Sorunları ve Tasarımı*, TKİ

Gen. Müd. Seminerleri, Seminer No:2, s. 36, Ankara.

Erdil, M., Erkoç Ö. Y., 1995, *Patlatma Sonrası Parçalanan Malzemenin Tane Dağılımını Belirlemeye Yönelik Modelleme Çalışmalarına Bir Yaklaşım*, Türkiye 14. Mad. Kongresi, s. 89-95, Ankara.

Kahriman, A., Ceylanoğlu, A., Demirci, A., 1996, *Sivas-Ulaş Yöreni Söllestit Açık İşletmesi Kaya Birimleri İçin Optimum Patlatma Koşullarının Belirlenmesi*, 2. Delme Patlatma Kongresi, s. 117-127, Ankara.

GEOSOUND / YERBİLİMLERİ 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 6 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 da 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 yazdırabilirler.

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 mizanpağı yazarlar tarafından yapılmalı, şekiller, tablolar, fotoğraflar metin içine yerleştirilmeli ve alt yazılar tek dilde yapılmalıdır.

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) : 338 67 11 veya 338 63 57 (Tel) 338 61 26 (Fax)
e-mail: yerbilimleri@yahoo.com

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 6 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 orginised 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 drown 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 orginised 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 Bölümü
01330 - Balcalı / ADANA / TÜRKİYE
Tel (Fax) : 338 67 11 veya 338 63 57 (Tel) 338 61 26 (Fax)
e-mail: yerbilimleri@yahoo.com