



GEOSOUND



YERBİLİMLERİ

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Saros Körfezi'nin (Kuzey Ege) Güncel Bentik ve Planktik Foraminifer Toplulukları
ile Çökel Dağılımı / *Recent Benthic-Planktic Foraminiferal Assemblages and Sediment
Distribution of the Gulf of Saros (Northern Aegean Sea)*

Engin MERİÇ, Niyazi AVŞAR, Atike NAZİK, Mustafa ERYILMAZ
ve Fulya YÜCESOY-ERYILMAZ

1

Sediment Permeabilitesinin Hesaplanmasında Yapay Sinir Ağları Modeli
*The Artificial Neural Network Model for Estimating Hydraulic Conductivity
of Porous Media*

A. Ferhat BAYRAM, S.Sinan GÜLTEKİN, Gürsel KANSUN

45

Arguvan (Malatya) Güneyinde Yüzeyleyen Neojen Birimlerinin Stratigrafisi ve
Çökelmanı Ortamları / *Stratigraphy and Depositional Environments of Neogene
Units in the Area of Arguvan – Parçikan (Malaty, E. Turkey)*

İbrahim TÜRKMEN, Calibe KOÇ, Ercan AKSOY,
Niyazi AVŞAR, Feyza DİNÇER

57

Gökçeyazı – Kuskuncuk (Ereğli-Konya) Çevresindeki Gölsel Stromatolitlerin
Fasiyes Özellikleri / *Facies Characteristic of Lacustrine Stromatolites in the
Gökçeyazı- Kuskuncuk (Ereğli- Konya) Area.*

A. Müjdat ÖZKAN

75

Landsat 5 TM Uydu Görüntülerinde Bazı Litoloji Ayrım Yöntemlerinin
Karşılaştırılması / *Comparison of Some Lithological Discrimination Methods
on the Landsat 5TM Satellite Images*

Hulusi KARGI

99

Oymağaç (Elazığ) Çevresinde Magmatik Kayaçlar İçindeki Hidrotermal
Alterasyon Zonlarında Element Dağılımı / *Element Distribution in the Hydrothermal
Alteration Zones on Magmatic Rocks in Oymağaç Vicinity, Elazığ*

Mehmet ALTUNBEY, Cemal BÖLÜCEK

111

İsahocalı (Kırşehir) ve Feke (Adana) Fluoritlerinde Nadir Toprak Elementi (NTE)
Jeokimyası / *Geochemistry of Rare Earth Element (RRE) in İsahocalı (Kırşehir)
and Feke (Adana) Fluorites*

Yusuf URAS, Servet YAMAN, Fevzi ÖNER

125

Sivas Bölgesi Oligosen-Miyosen Yaşılı Jİpslerin Statik Elastik ve Dinamik Elastik
Özelliklerinin Belirlenmesi / *Determination Static-Elastic and Dynamic-Elastic
Properties of Oligocene-Miocene Aged Gypsum of Sivas Region*

Ahmet Turan ARSLAN, Yalçın KOCA, Zafer AKÇİĞ, Taner AYDOĞMUŞ

137

Orta Toroslar'da Namaras- Eğrigöl Arasında Yüzeyleyen Anamas Akseki İstifi'nin Stratigrafisi / Stratigraphy of Anamas-Akseki Sequence Cropping Out Around Namaras- Eğrigöl in Central Taurides Erdem ÇÖREKÇİOĞLU, Cavit DEMİRKOL, Ulvi Can ÜNLÜGENÇ	153
Berdan Nehri (Tarsus) Keşbükkü-Kulaklı Köyleri Arası Ağır Metal Analizleri ve Mevsimsel Hidro-Jeokimyasal Değişimleri <i>Heavy Metal Analyses and Seasonal Hydro-Geochemical Changes in The Berdan River (Tarsus) Between Keşbükkü and Kulaklı</i> Yusuf TOPAK, Servet YAMAN	171
Improving the Value of Talc Minerals by Flotation and Filtration Methods <i>Filtrasyon ve Flotasyon Yöntemi ile Talk Minerallerinin Değerlerinin Artırılması</i> Ramazan ASMATULU	187
Predicting Spontaneous Combustion Tendency of Coal with Proximate Analysis <i>Kömürde Kendilikinden Yanmaya Yatkınlığın Kısa Kimyasal Analiz ile Belirlenmesi</i> Ö. Serdar YILDIRIM	199
Mardin Yapı Taşı Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi <i>Investigation of the Usability of Mardin Stone as a Dimension Stone</i> C. Okay AKSOY, Kerim KÜÇÜK, Mete KUN, Sabit GÜRGÜN	205
Flotasyon Hidrodinamik Değişkenlerinin Kontrolü ile Flotasyon Etkinliğinin Artırılması / Improvement of the Flotation Efficiency by Means of Controlling of <i>Hydrodynamic Parameters</i> B.Zümrut YILMAZER, E.Cafer ÇİLEK	213
Kömür Su Karışımı Teknolojisinde Farklı Yapıdaki Türk Kömürlerinin Stabilite Özellikleri / Stability Properties of Turkish Coals in Different Rank for the Technology of Coal-Water Slurries Feridun BOYLU, Gündüz ATEŞOK, Hayrullah DİNÇER	227
Hidrojen ve Alternatif Enerji Kaynağı Sodyum Borhidür <i>Hydrogen and Sodium Borohydride as an Alternative Energy Source</i> Turan BATAR, Bayram KAHRAMAN, Necmettin ERDOGAN Erol KAYA, Mustafa ÖZEL	245

**SAROS KÖRFEZİ'NİN (KUZEY EGE DENİZİ) GÜNCEL BENTİK VE
PLAKTİK FORAMİNİFER TOPLULUKLARI İLE ÇÖKEL DAĞILIMI**

Engin MERİÇ

İ.Ü., Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul/Türkiye

Niyazi AVŞAR ve Atike NAZİK

Ç.Ü., Jeoloji Müh. Böl., Adana /Türkiye

Mustafa ERYILMAZ ve Fulya YÜCESOY-ERYILMAZ

Mersin Ü., Jeoloji Müh. Böl., Mersin/ Türkiye

ÖZET: Bu çalışma, Çanakkale Boğazı'nın kuzeyindeki Saros Körfezi'nde gerçekleştirilmiştir. Morfolojik yapısına bakıldığından, Saros Körfezi büyük ölçüde faylanmanın egemen olduğu bir deniz niteliğini taşımakta ve Ege Denizi'nin derin olan alanlarından birini oluşturmaktadır. Çalışmada; Saros Körfezi'nin sıç sularından alınan 80 çökel örneğinin bentik ve planktik foraminiferlerinin taksonomik dağılımları ile ekolojik koşulları incelenmiştir. Bölgede toplam 53 familya, 46 altfamilya ve 94 cinse ait 163 foraminifer türü tayin edilmiştir. Daha sonra, bölgedeki baskın ve resesif bentik ile planktik foraminifer türleri tanımlanmış ve bunların istasyonlara göre dağılımları belirtilmiştir. Bölgenin en önemli özelliği; belirli noktalarda denizaltında var olan fay/faylarla bağlantılı termal mineralli suların neden olduğu, oldukça iri denilebilecek boyuttaki bentik ve planktik foraminiferlerin varlığıdır. Bir diğer önemli belirleme ise, gerek bazı bentik ve gerekse bazı planktik foraminifer kayıklarının bir bölümünün doğal olarak koyu kırmızı renkli olmasıdır.

**RECENT BENTHIC-PLANKTIC FORAMINIFERAL ASSEMBLAGES AND
SEDIMENT DISTRIBUTION OF THE GULF OF SAROS
(NORTHERN AEGEAN SEA)**

ABSTRACT: This study was carried out in the Gulf of Saros, located to the north of Çanakkale Strait "Dardanelles". The Gulf of Saros, morphologically in a great scale dominated faulting system, has a deep marine character and is one of the deepest part of the Aegean Sea. In this study, taxonomic distribution and ecologic conditions of the benthic and planktic foraminifera of 80 samples collected from shallow parts of the Gulf of Saros were investigated. A total of 163 foraminiferal species from 53 families, 46 subfamilies, and 95 genera were identified. Then, dominant and recessive benthic and planktic foraminiferal species of the region were described and their distribution

according to stations was submitted. The most important feature of the field in some distinct localities, which is considered to be related with faulted contact on the subsurface, is the presence of different size benthic and planktic foraminifera. The natural reddish colour of the benthic and planktic foraminiferal tests presents the second important aspect.

1. GİRİŞ

Bu araştırma, 1996 yılında Saros Körfezi'nin farklı noktalarından "Grab-Sampler" örnek alıcısı kullanılarak alınmış olan 80 örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1 ve Çizelge 1). Çalışmada; Çeşme, Bozcaada, Gökçeada ve Çanakkale Boğazı güneyi gibi, Ege Denizi'nin farklı alanlarında güncel bentik foraminiferler konusunda yapılmış olan çalışmalarдан elde edilen veriler kullanılmıştır. Amaç; bu bölgedeki bentik foraminifer topluluğu arasındaki benzerlik ve farklılıklar ortaya koymak ve tektonizmaya bağlı olarak oluşan sıcak ve soğuksu kaynaklarının çevresinde gelişen ekolojik koşullarda varlığını sürdürden farklı foraminifer topluluklarını belirleyerek bunların nedenlerini araştırmaktır.

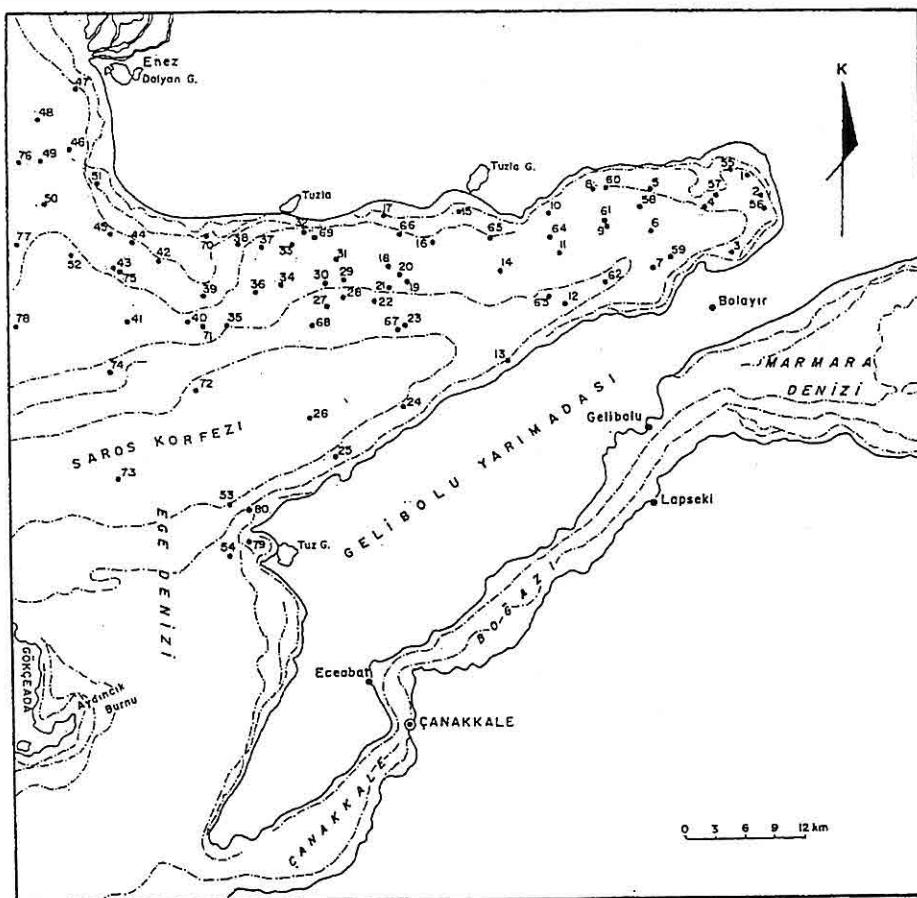
Körfezin su sıcaklığı, dip kısımlarda her mevsim yaklaşık aynı (14°C) olmasına rağmen, yüzey sularında yazın $20.56\text{-}22.80^{\circ}\text{C}$, kışın $9.80\text{-}10.86^{\circ}\text{C}$ arasında değişmektedir. Tuzluluk; yüzey sularında kış döneminde % $34.47\text{-}36.95$, yaz döneminde % $34.10\text{-}38.60$ olarak ölçülmüştür. Körfezin çökel dağılımı, kökensel olarak litojenik girdiğından ve genelde kohezyonlu malzeme baskındır. Ancak, yüksek enerjili deniz

alanı olan kıyı bölgelerinde genel olarak kırintılı ve kohezyonsuz malzeme yeralmaktadır. Coğun iri taneli ve kırintılı kohezyonsuz malzeme yüksek enerjili kıyı kesiminde toplanırken, ince taneli ve kohezyonlu malzeme derin deniz bölgelerinde depolanmaktadır.

Saros Körfezi; Çanakkale Boğazı'nın kuzeyinde, Gelibolu Yarımadası ile Korudağ Masifi arasında Trakya'ya doğru girinti yapan bir körfezdir. Doğu ucundaki Kavak Çayı körfeze su getiren tek akarsudur. Bunun dışında yağışlı mevsimlerde körfeze su ulaştıran küçük dereler bulunmaktadır. Bölge iklimi, Akdeniz ve Marmara iklimleri arasında bir geçiş özelliği taşır. Gel-git olayları bu bölgede önemli bir yer tutmaktadır, bu olay en fazla su seviyesinde $10\text{ cm}'\text{l}ik$ bir değişim meydana getirmektedir.

Saros Havzası, Trakya Tersiyer Havzası'nın devamı niteligidir. Ege Denizi'nin kuzeydoğusunda yer alan Saros Körfezi, Marmara Denizi'nden aktif Ganos Fayı ile ayrılmakta olup, Kuzey Anadolu Fayı'nın (KAF) sağ yanal atım hareketinin ortak genleşme (tansiyonal) ve yanal atım hareketine dönüşmesi sonucu oluşmuştur. Üst üste binmiş deformasyonları içeren birçok sıkışma ve genişleme tektonik rejimlerinin etkisinde

SAROS KÖRFEZİ'NİN (KUZEY EGE DENİZİ) GÜNCEL BENTİK VE PLANKTİK FORAMİNİFER TOPLULUKLARI İLE ÇÖKEL DAĞILIMI



Şekil 1. Çalışma bölgesi örnekleme noktaları.

kalan bu bölgelerin oluşumu oldukça karmaşıktır. Kuzey Ege bölgesinde Avrasya'ya göre Ege Bloku'nun hareketi, grabenlerin oluşmasına neden olan DKD ile KD uzanımlı yanal atımlı faylar nedeni ile gelişmiştir (Ketin, 1983; Yaltırak, 1995) (Şekil 2).

2. MALZEME VE YÖNTEM

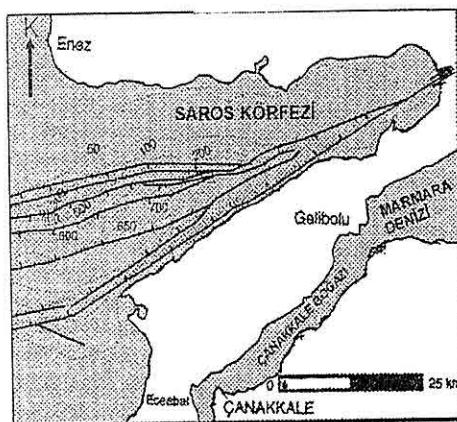
Saros Körfezi'nden 1996-2000 yılları arasında değişik araştırma gemileri

kullanılarak 326 istasyondan çökel örnekleri alınmıştır. Zemin cinsi ve tane büyüklüklerini belirlemek için derlenen yüzey örnekleri elek ve pipet analizlerine tabi tutulmuştur. Her örnek için çakıl, kum, silt ve kil yüzdeleri saptanarak, bunlar Folk (1974)'un önerdiği üçgen diyagramda sınıflandırılmıştır. Elde edilen verilerle % çakıl+kum, % silt ve % kil haritaları hazırlanmıştır. Bu haritalar ile çalışma sahasının batimetri haritası birlikte

Çizelge 1. Örnek noktalarının koordinat ve derinlik değerleri.

İSTAS NO	DERİNLİK (m)	ENLEM	BOYLAM	İSTASYON NO	DERİNLİK (m)	ENLEM	BOYLAM
1	27.00	40.37884	26.47536	41	81.00	40.30010	26.04766
2	15.50	40.36203	26.48554	42	27.50	40.33091	26.06978
3	34.60	40.33872	26.46497	43	51.50	40.32597	26.03808
4	50.90	40.36113	26.44730	44	26.20	40.34200	26.05000
5	43.00	40.37600	26.41011	45	33.50	40.34450	26.03580
6	70.00	40.34566	26.41020	46	40.20	40.38850	26.00876
7	90.00	40.32713	26.41325	47	24.50	40.41912	26.01535
8	55.70	40.37300	26.37019	48	40.00	40.40318	25.58506
9	71.80	40.35174	26.38058	49	45.00	40.38214	25.58827
10	68.50	40.35765	26.34000	50	41.00	40.36084	25.59700
11	79.60	40.33630	26.34602	51	12.30	40.36995	26.02575
12	214.70	40.31136	26.35500	52	61.10	40.33464	26.00665
13	156.00	40.28900	26.31856	53	440.00	40.20370	26.11840
14	84.00	40.32777	26.30442	54	94.50	40.17670	26.10450
15	39.50	40.35710	26.27992	55	22.00	40.38050	26.46500
16	71.10	40.34178	26.26600	56	41.00	40.36120	26.49000
17	33.90	40.35658	26.22617	57	52.00	40.36480	26.45360
18	88.10	40.32925	26.23755	58	60.00	40.36100	26.40300
19	96.50	40.32134	26.24070	59	98.00	40.33320	26.42300
20	92.00	40.32521	26.23645	60	55.00	40.37060	26.38040
21	97.40	40.31914	26.22935	61	70.00	40.35280	26.38040
22	118.50	40.31238	26.23010	62	110.00	40.32200	26.38040
23	383.00	40.29815	26.24117	63	96.00	40.31300	26.34000
24	386.00	40.25560	26.23960	64	75.00	40.34320	26.34090
25	188.00	40.23000	26.19700	65	61.00	40.34300	26.30000
26	631.00	40.24993	26.17540	66	65.00	40.34360	26.23300
27	144.80	40.30856	26.18631	67	550.00	40.30000	26.23000
28	115.50	40.31418	26.19707	68	210.00	40.30000	26.17280
29	92.00	40.32335	26.19631	69	72.00	40.34450	26.17400
30	90.50	40.32195	26.18324	70	13.00	40.34360	26.10000
31	83.80	40.33330	26.19355	71	90.00	40.30000	26.09450
32	67.00	40.34589	26.16956	72	500.00	40.26400	26.09150
33	70.00	40.34015	26.16150	73	600.00	40.22020	26.04000
34	82.00	40.32000	26.15477	74	200.00	40.27360	26.03300
35	195.00	40.29981	26.11845	75	42.00	40.33000	26.04000
36	74.00	40.31503	26.13596	76	53.00	40.38300	25.57100
37	59.00	40.33837	26.13996	77	53.00	40.34050	25.57100
38	53.40	40.33812	26.12425	78	63.00	40.30000	25.57000
39	37.70	40.31260	26.10075	79	29.00	40.18170	26.13000
40	77.30	40.30064	26.09045	80	98.00	40.20300	26.13000

SAROS KÖRFEZİ'NİN (KUZEY EGE DENİZİ) GÜNCEL BENTİK VE PLANKTİK FORAMİNİFER TOPLULUKLARI İLE ÇÖKEL DAĞILIMI



Şekil 2. Saros körfezi'nin fay haritası
(Çağatay vd., 1998).

değerlendirilerek, bölgedeki dip sedimanlarının tane boyutlarına göre çökel dağılım haritası elde edilmiştir (Eryılmaz ve Aydin, 2000) (Şekil 3).

Ayrıca, proje kapsamında alınan örneklerden 80 tanesi bentik ve planktik foraminifer içeriği bakımından incelenmiştir (Çizelge 2a-d ve 3a-d). Bentik ve planktik foraminifer içeriği için alınan çökel örnekleri 63 mikron elektrodeleme ve içerisinde bulunan foraminiferler binoküler mikroskop altında derlendikten sonra bütün taksonomik tanımlar bunlar üzerinde yapılmıştır.

3. SAROS KÖRFEZİ DENİZ DİBİ MORFOLOJİSİ VE OŞİNOGRAFİK ÖZELLİKLERİ

3.1. Morfoloji

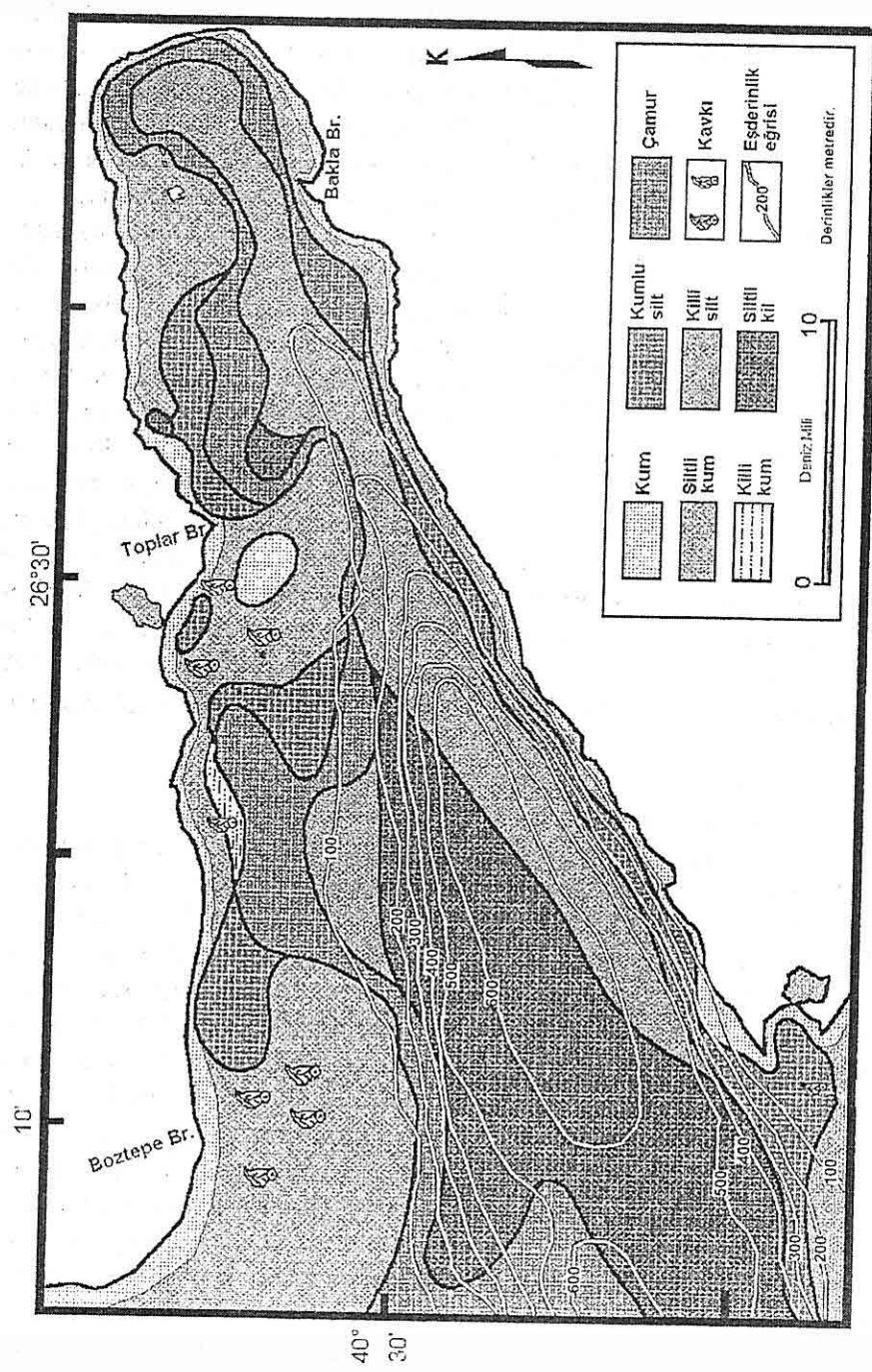
Ege Denizi, coğrafi açıdan Akdeniz'in bir parçası olarak değerlendirilir. Ancak, Ege Denizi Akdeniz'in diğer

kısımlarından oldukça farklı ve karmaşık bir jeolojik yapıya sahiptir. Saros Körfezi, büyük ölçüde blok faylanmanın egemen olduğu bir deniz niteliğini taşımaktadır ve Ege Denizi'nin derin alanlarından biridir. Bu derinlik özelliği, genel olarak bölgenin faylı yapısından kaynaklanmaktadır.

Bölgede Büyükkemikli Burnu ile Bakla Burnu arasındaki kıyı şeridi dip topografyası açısından en fazla eğime sahip deniz alanıdır. Batimetri, kıyıdan itibaren aniden derinleşmeye başlar ve sahilden yaklaşık 500-750 m açıkta 100 m derinliğe ulaşır. Büyükkemikli Burnu ile Ece Limanı arasında derinlik, sahilden yaklaşık 2-3 km uzaklıkta 500 m'yi geçer. Körfezin kuzeyinde eğim daha azdır ve ancak 8-9 km açıkta yaklaşık 100 m su derinliğine ulaşılır. Körfez asimetrik bir tekne şeklinde olup, en derin noktası 695 m ile Büyükkemikli Burnu açıklarındadır (TR-2911, 1994).

3.2. Sıcaklık ve Tuzluluk

Saros Körfezi'nde dip suyu sıcaklığının her mevsimde yaklaşık 14°C civarında sabit olmasına karşın, yüzey suyu sıcaklıklarını mevsimlere göre değişiklikler sunmaktadır. Yüzey suyu sıcaklıklarını ilkbaharda (Nisan) $12.5-14^{\circ}\text{C}$, yazın (Ağustos) $20.56-22.8^{\circ}\text{C}$, sonbaharda (Eylül) $16-21.6^{\circ}\text{C}$ ve kışın (Ocak) $9.8-10.86^{\circ}\text{C}$ arasında değişmektedir. Yüzey suyu sıcaklıklarındaki bu değişikliklerin nedeni, özellikle meteorolojik koşullar ile Karadeniz'den Ege Denizi'ne gelen soğuk Karadeniz suyunun, yine rüzgarın eşit yönüne ve şiddetine bağlı olarak, körfezin güney kıyılarını etkilemesi ve akarsuların



Şekil 3. Saros Körfezi, çökel dağılım haritası (Eryılmaz ve Aydin,2000).

**SAROS KÖRFEZİ'NİN (KUZEY EGE DENİZİ) GÜNCEL BENTİK VE PLANKTİK
FORAMİNİFER TOPLULUKLARI İLE ÇÖKEL DAĞILIMI**

Cizele 2 (a). Saros Körfezi'nde gözlenen güncel bentik foraminifer cins ve türlerinin dağılımı.

Foraminifera	ISTASYONLAR																																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
<i>Rhabdammina</i> sp.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Parammoschaeira usca</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Legenammina fusiformis</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Ammisiminia affinitatica</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Ammiodiscus planorbis</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Reophax scorpiurus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Recipitrax dentithiniformis</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Lobospira subglobosa</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Ammoscalaria pseudospiralis</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Discammina compressa</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Spiroglacina sagittula</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Gaudryna</i> sp.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Eggerelloides scabrius</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Bganterina cylindrica</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Bganterina nodosaria</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Textularia bocki</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Textularia pseudorugosa</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Textularia truncata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Spirotectularia concava</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Conocardia rufa</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Pseudodiscularia crassula</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Spirillina vivipara</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Comospira folacea</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Comospira involvens</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Adelosina euthansi</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Adelosina italicica</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Adelosina mediterraneensis</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Adelosina partichi</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Adelosina ruicella</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Spiroloculina angulososa</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Spiroloculina depressa</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Spiroloculina dialibia</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Spiroloculina excavata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Spiroloculina ornata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Spiroloculina pellucida</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Siphonoporella asteria</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Cyclocypris contracta</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Cyclocypris villosa</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Lachnella bicornis</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Lachnella undulata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Massiliina quaternaria</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Massiliina secaans</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

Cizelge 2 (b). (devami).

**SAROS KÖRFEZİ'NİN (KUZEY EGE DENİZİ) GÜNCEL BENTİK VE PLANKTİK
FORAMİNİFER TOPLULUKLARI İLE ÇÖKEL DAĞILIMI**

Cizelge 2 (c). (devamı)

Foraminifera	İSTASYONLAR																																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
<i>Astacolus cropidulus</i>										*																										*	*		
<i>Lagenina striata</i>											*																												
<i>Globularia mytiliformis</i>																																							
<i>Polymorphina</i> sp. 3																																							
<i>Polymorphina</i> sp. 5																																							
<i>Polymorphina</i> sp. 7																																							
<i>Oolina</i> sp.																																							
<i>Glandulina laevigata</i>																																							
<i>Heeglundina elegans</i>																																							
<i>Pulvinatina obliquocostata</i>																																							
<i>Globigerina bulloides</i>																																							
<i>Globigerina pectinata</i>		*																																					
<i>Globigerinella siphonifera</i>		*																																					
<i>Globigerinoides elongatus</i>		*																																					
<i>Globigerinoides trumulus</i>		*																																					
<i>Globigerinoides ruber</i>		*																																					
<i>Globigerinoides seculifer</i>		*																																					
<i>Globigerinoides trilobus</i>		*																																					
<i>Orbulina universa</i>		*																																					
<i>Bizalima alata</i>		*																																					
<i>Bizalima spathulata</i>		*																																					
<i>Cassidina canina</i>		*																																					
<i>Recalvignima phlegeri</i>		*																																					
<i>Rectobolivina columellaris</i>		*																																					
<i>Buliminina costata</i>		*																																					
<i>Buliminina elongata</i>		*																																					
<i>Buliminina marginata</i>		*																																					
<i>Globobuliminina affinis</i>		*																																					
<i>Globobuliminina pseudospinoscens</i>		*																																					
<i>Euvirginea</i> sp.		*																																					
<i>Virginea maditerranea</i>		*																																					
<i>Reussellina spinulosa</i>		*																																					
<i>Furciferina acuta</i>		*																																					
<i>Ventralina bradyana</i>		*																																					
<i>Epionides concameratus</i>		*																																					
<i>Paropulivalinina disparsa</i>		*																																					
<i>Sommerina concomitans</i>		*																																					
<i>Nesponites bradyi</i>		*																																					
<i>Neconorbina circulans</i>		*																																					
<i>Rosalina bradyi</i>		*																																					
<i>Rosalina floridensis</i>		*																																					
<i>Rosalina globularis</i>		*																																					
<i>Rosalina macropora</i>		*																																					
<i>Planoglabratella opercularis</i>		*																																					

Foraminifera	ISTASYONLAR																																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40		
<i>Siphonina reticulata</i>	*																		*																							
<i>Cibicidoides pachyderma</i>		*																		*	*	*	*																			
<i>Cibicidoides pseudoungenanus</i>																				*	*	*	*																			
<i>Discorbinea benthicola</i>	*																			*	*	*	*																			
<i>Hyalinea bathica</i>		*																		*	*	*	*																			
<i>Pinalina ariminensis</i>		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*																			
<i>Cibicidoides advenum</i>			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*																			
<i>Cibicidoides refugens</i>				*															*																							
<i>Cibicidoides walli</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*																			
<i>Lobatula lobatula</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*																			
<i>Cyclocibicidoides verniculus</i>																																										
<i>Panorbulina mediterraneensis</i>	*																			*	*	*	*																			
<i>Cibicidoides variabilis</i>																																										
<i>Aceratulina inhaerens</i>																																										
<i>Sphaerogypsina globula</i>	*																																									
<i>Asteigerinata manilla</i>																																										
<i>Nonion depressum</i>																																										
<i>Nonionella turrida</i>																																										
<i>Astartonion stelligerum</i>		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*																			
<i>Melonis pomphiloides</i>																																										
<i>Chilogamella mediterraneensis</i>	*																			*	*	*	*																			
<i>Gyrodinoides solidarii</i>																				*	*	*	*																			
<i>Ammonia compacta</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*																			
<i>Ammonia parkinsoniae</i>	*		*		*		*		*		*		*		*		*		*		*																					
<i>Ammonia tenua</i>	*																																									
<i>Cheliogerella bradyi</i>	*																																									
<i>Cribrospiridium poeyanum</i>	*																																									
<i>Porosonion subgranosum</i>	*																																									
<i>Ephidium aculeatum</i>																				*	*	*	*																			
<i>Ephidium advenum</i>	*																			*	*	*	*																			
<i>Ephidium complanatum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*																			
<i>Ephidium crispum</i>																				*	*	*	*																			
<i>Ephidium depressum</i>	*																			*	*	*	*																			
<i>Ephidium macellum</i>																				*	*	*	*																			
<i>Ephidium maioricense</i>																				*	*	*	*																			

Çizeğe 2 (d). (devamı)

**SAROS KÖRFEZİ'NİN (KUZEY EGE DENİZİ) GÜNCEL BENTİK VE PLANKTİK
FORAMİNİFER TOPLULUKLARI İLE ÇÖKEL DAĞILIMI**

Çizelge 3 (a). Saros Körfezi'nde gözlenen güncel bentik ile planktonik foraminifer cins ve türlerinin dağılımı.

Foraminifera	STASYONLAR																																												
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80					
<i>Rhabdammina</i> sp.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Psammosphaera fusca</i>																																													
<i>Lagenammina fusiformis</i>																																													
<i>Lagenammina effusa</i>																																													
<i>Ammodiscus planorbis</i>																																													
<i>Rhopax scorpiurus</i>																																													
<i>Ropliax dentimarginis</i>																																													
<i>Lebrosira stroblosose</i>																																													
<i>Ammonia compressa</i>																																													
<i>Discanina pseudospiralis</i>																																													
<i>Spiralina sagittula</i>																																													
<i>Gaudryina</i> sp.																																													
<i>Egerioides scabrus</i>																																													
<i>Eggenina cylindrica</i>																																													
<i>Biganettina nodosaria</i>																																													
<i>Textularia bocki</i>																																													
<i>Textularia pseudorugosa</i>																																													
<i>Terebratula truncata</i>																																													
<i>Siphonularia concava</i>																																													
<i>Conchilegella rudivia</i>																																													
<i>Pseudocyclina crassa</i>																																													
<i>Spirinella viripara</i>																																													
<i>Cornulopora foliacea</i>																																													
<i>Cornulopora involvens</i>																																													
<i>Adeiosina clarenensis</i>																																													
<i>Adeiosina duthiei</i>																																													
<i>Adeiosina elegans</i>																																													
<i>Adeiosina italicica</i>																																													
<i>Adeiosina mediterraneensis</i>																																													
<i>Adeiosina pectinifera</i>																																													
<i>Spiriloculina angulosa</i>																																													
<i>Spiriloculina depressa</i>																																													
<i>Spiriloculina diafala</i>																																													
<i>Spiriloculina excavata</i>																																													
<i>Spiriloculina ornata</i>																																													
<i>Spiriloculina pellucida</i>																																													
<i>Spirinopsis aspera</i>																																													
<i>Cyathidium contorta</i>																																													
<i>Cyathidium villosa</i>																																													
<i>Lachnella bicarinata</i>																																													
<i>Massima glutararia</i>																																													
<i>Massima secans</i>																																													

Çizelge 3. (b) (devamı)

	ISTASYONLAR																																							
Foraminifer	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
<i>Quinqueloculina benthonica</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Quinqueloculina bidensata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Quinqueloculina diplanis</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Quinqueloculina fuscosa</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Quinqueloculina favigata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Quinqueloculina lamarciana</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Quinqueloculina napoitanica</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Quinqueloculina peyvana</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Quinqueloculina seminula</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Quinqueloculina viennensis</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Bioculinella vulgaris</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Eloculinella teresae</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Eloculinella globula</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Eloculinella nitata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Bioculinella abalda</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Micrinella elongata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Micrinella semicosistela</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Micrinella subrotunda</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Micrinella webbiiana</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Pseudodictioculina levigata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Pseudodictioculina oblonga</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Pseudodictioculina rotunda</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Pseudodictioculina strobiliformis</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Pyrgo anomala</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Pyrgo comata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Pyrgo elongata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Pyrgo normale</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Triloculina sphaera</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Triloculina aditifica</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Triloculina merioni</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Triloculina cf. ornata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Triloculina plicata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Triloculina schreibersiana</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Trocholina tricarinata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Sigmoflora signicidea</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Sigmoflora costata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Sigmoflora edwardsii</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Sigmoflora schubertigeni</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Penitopsis planulus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Dentalina inornata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Nodosaria raphanus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Pseudonodosaria comata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Lenticulina cultaria</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
<i>Amphicyprina scalaris</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					

**SAROS KÖRFEZİ'NİN (KUZEY EGE DENİZİ) GÜNCEL BENTİK VE PLANKTİK
FORAMİNİFER TOPLULUKLARI İLE ÇÖKEL DAĞILIMI**

Cizelge 3 (c). (devamı)

Foraminifera	İSTASYONLAR																																						
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
<i>Asiaculus crepidulus</i>																*																							
<i>Lagenaria striata</i>																																							
<i>Globularia pyriformis</i>																																							
<i>Polymorphina</i> sp. 3	*									*	*																												
<i>Polymorphina</i> sp. 5										*	*																												
<i>Polymorphina</i> sp. 7	*																																						
<i>Conifa</i> sp.																																							
<i>Glandulinia laevigata</i>																																							
<i>Hoeglindina elegans</i>											*	*																											
<i>Ellenella obliquiloculata</i>	*										*																												
<i>Globigerina bulloides</i>	*																																						
<i>Globigerina praecallosa</i>																																							
<i>Globigerinella siphonifera</i>												*	*																										
<i>Globigerinoides longulus</i>	*	*	*																																				
<i>Globigerinoides pomiculus</i>											*	*																											
<i>Globigerinoides ruber</i>	*	*	*	*	*						*	*																											
<i>Globigerinoides saccularis</i>	*	*	*	*	*						*	*																											
<i>Globigerinoides trilobus</i>	*	*									*																												
<i>Orbulina universa</i>												*	*																										
<i>Bimmina itala</i>												*	*																										
<i>Buliminula sphaerulata</i>												*	*																										
<i>Cassidulina carinifera</i>												*																											
<i>Rectilugina pillegrenii</i>												*																											
<i>Reticulobulima columbellensis</i>												*																											
<i>Buliminula costata</i>												*	*																										
<i>Buliminula elongata</i>												*	*																										
<i>Globularia marginata</i>	*											*																											
<i>Globularia affinis</i>	*											*																											
<i>Globularia pseudospinosus</i>												*																											
<i>Euvigerina</i> sp.												*																											
<i>Uvigerina mediterranea</i>												*																											
<i>Reussella spinulosa</i>												*																											
<i>Foramsinopsis aculea</i>												*																											
<i>Valvulineria bradyana</i>	*	*	*	*	*							*																											
<i>Epionites concameratus</i>	*											*																											
<i>Pinnularia dispansa</i>												*																											
<i>Siamatubina concentrica</i>												*																											
<i>Neopponides bradyi</i>												*																											
<i>Neocerithidea articulans</i>												*																											
<i>Neocerithidea terquemii</i>												*																											
<i>Rosolina bradyi</i>	*	*	*	*	*							*																											
<i>Rosolina floridensis</i>	*	*	*	*	*							*																											
<i>Rosolina globularis</i>	*											*																											
<i>Rosolina macropora</i>												*																											
<i>Planoglabratella opercularis</i>												*																											

Foraminifera	ISTASYONLAR																			
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
<i>Siphonina reticulata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Cibicidoides pachyderma</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Cibicidoides pseudoungiferanus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Discorbinalia berthelotii</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Hyalinea baltica</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pianulina ariminensis</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Cibicides advenum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Cibicides refugens</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Cibicina wali</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Lobulina obsoleta</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Cyclocyprisoides vermiculatus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Planorbulina mediterraneensis</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Cibicidella variabilis</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Aceratulina intraserrans</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Sphaerogypsina globula</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Asteropinella mammilla</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Nonionia depressulum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Nonionella turcica</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Astronium stellatum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Malonis pomiploides</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Chilostomella mediterraneensis</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Gyrotrinitoides soldenii</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Ammonia compacta</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Ammonia parkinsoniana</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Ammonia leptidea</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Chilostomella bradyi</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Cubrotrichidium poeyanum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Porosanconion subgranosum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Ephistidium aculeatum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Ephistidium advenum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Ephistidium complanatum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Ephistidium crassum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Ephistidium depressulum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Ephistidium maculatum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Ephistidium malonicense</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Çizege 3 (d). (devamı)

SAROS KÖRFEZİ'NİN (KUZEY EGE DENİZİ) GÜNCEL BENTİK VE PLANKTİK FORAMİNİFER TOPLULUKLARI İLE ÇÖKEL DAĞILIMI

sularını denize boşaltmalarıdır (Rapor 1, 1995 ve Rapor 2, 1995). Eryılmaz ve Yücesoy-Eryılmaz, 1997; Eryılmaz ve Aydin, 2000) (Şekil 2).

3.3. Akıntı

Bölgenden genel akıntı yapısını etkileyen en önemli unsurlar, uzun süreli esen rüzgarlar ve buna bağlı olarak meydana gelen yerel akıntılar ile kuzeydeki Meriç Nehri'nin bol yağışlı mevsimlerde su kütlelerini harekete geçirmesidir. Ayrıca, tuzluluk farkından dolayı yazın körfezin iç kısmına doğru, kiş mevsiminde ise körfezden dışarı doğru su kütleleri yer değiştirerek bölgeler akıntılar meydana getirmektedir. Bölgede güneybatı ve batıdan esen rüzgarlar suyu körfezin doğu kıyılarına doğru sürükleyerek, körfezden dışarıya, kıyıları yalıyarak devam eden saat yönünün ters yönünde akıntılar meydana getirmektedir.

4. SAROS KÖRFEZİ DENİZ DİBİ ÇÖKEL DAĞILIMI

Saros Körfezi'nin dip çökelleri üzerinde; yerel akıntılar, dalgalar, karanın topografik özellikleri ile denizaltının morfolojik yapısı, batimetri, kıyı şekilleri ve rüzgar durumu önemli rol oynar. Ayrıca körfez, bölgeye akar durumdaç çay ve derelerin denize taşıdığı maddelerin etkisi altındadır. Bu sularla birlikte taşınan karasal kökenli maddeler tane boyutlarına göre deniz içinde çökeler. Karadan taşınan ve dalgalarla kıyıdan koparılan malzemeler denizin dinamik hareketleriyle deniz içinde tekrar aşınmaya uğrayarak giderek küçülür. Saros Körfezi'nde kıyıdan açığa doğru çökel tane boyalarının küçüldüğü gözlenir (Eryılmaz, 1995;

Eryılmaz ve Yücesoy-Eryılmaz, 1997; Eryılmaz ve Aydin, 2000) (Şekil 2). 1: 50.000 ölçekli tane boyutuna göre hazırlanmış çökel dağılım haritası (Şekil 3) incelendiğinde, sahanın çökel dağılımı karmaşık bir yapı göstermektedir (Eryılmaz ve Aydin, 2000). Bölgenin çökel dağılımında dört ana birim (çakılı, kumlu, siltli ve çamurlu birimler) görülmektedir. Çakılı birimler; çakıl ve çamurlu-kumlu çakıldan oluşur. Kumlu birimler; kum, çakılı çamurlu kum, siltli kum, çamurlu kum ve killi kumdan oluşurken, siltli birimler ise silt ve kumlu siltten ibarettir. Çamurlu birim, sadece çamur ve kumlu çamurdan oluşmuştur. Ancak; çakılı birimlerden çakıl, kumlu çakıl, çakılı kum ve çakılı çamurlu kum kıyıda çok sınırlı alanlarda ince bir bant şeklinde yer aldığı için, Şekil 3'te gösterilmeleri mümkün olamamış ve Şekil 3'teki haritada kum alanı içine dahil edilmişlerdir. Bölgede biyojenik malzeme olarak; kavkı, kavkı kıritıntıları, çeşitli bitki artıkları ve organik kalıntılar, çökel içinde yeralmaktadır. Bu tür malzeme, genellikle sınırlı alanda, su derinliğinin fazla olmadığı kıyıya yakın deniz alanlarında bulunmaktadır (Eryılmaz, 1994; 1995; Eryılmaz ve Aydin, 2000) (Şekil 3).

5. SAROS KÖRFEZİ'NDEKİ FORAMİNİFER TOPLULUĞU

İncelenmiş olan 80 örnekte 53 familya, 46 altfamilya, 95 cinse ait 163 tür tanımlanmıştır (bkz. Çizelge 2a-d ve 3a-d). Foraminifer cins ve tür tanımlamalarında; Bolli vd. (1985), Yanko ve Troitskaja (1987), Loeblich ve Tappan

(1988), Meriç ve Sakınç (1990), Cimerman ve Langer (1991), Hottinger vd. (1993), Sgarrella ve Moncharmont-Zei (1993), Loeblich ve Tappan (1994), Avşar ve Meriç (1996, 2001a ve 2001b), Avşar (1997), Meriç ve Avşar (1997, 2000), Avşar ve Ergin (2001), Meriç vd. (1995, 1996a, 1996b, 1998a ve 1998b, 1999, 2000a, 2000b; 2000c, 2001a ve 2001b), Hakyemez ve Toker (1997), Nazik vd. (1999), Avşar vd. (2001), Wang (2000), Avşar (2002) gibi çalışmalardan yararlanılmıştır.

Ayrıca, bölgede baskın ve resesif olan bentik foraminifer türleri incelenmiş ve bunlar şu şekilde sıralanmıştır; *Elphidium crispum* (Linné) (65 istasyon), *Melonis pompiliooides* (Fichtel ve Moll) (63 istasyon), *Ammonia compacta* Hofker (60 istasyon), *Lobatula lobatula* (Walker ve Jacob) (54 istasyon), *Valvularia bradyana* (Fornasini) (53 istasyon), *Quinqueloculina seminula* (Linné) (52 istasyon), *Textularia bocki* Höglund (51 istasyon), *Sigmoilopsis schlumbergeri* (Silvestri) (50 istasyon), *Bigenerina nodosaria* d'Orbigny (48 istasyon), *Globobulimina affinis* (d'Orbigny) (47 istasyon), *Adelosina pulchella* d'Orbigny (46 istasyon), *Spiroloculina tenuiseptata* Brady (41 istasyon), *Triloculina marioni* (Schlumberger) (40 istasyon)'dır. Yine, planktik foraminiferlerden *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny) (57 istasyon), *G. elongatus* (d'Orbigny) (41 istasyon) ve *G. trilobus* (Reuss) (40 istasyon) dominant tiplerdir. Buna karşın resesif (az sayıda) olan başlıca türler ise *Reophax dentaliniformis* (Brady),

Spirillina vivipara Ehrenberg, *Adelosina elegans* (Williamson), *A. italica* (Terquem), *Spiroloculina pellucida* Said, *Massilina gualtieriana* (d'Orbigny), *Quinqueloculina neapolitana* Sgarrella ve Moncharmont-Zei, *Q. poeyana* d'Orbigny, *Q. vulgaris* d'Orbigny, *Pyrgo comata* (Brady), *Peneroplis planatus* (Fichtel ve Moll), *Globulina myristiformis* (Williamson), *Rectobolivina columellaris* (Brady), *Furstenkoina acuta* (d'Orbigny), *Planopulvinulina dispansa* (Brady), *Neoconorbina orbicularis* (Terquem), *Siphonina reticulata* (Czjzek), *Cyclocibicides vermiculatus* (d'Orbigny), *Nonion depressulum* (Walker ve Jacob), *Elphidium maioricense* Colom (1 istasyon); *Psammosphaera fusca* Schultze, *Lagenammina atlantica* (Cushman), *Bigenerina cylindrica* Cushman, *Quinqueloculina disparilis* d'Orbigny, *Q. viennensis* le Calvez J. ve Y., *Biloculinella inflata* (Wright), *Pseudotriloculina sidebottomi* (Martinotti), *Triloculina cf. ornata* le Calvez J. ve Y., *Pseudonodosaria comatula* (Cushman), *Glandulina laevigata* (d'Orbigny), *Rosalina macropora* (Hofker), *Planoglabratella opercularis* (d'Orbigny), *Cibicides refulgens* Montfort, *Cibicidella variabilis* (d'Orbigny), *Acervulina inhaerens* Schultze, *Nonionella turgida* (Williamson) (2 istasyon); *Spiroloculina dilatata* d'Orbigny, *Massilina secans* (d'Orbigny), *Quinqueloculina laevigata* d'Orbigny, *Miliolinella elongata* Kruit, *Astacolus crepidulus* (Fichtel ve Moll), *Gobigerina praecalida* Blow, *Astrononion stelligerum* (d'Orbigny), *Challengerella*

**SAROS KÖRFEZİ'NİN (KUZEY EGE DENİZİ) GÜNCEL BENTİK VE PLANKTİK
FORAMİNİFER TOPLULUKLARI İLE ÇÖKEL DAĞILIMI**

bradyi Billman, Hottinger ve Oesterle, *Elphidium depressulum* Cushman (3 istasyon); *Lagena striata* d'Orbigny, *Rectuvigerina phlegeri* le Calvez, *Reussella spinulosa* (Reuss), *Elphidium complanatum* (d'Orbigny) (4 istasyon); *Ammodiscus planorbis* Höglund, *Labrospira subglobosa* (Sars), *Quinqueloculina jugosa* Cushman, *Pyrgoella sphaera* (d'Orbigny), *Globigerinella siphonifera* (d'Orbigny), *Neoconorbina terquemi* (Rzehak) (5 istasyon); *Quinqueloculina limbata* d'Orbigny, *Miliolinella semicostata* (Wiesner), *Dentalina inornata* d'Orbigny, *Bulimina costata* d'Orbigny, *Stomatorbina concentrica* (Parker ve Jones), *Rosalina floridensis* (Cushman) (6 istasyon); *Pseudotriloculina laevigata* (d'Orbigny), *Triloculina adriatica* le Calvez, *Discorbinella bertheloti* (d'Orbigny), *Elphidium aculeatum* (d'Orbigny) (7 istasyon); *Textularia truncata* Höglund, *Cornuspira foliacea* Philippi, *Miliolinella webbiana* (d'Orbigny) (8 istasyon); *Eggerelloides scabrus* (Williamson), *Triloculina plicata* Terquem, *Globobulimina pseudospinescens* (Emiliani), *Rosalina globularis* d'Orbigny, *Planulina ariminensis* d'Orbigny (9 istasyon); *Siphonaperta aspera* (d'Orbigny), *Triloculina tricarinata* d'Orbigny, *Hoeglundina elegans* (d'Orbigny), *Brizalina alata* (Seguenza), *Bulimina marginata* d'Orbigny, *Neoeponides bradyi* (le Calvez), *Cibicidoides pseudoungerianus* (Cushman), *Cibicides advenum* (d'Orbigny). *Chilostomella*

mediterranensis Cushman ve Todd, *Porosononion subgranosum* (Egger) (10 istasyon)'dur.

6. FORAMİNİFERLERİN SİSTEMATİK DİZİNİ

Araştırmada tayin edilen bentik ve planktik foraminiferlerin sistematik dizini Loeblich ve Tappan (1988)'in sistematığı esas alınarak aşağıdaki düzende yapılmıştır.

- Familya Rhabdamminidae Brady, 1884
Altfamilya Rhabdammininae Brady, 1884
Cins *Rhabdammina* M. Sars, 1869
Rhabdammina sp.
Familya Psammosphaeridae Haeckel, 1894
Altfamilya Psammosphaerinae Haeckel, 1894
Cins *Psammosphaera* Schulze, 1875
Psammosphaera fusca Schulze
Familya Saccaminidae Brady, 1884
Altfamilya Saccamininae Brady, 1884
Cins *Lagenammina* Rhumbler, 1911
Lagenammina atlantica (Cushman)
Lagenammina fusiformis
(Williamson)
Familya Ammodiscidae Reuss, 1862
Altfamilya Ammodiscinae Reuss, 1862
Cins *Ammodiscus* Reuss, 1862
Ammodiscus planorbis Höglund
Familya Hormosinidae Haeckel, 1894
Altfamilya Reophacinae Cushman, 1910
Cins *Reophax* de Montfort, 1808
Reophax scorpiurus Montfort
Reophax dentaliniformis (Brady)
Familya Haplophragmoididae Maync,

1952	<i>Siphonotextularia concava</i> (Karrer)
	Familya Pseudogaudryinidae Loeblich ve Tappan, 1985
	Altfamilya Pseudogaudryininae Loeblich ve Tappan, 1985
	Cins <i>Connemarella</i> Cimerman ve Langer, 1991
	<i>Connemarella rufa</i> (Wright)
	Cins <i>Pseudoclavulina</i> Cushman, 1936
	<i>Pseudoclavulina crustata</i> Cushman
	Familya Spirillinidae Reuss ve Fritsch, 1861
	Cins <i>Spirillina</i> Ehrenberg, 1843
	<i>Spirillina vivipara</i> Ehrenberg
	Familya Cornuspiridae Schultze, 1854
	Altfamilya Cornuspirinae Schultze, 1854
	Cins <i>Cornuspira</i> Schultze, 1854
	<i>Cornuspira foliacea</i> Philippi
	<i>Cornuspira involvens</i> (Reuss)
	Familya Spiroloculinidae Wiesner, 1920
	Cins <i>Adelosina</i> d'Orbigny, 1826
	<i>Adelosina clairensis</i> (Heron-Allen ve Earland)
	<i>Adelosina duthiersi</i> Schlumberger
	<i>Adelosina elegans</i> (Williamson)
	<i>Adelosina italicica</i> (Terquem)
	<i>Adelosina mediterranensis</i> (le Calvez J. ve Y.)
	<i>Adelosina partschi</i> (d'Orbigny)
	<i>Adelosina pulchella</i> d'Orbigny
	Cins <i>Spiroloculina</i> d'Orbigny, 1826
	<i>Spiroloculina angulosa</i> Terquem
	<i>Spiroloculina depressa</i> d'Orbigny
	<i>Spiroloculina dilatata</i> d'Orbigny
	<i>Spiroloculina excavata</i> d'Orbigny
	<i>Spiroloculina ornata</i> d'Orbigny
	<i>Spiroloculina pellucida</i> Said
1952	Cins <i>Labrospira</i> Höglund, 1947
	<i>Labrospira subglobosa</i> (Sars)
	Familya Discamminidae Mikhalevich, 1980
	Cins <i>Ammoscalaria</i> Höglund, 1947
	<i>Ammoscalaria pseudospiralis</i> (Williamson)
	Cins <i>Discammina</i> Lacroix, 1932
	<i>Discammina compressa</i> (Goes)
	Familya Spirolectamminidae Cushman, 1927
	Altfamilya Spirolectammininae Cushman, 1927
	Cins <i>Spirolectinella</i> Kisel'man, 1972
	<i>Spirolectinella sagittula</i> (d'Orbigny)
	Familya Verneuilinidae Cushman, 1911
	Altfamilya Verneuilininae Cushman, 1911
	Cins <i>Gaudryina</i> d'Orbigny, 1839
	<i>Gaudryina</i> sp.
	Familya Eggerellidae Cushman, 1937
	Altfamilya Eggerellinae Cushman, 1937
	Cins <i>Eggerelloides</i> Haynes, 1973
	<i>Eggerelloides scabrus</i> (Williamson)
	Familya Textulariidae Ehrenberg, 1838
	Altfamilya Textulariinae Ehrenberg, 1838
	Cins <i>Bigenerina</i> d'Orbigny, 1826
	<i>Bigenerina cylindrica</i> Cushman
	<i>Bigenerina nodosaria</i> d'Orbigny
	Cins <i>Textularia</i> Defrance, 1824
	<i>Textularia bocki</i> Höglund
	<i>Textularia pseudorugosa</i> Lacroix
	<i>Textularia truncata</i> Höglund
	Altfamilya Siphonotextulariinae Loeblich ve Tappan, 1985
	Cins <i>Siphonotextularia</i> Finlay, 1939

**SAROS KÖRFEZİ'NİN (KUZEY EGE DENİZİ) GÜNCEL BENTİK VE PLANKTİK
FORAMİNİFER TOPLULUKLARI İLE ÇÖKEL DAĞILIMI**

<i>Spiroloculina tenuiseptata</i> Brady	<i>Biloculinella globula</i> (Bornemann)
Familya Hauerinidae Schwager, 1876	<i>Biloculinella inflata</i> (Wright)
Altfamilya Siphonapertinae Saidova, 1975	<i>Biloculinella labiata</i> (Schlumberger)
Cins <i>Siphonaperta</i> Vella, 1957	Cins <i>Miliolinella</i> Wiesner, 1931
<i>Siphonaperta aspera</i> (d'Orbigny)	<i>Miliolinella elongata</i> Kruit
Altfamilya Hauerininae Schwager, 1876	<i>Miliolinella semicostata</i> (Wiesner)
Cins <i>Cycloforina</i> Luczkowska, 1972	<i>Miliolinella subrotunda</i> (Montagu)
<i>Cycloforina contorta</i> (d'Orbigny)	<i>Miliolinella webbiana</i> (d'Orbigny)
<i>Cycloforina villafranca</i> (le Calvez, J. ve Y.)	Cins <i>Pseudotriloculina</i> Cherif, 1970
Cins <i>Lachlanella</i> Vella, 1957	<i>Pseudotriloculina laevigata</i>
<i>Lachlanella bicornis</i> (Walker ve Jacob)	(d'Orbigny)
<i>Lachlanella undulata</i> (d'Orbigny)	<i>Pseudotriloculina oblonga</i> (Montagu)
Cins <i>Massilina</i> Schlumberger, 1893	<i>Pseudotriloculina rotunda</i>
<i>Massilina gaultieriana</i> (d'Orbigny)	(d'Orbigny)
<i>Massilina secans</i> (d'Orbigny)	<i>Pseudotriloculina sidebottomi</i>
Cins <i>Quinqueloculina</i> d'Orbigny, 1826	(Martinotti)
<i>Quinqueloculina berthelotiana</i> d'Orbigny	Cins <i>Pyrgo</i> Defrance, 1824
<i>Quinqueloculina bidentata</i> d'Orbigny	<i>Pyrgo anomala</i> (Schlumberger)
<i>Quinqueloculina disparilis</i> d'Orbigny	<i>Pyrgo comata</i> (Brady)
<i>Quinqueloculina jugosa</i> Cushman	<i>Pyrgo elongata</i> (d'Orbigny)
<i>Quinqueloculina laevigata</i> d'Orbigny	<i>Pyrgo inornata</i> (d'Orbigny)
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i> d'Orbigny	Cins <i>Pyrgoella</i> Cushman ve White, 1936
<i>Quinqueloculina limbata</i> d'Orbigny	<i>Pyrgoella sphaera</i> (d'Orbigny)
<i>Quinqueloculina neapolitana</i> Sgarrella ve Moncharmont -Zei	Cins <i>Triloculina</i> d'Orbigny, 1826
<i>Quinqueloculina poeyana</i> d'Orbigny	<i>Triloculina adriatica</i> le Calvez
<i>Quinqueloculina seminula</i> (Linné)	<i>Triloculina marioni</i> Schlumberger
<i>Quinqueloculina viennensis</i> le Calvez J. ve Y.	<i>Triloculina cf. ornata</i> le Calvez J. ve Y.
<i>Quinqueloculina vulgaris</i> d'Orbigny	<i>Triloculina plicata</i> Terquem
Altfamilya Miliolinellinae Vella, 1957	<i>Triloculina schreiberiana</i> d'Orbigny
Cins <i>Biloculinella</i> Wiesner, 1931	<i>Triloculina tricarinata</i> d'Orbigny
<i>Biloculinella depressa</i> (Wiesner)	Altfamilya Sigmoilinitinae
	Luczkowska, 1974
	Cins <i>Sigmoilina</i> Schlumberger, 1887
	<i>Sigmoilina sigmoidea</i> (Brady)
	Cins <i>Sigmoilinita</i> Seiglie, 1965
	<i>Sigmoilinita costata</i> (Schlumberger)
	<i>Sigmoilinita edwardsi</i>

(Schlumberger)	Cins <i>Polymorphina</i> d'Orbigny, 1826
Altfamilya <i>Sigmoilopsinae</i> Vella, 1957	<i>Polymorphina</i> sp. 3
Cins <i>Sigmoilopsis</i> Finlay, 1947	<i>Polymorphina</i> sp. 5
<i>Sigmoilopsis schlumbergeri</i>	<i>Polymorphina</i> sp. 7
(Silvestri)	Familya Ellipsolagenidae A. Silvestri, 1923
Familya Peneroplidae Schultze, 1854	Altfamilya Oolininae Loeblich ve Tappan, 1961
Cins <i>Peneroplis</i> de Montfort, 1803	Cins <i>Oolina</i> d'Orbigny, 1839
<i>Peneroplis planatus</i> (Fichtel ve Moll)	<i>Oolina</i> sp.
Familya Nodosariidae Ehrenberg, 1838	Familya Glandulinidae Reuss, 1860
Altfamilya Nodosariinae Ehrenberg, 1838	Altfamilya Glandulininae Reuss, 1860
Cins <i>Dentalina</i> Risso, 1826	Cins <i>Glandulina</i> d'Orbigny, 1839
<i>Dentalina inornata</i> d'Orbigny	<i>Glandulina laevigata</i> (d'Orbigny)
Cins <i>Nodosaria</i> Lamarck, 1812	Familya Epistominidae Wedekind, 1937
<i>Nodosaria raphanus</i> (Linné)	Altfamilya Epistomininae Wedekind, 1937
Cins <i>Pseudonodosaria</i> Boomgaart, 1949	Cins <i>Hoeglundina</i> Brotzen, 1948
<i>Pseudonodosaria comatula</i> (Cushman)	<i>Hoeglundina elegans</i> (d'Orbigny)
Familya Vaginulinidae Reuss, 1860	Familya Pulleniatinidae Cushman, 1927
Altfamilya Lenticulininae Chapman, Parr ve Collins, 1934	Cins <i>Pulleniatina</i> Cushman, 1927
Cins <i>Lenticulina</i> Lamarck, 1804	<i>Pulleniatina obliquiloculata</i> (Parker ve Jones)
<i>Lenticulina cultrata</i> (Montfort)	Familya Globigerinidae Carpenter, Parker ve Jones, 1862
Altfamilya Marginulininae Wedekind, 1936	Altfamilya Globigerininae Carpenter, Parker ve Jones, 1862
Cins <i>Amphicoryna</i> Schlumberger, 1881	Cins <i>Globigerina</i> d'Orbigny, 1826
<i>Amphicoryna scalaris</i> (Batsch)	<i>Globigerina bulloides</i> d'Orbigny
Cins <i>Astacolus</i> de Montfort, 1808	<i>Globigerina praecalida</i> Blow
<i>Astacolus crepidulus</i> (Fichtel ve Moll)	Cins <i>Globigerinella</i> Cushman, 1927
Familya Lagenidae Reuss, 1862	<i>Globigerinella siphonifera</i> (d'Orbigny)
Cins <i>Lagena</i> Walker ve Jacob, 1798	Cins <i>Globigerinoides</i> Cushman, 1927
<i>Lagena striata</i> d'Orbigny	<i>Globigerinoides elongatus</i> (d'Orbigny)
Familya Polymorhinidae d'Orbigny, 1839	<i>Globigerinoides gomitus</i> (Seguenza)
Altfamilya Polymorhininae d'Orbigny, 1839	
Cins <i>Globulina</i> d'Orbigny, 1839	
<i>Globulina myristiformis</i> (Williamson)	

**SAROS KÖRFEZİ'NİN (KUZEY EGE DENİZİ) GÜNCEL BENTİK VE PLANKTİK
FORAMİNİFER TOPLULUKLARI İLE ÇÖKEL DAĞILIMI**

<i>Globigerinoides ruber</i> (d'Orbigny)	Altfamilya Uvigerininae Haeckel, 1894
<i>Globigerinoides sacculifer</i> (Brady)	Cins <i>Euuvigerina</i> Thalmann, 1952
<i>Globigerinoides trilobus</i> (Reuss)	<i>Euuvigerina</i> sp.
Altfamilya Porticulasphaerinae Banner, 1982	Cins <i>Uvigerina</i> d'Orbigny, 1826
Cins <i>Orbulina</i> d'Orbigny, 1839	<i>Uvigerina mediterranea</i> Hofker
<i>Orbulina universa</i> d'Orbigny	Familya Reussellidae Cushman, 1933
Familya Bolivinidae Glaesner, 1937	Cins <i>Reussella</i> Galloway, 1933
Cins <i>Brizalina</i> O. G. Costa, 1856	<i>Reussella spinulosa</i> (Reuss)
<i>Brizalina alata</i> (Seguenza)	Familya Fursenkoinidae Loeblich ve Tappan, 1961
<i>Brizalina spathulata</i> (Williamson)	Cins <i>Fursenkoina</i> Loeblich ve Tappan, 1961
Familya Cassidulinidae d'Orbigny, 1839	<i>Fursenkoina acuta</i> (d'Orbigny)
Altfamilya Cassidulininae d'Orbigny, 1839	Familya Bagginidae Cushman, 1927
Cins <i>Cassidulina</i> d'Orbigny, 1826	Altfamilya Baggininae Cushman, 1927
<i>Cassidulina carinata</i> Silvestri	Cins <i>Valvularia</i> Cushman, 1926
Familya Siphogenerinoididae Saidova, 1981	<i>Valvularia bradyana</i> (Fornasini)
Altfamilya Tubulogenerininae Saidova, 1981	Familya Eponidiidae Hofker, 1951
Cins <i>Rectuvigerina</i> Mathews, 1945	Altfamilya Eponininae Hofker, 1951
<i>Rectuvigerina phlegeri</i> le Calvez	Cins <i>Eponides</i> de Montfort, 1808
Familya Siphogenerinoididae Saidova, 1981	<i>Eponides concameratus</i> (Williamson)
Altfamilya Siphogenerinoidinae Saidova, 1981	Altfamilya Sestronophorinae Saidova, 1981
Cins <i>Rectobolivina</i> Cushman, 1927	Cins <i>Planopulvinulina</i> Schubert, 1921
<i>Rectobolivina columellaris</i> (Brady)	<i>Planopulvinulina dispansa</i> (Brady)
Familya Buliminidae Jones, 1875	Familya Mississippinidae Saidova, 1981
Cins <i>Bulimina</i> d'Orbigny, 1826	Altfamilya Stomatorbinae Saidova, 1981
<i>Bulimina costata</i> d'Orbigny	Cins <i>Stomatorbina</i> Doreen, 1948
<i>Bulimina elongata</i> d'Orbigny	<i>Stomatorbina concentrica</i> (Parker ve Jones)
<i>Bulimina marginata</i> d'Orbigny	Familya Discorbidae Ehrenberg, 1838
Cins <i>Globobulimina</i> Cushman, 1927	Cins <i>Neoeponides</i> Reiss, 1960
<i>Globobulimina affinis</i> (d'Orbigny)	<i>Neoeponides bradyi</i> (le Calvez)
<i>Globobulimina pseudospinescens</i> (Emiliani)	Familya Rosalinidae Reiss, 1963
Familya Uvigerinidae Haeckel, 1894	Cins <i>Neoconorbina</i> Hofker, 1951

<i>Rosalina bradyi</i> Cushman	Altfamilya Annulocibicidinae Saidova, 1981
<i>Rosalina floridensis</i> (Cushman)	Cins <i>Cyclocibicides</i> Cushman, 1927
<i>Rosalina globularis</i> d'Orbigny	<i>Cyclocibicides vermiculatus</i> (d'Orbigny)
<i>Rosalina macropora</i> (Hofker)	Familya Planorbulinidae Schwager, 1877
Familya Glabratellidae Loeblich ve Tappan, 1964	Altfamilya Planorbulininae Schwager, 1877
Cins <i>Planoglabratella</i> Seiglie ve Bermudez, 1965	Cins <i>Planorbulina</i> d'Orbigny, 1826
<i>Planoglabratella opercularis</i> (d'Orbigny)	<i>Planorbulina mediterranensis</i> d'Orbigny
Familya Siphoninidae Cushman, 1927	Cins <i>Cibicidella</i> Cushman, 1927
Altfamilya Siphonininae Cushman, 1927	<i>Cibicidella variabilis</i> (d'Orbigny)
Cins <i>Siphonina</i> Reuss, 1850	Familya Acervulinidae Schultze, 1854
<i>Siphonina reticulata</i> (Czjzek)	Cins <i>Acervulina</i> Schultze, 1854
Familya Parrelloididae Hofker, 1956	<i>Acervulina inhaerens</i> Schultze
Cins <i>Cibicidoides</i> Thalmann, 1939	Cins <i>Sphaerogypsina</i> Galloway, 1933
<i>Cibicidoides pachyderma</i> (Rzehak)	<i>Sphaerogypsina globula</i> (Reuss)
<i>Cibicidoides pseudoungerianus</i> (Cushman)	Familya Asterigerinatidae Reiss, 1963
Familya Discorbinellidae Sigal, 1952	Cins <i>Asterigerinata</i> Bermudez, 1949
Altfamilya Discorbinellinae Sigal, 1952	<i>Asterigerinata mamilla</i> (Williamson)
Cins <i>Discorbinella</i> Cushman ve Martin, 1935	Familya Nonionidae Schultze, 1854
<i>Discorbinella bertheloti</i> (d'Orbigny)	Altfamilya Nonioninae Schultze, 1854
Familya Planulinidae Bermudez, 1952	Cins <i>Nonion</i> de Montfort, 1808
Cins <i>Hyalinea</i> Hofker, 1951	<i>Nonion depressulum</i> (Walker ve Jacob)
<i>Hyalinea balthica</i> (Schröter)	Cins <i>Nonionella</i> Cushman, 1926
Cins <i>Planulina</i> d'Orbigny, 1826	<i>Nonionella turgida</i> (Williamson)
<i>Planulina ariminensis</i> d'Orbigny	Altfamilya Astrononioninae Saidova, 1981
Familya Cibicididae Cushman, 1927	Cins <i>Astrononion</i> Cushman ve Edwards, 1937
Altfamilya Cibicidinae Cushman, 1927	<i>Astrononion stelligerum</i> (d'Orbigny)
Cins <i>Cibicides</i> de Montfort, 1808	Altfamilya Pulleniinae Schwager, 1877
<i>Cibicides advenum</i> (d'Orbigny)	Cins <i>Melonis</i> de Montfort, 1808
<i>Cibicides refulgens</i> Montfort	<i>Melonis pompilioides</i> (Fichtel ve Moll)
Cins <i>Cibicidina</i> Bandy, 1949	Familya Chilostomellidae Brady, 1881
<i>Cibicidina walli</i> Bandy	
Cins <i>Lobatula</i> Fleming, 1828	
<i>Lobatula lobatula</i> (Walker ve Jacob)	

**SAROS KÖRFEZİ'NİN (KUZEY EGE DENİZİ) GÜNCEL BENTİK VE PLANKTİK
FORAMİNİFER TOPLULUKLARI İLE ÇÖKEL DAĞILIMI**

Altfamilya Chilostomellinae Brady, 1881
Cins *Chilostomella* Reuss, 1849
 Chilostomella mediterranensis Cushman ve Todd
 Familya Gavellinidae Hofker, 1956
 Altfamilya Gyroidinoidinae Saidova, 1981
 Cins *Gyroidinoides* Brotzen, 1942
 Gyroidinoides soldanii (d'Orbigny)
 Familya Rotaliidae Ehrenberg, 1839
 Altfamilya Ammoniinae Saidova, 1981
 Cins *Ammonia* Brünnich, 1772
 Ammonia compacta Hofker
 Ammonia parkinsoniana (d'Orbigny)
 Ammonia tepida Cushman
 Cins *Challengerella* Billman, Hottinger ve Oesterle, 1980
 Challengerella bradyi Billman, Hottinger ve Oesterle
 Familya Elphidiidae Galloway, 1933
 Altfamilya Elphidiinae Galloway, 1933
 Cins *Criboelphidium* Cushman, 1948
 Criboelphidium poeyanum (d'Orbigny)
 Cins *Porosononion* Putrya, 1956
 Porosononion subgranosum (Egger)
 Cins *Elphidium* de Montfort, 1808
 Elphidium aculeatum (d'Orbigny)
 Elphidium advenum (Cushman)
 Elphidium complanatum (d'Orbigny)
 Elphidium crispum (Linné)
 Elphidium depressulum Cushman
 Elphidium macellum (Fichtel ve Moll)
 Elphidium maioricense Colom

7. SONUÇLAR

Saros Körfezi'ndeki güncel çökeller deniz tabanında heterojen bir yapı sunmaktadır. Çökel dağılım haritasında

göründüğü gibi, bölgedeki ana baskın birim çakıl, kum, silt ve çamurdur. Çalışılan alanda yeralan birimler; çakıl ve çamurlu-kumlu çakıl, kum, çakılı-çamurlu kum, siltli kum, çamurlu kum ve killi kum, silt, kumlu silt, çamur ve kumlu çamurdan oluşmaktadır. Bölgenin çökel dağılımında kıyıdan açığa doğru tane boyutu küçülmekte, birimler genellikle dar bantlar halinde ve kıyıya paralel olarak uzanmaktadır. Kıyı kenar çizgisi ile yaklaşık birkaç metre su derinliğine kadar olan çok dar bir şeritte yer yer çakıl, kumlu çakıl ve çakılı kum birimleri ile kıyıya paralel olarak uzanan yüksek yamaçlı kıyıların aniden eğim kazanması ile denize doğru indiği sahil şeridine denizin aşındırması ve yamaç heyelanları sonucunda kıyıda yeralan kum bantları üzerinde blok şeklinde kaya döküntüleri gözlenmektedir. Kumlu birimler, sahada 0-600 m su derinliğine kadar olan deniz alanında, siltli birimler ise 60-600 m derinliklerde bulunmaktadır. Çamurlu birimler körfezde iki bölüm halinde toplanmıştır. Bölgede kil malzemesi içeren tek birim ise, killi kumdur.

Bölgenin en önemli özelliği belirli noktalarda oldukça iri denilebilecek boyuttaki bentik ve planktik foraminiferlerin varlığıdır. Genelde 0.5 mm'lik elek üstünde gözlenen bu iri tipler arasında globigerinid grubunun da varlığı dikkat çekicidir. Bir diğer önemli husus, gerek bentik ve gerekse planktik foraminifer kavşalarının bir bölümünün doğal olarak koyu kırmızı renkli olmasıdır. Bu özellik, bölge ostrakod faunası üzerinde yürütülen çalışmalarda da gözlenmiştir (Tunoğlu, 2000).

LEVHA 1

- Şekil 1.** *Rhabdammina* sp. Dış görünüm, x 60, ist. 16.
- Şekil 2.** *Psammosphaera fusca* Schulze. Dış görünüm, x 40, ist. 29.
- Şekil 3.** *Lagenammina fusiformis* (Williamson). Dış görünüm, x 80, ist. 11.
- Şekil 4.** *Ammodiscus planorbis* Höglund. Dış görünüm, x 120, ist. 19.
- Şekil 5.** *Reophax scorpiurus* Montfort. Dış görünüm, x 60, ist. 6.
- Şekil 6.** *Ammoscalaria pseudospiralis* (Williamson). Dış görünüm, x 48, ist. 21.
- Şekil 7.** *Spiroplectinella sagittula* (d'Orbigny). a ve b dış görünümler; a, x 68, ist. 20 ve b, x 66, ist. 12.
- Şekil 8.** *Eggerelloides scabrus* (Williamson). Dış görünüm, x 105, ist. 17.
- Şekil 9.** *Bigenerina cylindrica* Cushman. Dış görünüm, x 60, ist. 26.
- Şekil 10.** *Bigenerina nodosaria* d'Orbigny. a ve b dış görünümler, x 60, ist. 4.
- Şekil 11.** *Textularia bocki* Höglund. a ve b dış görünümler, x 95, ist. 21.
- Şekil 12.** *Textularia pseudorugosa* Lacroix. Dış görünüm, x 40, ist. 12.
- Şekil 13.** *Siphonotextularia concava* (Karrer). Dış görünüm, x 105, ist. 13.
- Şekil 14.** *Connemarella rufa* (Wright). Dış görünüm, x 40, ist. 12.
- Şekil 15.** *Pseudoclavulina crustata* Cushman. a ve b dış görünümler, x 56, ist. 13.

SAROS KÖRFEZİ'NİN (KUZEY EGE DENİZİ) GÜNCEL BENTİK VE PLANKTİK
FORAMİNİFER TOPLULUKLARI İLE ÇÖKEL DAĞILIMI

LEVHA 1

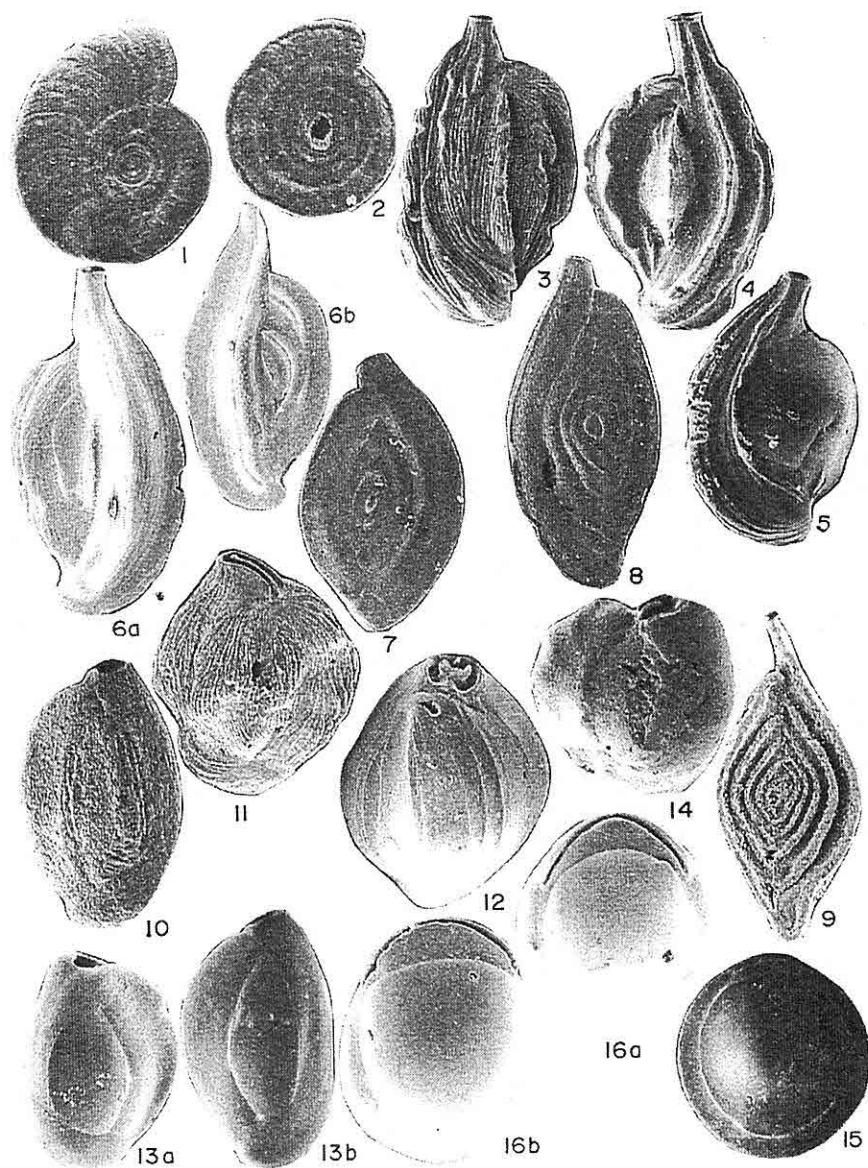


LEVHA 2

- Şekil 1.** *Cornuspira foliacea* Philippi. Dış görünüm, x 28, ist. 21.
Şekil 2. *Cornuspira involvens* (Reuss). Dış görünüm, x 60, ist. 12.
Şekil 3. *Adelosina duthiersi* Schlumberger. Dış görünüm, x 32, ist. 4.
Şekil 4. *Adelosina italicica* (Terquem). Dış görünüm, x 60, ist. 3.
Şekil 5. *Adelosina mediterranensis* (le Calvez J. ve Y.). Dış görünüm, x 68, ist. 3.
Şekil 6. *Adelosina pulchella* d'Orbigny. a ve b dış görünümler, x 40, ist. 18.
Şekil 7. *Spiroloculina depressa* d'Orbigny. Dış görünüm, x 57, ist. 18.
Şekil 8. *Spiroloculina ornata* d'Orbigny. Dış görünüm, x 60, ist. 12.
Şekil 9. *Spiroloculina tenuiseptata* Brady. Dış görünüm, x 60, ist. 12.
Şekil 10. *Cycloforina villafranca* (le Calvez J. ve Y.). Dış görünüm, x 48, ist. 3.
Şekil 11. *Lachlanella undulata* (d'Orbigny). Dış görünüm, x 60, ist. 7.
Şekil 12. *Quinqueloculina neapolitana* Sgarrella ve Moncharmont-Zei. Dış görünüm, x 72, ist. 25.
Şekil 13. *Quinqueloculina seminula* (Linné). a ve b dış görünümler, x 48, ist. 12.
Şekil 14. *Quinqueloculina vulgaris* d'Orbigny. Dış görünüm, x 48, ist. 3.
Şekil 15. *Biloculinella depressa* (Wiesner). Dış görünüm, x 72, ist. 13.
Şekil 16. *Biloculinella inflata* (Wright). a ve b dış görünümler; a, x 120, ist. 30 ve b, x 120, ist. 34.

SAROS KÖRFEZİ'NİN (KUZEY EGE DENİZİ) GÜNCEL BENTİK VE PLANKTİK
FORAMİNİFER TOPLULUKLARI İLE ÇÖKEL DAĞILIMI

LEVHA 2

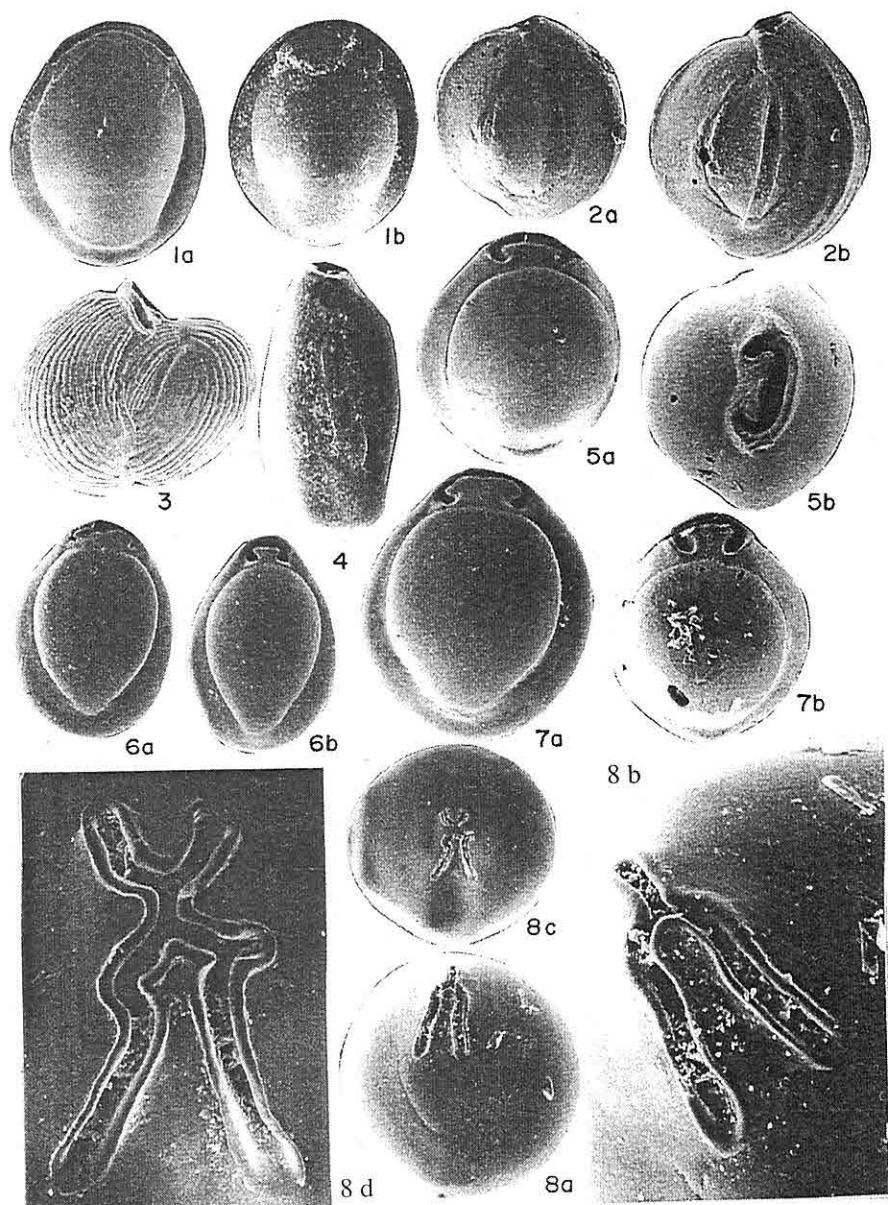


LEVHA 3

- Şekil 1.** *Biloculinella labiata* (Schlumberger). a ve b dış görünümler; a, x 64, ist. 12 ve b, x 95, ist. 9.
- Şekil 2.** *Miliolinella semicostata* (Wiesner). a ve b dış görünümler; a, x 88, ist. 12 ve b, x 88, ist. 13.
- Şekil 3.** *Miliolinella webbiana* (d'Orbigny). Dış görünüm, x 72, ist. 39.
- Şekil 4.** *Pseudotriloculina laevigata* (d'Orbigny). Dış görünüm, x 48, ist. 12.
- Şekil 5.** *Pyrgo anomala* (Schlumberger). a ve b dış görünümler; a, x 72 ve b, x 95, ist. 14.
- Şekil 6.** *Pyrgo elongata* (d'Orbigny). a ve b dış görünümler; a, x 64, ist. 11; b, x 60, ist. 12.
- Şekil 7.** *Pyrgo inornata* (d'Orbigny). a ve b dış görünümler; a, x 52, ist 14; b, x 80, ist. 13.
- Şekil 8.** *Pyrgoella sphaera* (d'Orbigny). a dış görünüm, x 80 ve b ağızın ayrıntılı görünümü, x 345, ist. 25; c dış görünüm, x 144; ağızın ayrıntılı görünümü, x 440, ist. 13.

SAROS KÖRFEZİ'NİN (KUZEY EGE DENİZİ) GÜNCEL BENTİK VE PLANKTİK
FORAMİNİFER TOPLULUKLARI İLE ÇÖKEL DAĞILIMI

LEVHA 3

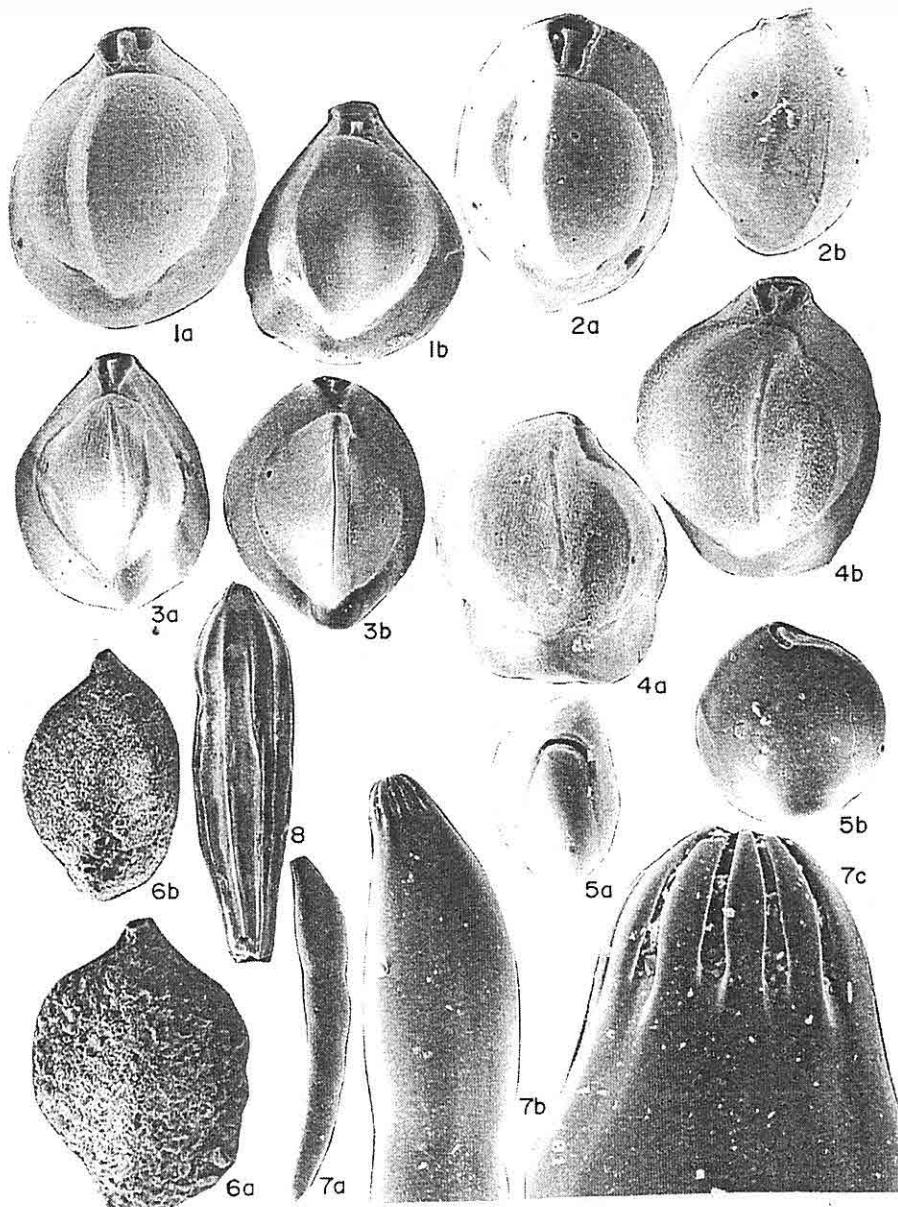


LEVHA 4

- Şekil 1.** *Triloculina adriatica* le Calvez. a ve b dış görünümler, x 80, ist. 40.
- Şekil 2.** *Triloculina marioni* Schlumberger. a ve b dış görünümler, x 95, ist. 4.
- Şekil 3.** *Triloculina tricarinata* d'Orbigny. a ve b dış görünümler; a, x 80, ist. 4 ve b, x 110, ist. 13.
- Şekil 4.** *Triloculina plicata* Terquem. a ve b dış görünümler, x 72, ist. 39.
- Şekil 5.** *Sigmoilina sigmoidea* (Brady). a ve b dış görünümler; a, x 80, ist. 20; b, x 80, ist. 7.
- Şekil 6.** *Sigmoilopsis schlumbergeri* (Silvestri). a ve b dış görünümler, x 80, ist. 7.
- Şekil 7.** *Dentalina inornata* d'Orbigny. a, b ve c dış görünümler; a, x 55; b, x 136 ve c, ağızın ayrıntılı görünümü, x 560, ist. 13.
- Şekil 8.** *Nodosaria raphanus* (Linné). Dış görünüm, x 40, ist. 4.

SAROS KÖRFEZİ'NİN (KUZEY EGE DENİZİ) GÜNCEL BENTİK VE PLAKTİK
FORAMİNİFER TOPLULUKLARI İLE ÇÖKEL DAĞILIMI

LEVHA 4

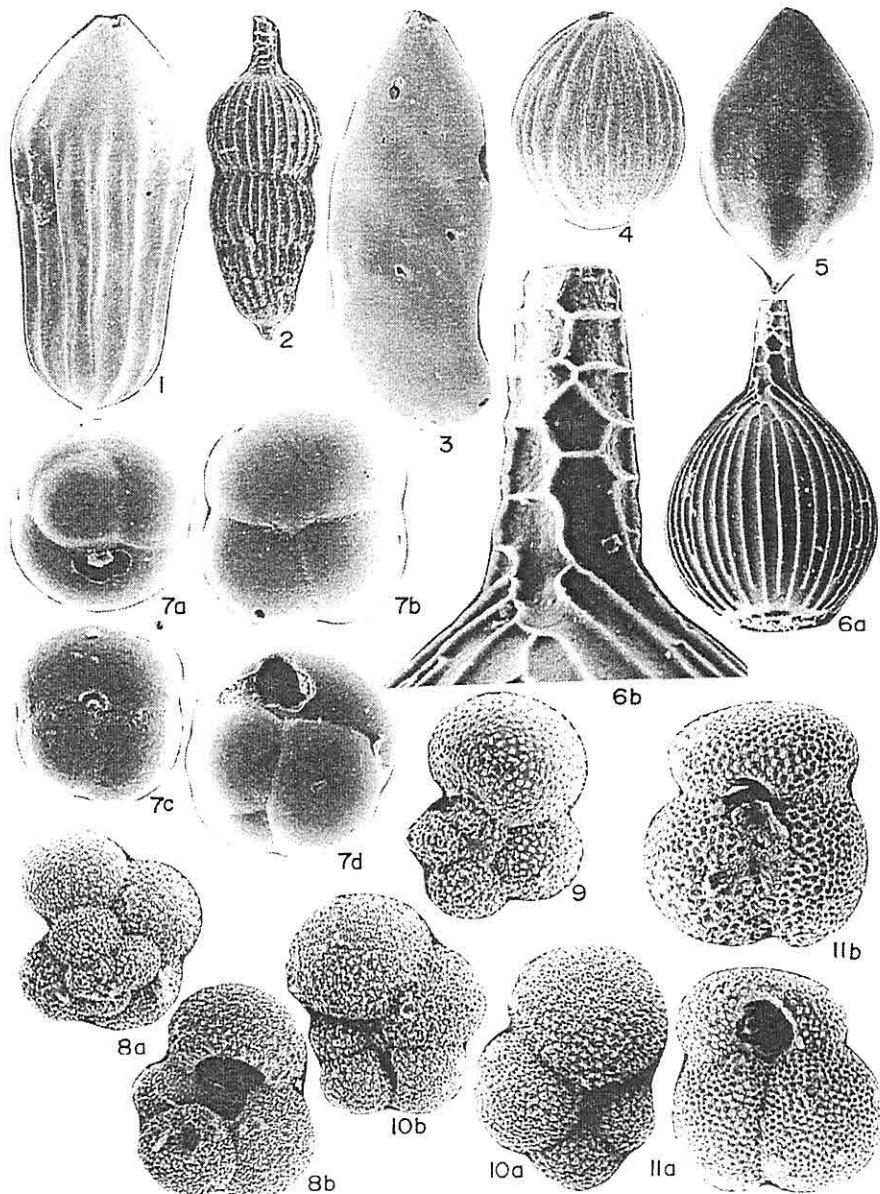


LEVHA 5

- Şekil 1.** *Pseudonodosaria comatula* (Cushman). Dış görünüm, x 75, ist. 4.
- Şekil 2.** *Amphicoryna scalaris* (Batsch). Dış görünüm, x 72, ist. 13.
- Şekil 3.** *Astacolus crepidulus* (Fichtel ve Moll). Dış görünüm, x 64, ist. 54.
- Şekil 4.** *Globulina myristiformis* (Williamson). Dış görünüm, x 80, ist. 14.
- Şekil 5.** *Glandulina laevigata* (d'Orbigny). Dış görünüm, x 95, ist. 23.
- Şekil 6.** *Lagena striata* d'Orbigny. a dış görünüm, x 160; b, boyun bölgesi, x 560, ist. 13.
- Şekil 7.** *Pullenitiana obliquiloculata* Parker ve Jones. a, b, c ve d dış görünümler; a, x 95; b, x 105; c ve d, x 112, ist. 13.
- Şekil 8.** *Globigerina bulloides* d'Orbigny. a, spiral taraf, x 120; b, ombilikal taraf, x 105, ist. 14.
- Şekil 9.** *Globigerina praecalida* Blow. Spiral taraf, x 112, ist. 7.
- Şekil 10.** *Globigerinella siphonifera* (d'Orbigny). a ve b dış görünümler; a, x 120; b, x 105, ist. 19 ve 31.
- Şekil 11.** *Globigerinoides elongatus* (d'Orbigny). Ombilikal görünümler; a, x 112 ve b, x 128, ist. 19.

SAROS KÖRFEZİ NİN (KUZEY EGE DENİZİ) GÜNCEL BENTİK VE PLANKTİK
FORAMİNİFER TOPLULUKLARI İLE ÇÖKEL DAĞILIMI

LEVHA 5

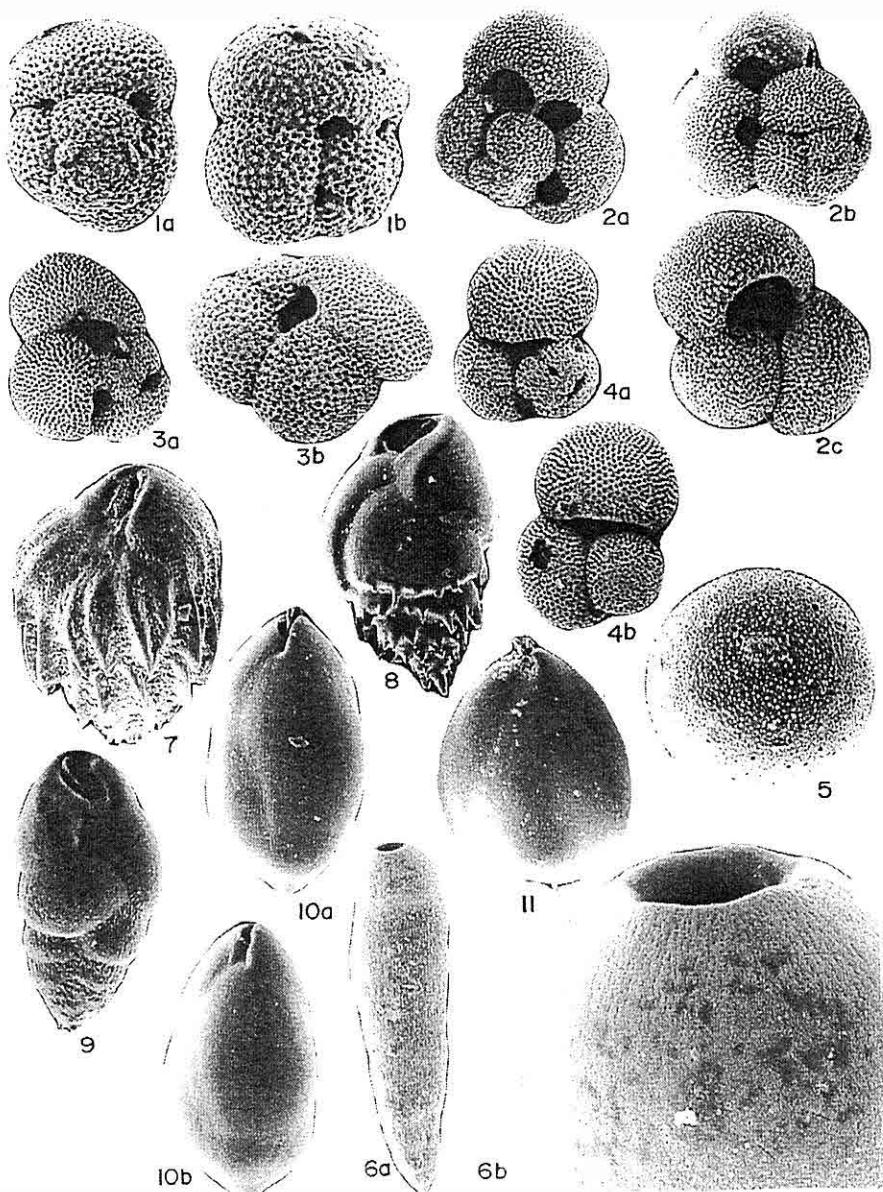


LEVHA 6

- Şekil 1.** *Globigerinoides gomitulus* (Seguenza). a spiral taraf, x, 120; b, ombilikal taraf, x 144, ist. 19.
- Şekil 2.** *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny). a ve b spiral taraf, x 80; c, ombilikal taraf, x 80; ist. 14 ve 28.
- Şekil 3.** *Globigerinoides sacculifer* (Brady). a, spiral taraf ve b, ombilikal taraf; a, x 52; b, x 80, ist. 54.
- Şekil 4.** *Globigerinoides trilobus* (Reuss). a, spiral ve b, ombilikal taraf, x 60, ist. 18.
- Şekil 5.** *Orbulina universa* d'Orbigny. Dış görünüm, x 88, ist. 28.
- Şekil 6.** *Rectobolivina columellaris* (Brady). a, dış görünüm, x 105; b, ağız, x 560, ist. 74.
- Şekil 7.** *Bulimina costata* d'Orbigny. Dış görünüm, x 56, ist. 23.
- Şekil 8.** *Bulimina marginata* d'Orbigny. Dış görünüm, x 128, ist. 13.
- Şekil 9.** *Bulimina elongata* d'Orbigny. Dış görünüm, x 88, ist. 13.
- Şekil 10.** *Globobulimina affinis* (d'Orbigny). a ve b dış görünümler, x 95, ist. 8.
- Şekil 11.** *Globobulimina pseudospinescens* (Emilianii). Dış görünüm, x 80, ist. 23.

SAROS KÖRFEZİ'NİN (KUZEY EGE DENİZİ) GÜNCEL BENTİK VE PLANKTİK
FORAMİNİFER TOPLULUKLARI İLE ÇÖKEL DAĞILIMI

LEVHA 6

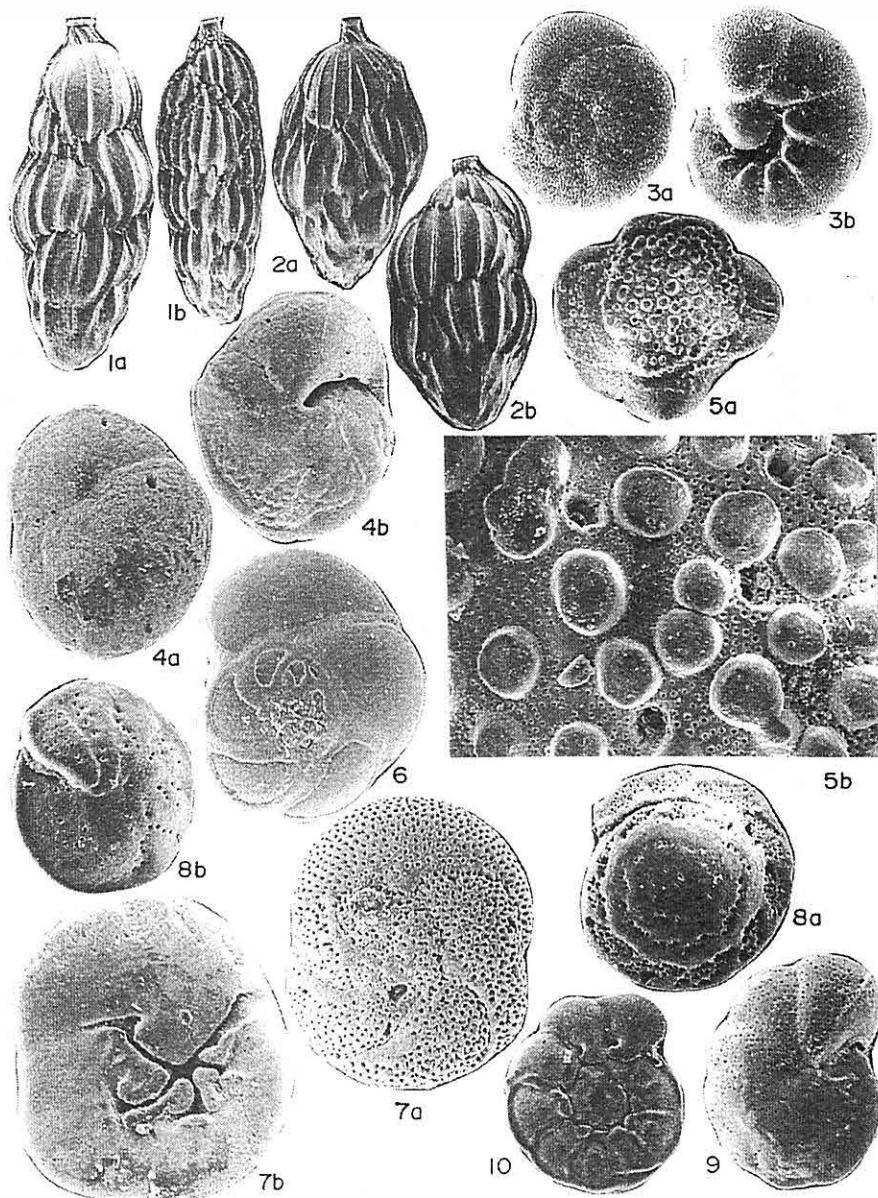


LEVHA 7

- Şekil 1.** *Euuvigerina* sp. a ve b dış görünümler, x 72, ist. 12.
- Şekil 2.** *Uvigerina mediterranea* Hosker. a ve b dış görünümler, x 72, ist. 7.
- Şekil 3.** *Valvularia bradyana* (Fornasini). a, spiral taraf ve b, ombilikal taraf, x 80, ist. 1.
- Şekil 4.** *Eponides concameratus* (Williamson). a, spiral taraf ve b, ombilikal taraf, x 60, ist. 54.
- Şekil 5.** *Planopulvinulina dispansa* (Brady). a, spiral taraf, x 44; b, kavkı yüzeyinin ayrıntılı görünümü, x 240, ist. 51.
- Şekil 6.** *Stomatorbina concentrica* (Parker ve Jones). Spiral taraf, x 80, ist. 79.
- Şekil 7.** *Rosalina bradyi* Cushman. a, spiral taraf ve b, ombilikal taraf, x 112, ist. 17.
- Şekil 8.** *Cibicidoides pachyderma* (Rzehak). a, spiral ve b, ombilikal taraf; a, x 68 ve b, x 80, ist. 13.
- Şekil 9.** *Cibicidoides pseudoungerianus* (Cushman). Ombilikal taraf, x 72, ist. 23.
- Şekil 10.** *Hyalinea balthica* (Schröter). Dış görünüm, x 80, ist. 7.

SAROS KÖRFEZİ'NİN (KUZEY EGE DENİZİ) GÜNCEL BENTİK VE PLANKTİK
FORAMİNİFER TOPLULUKLARI İLE ÇÖKEL DAĞILIMI

LEVHA 7

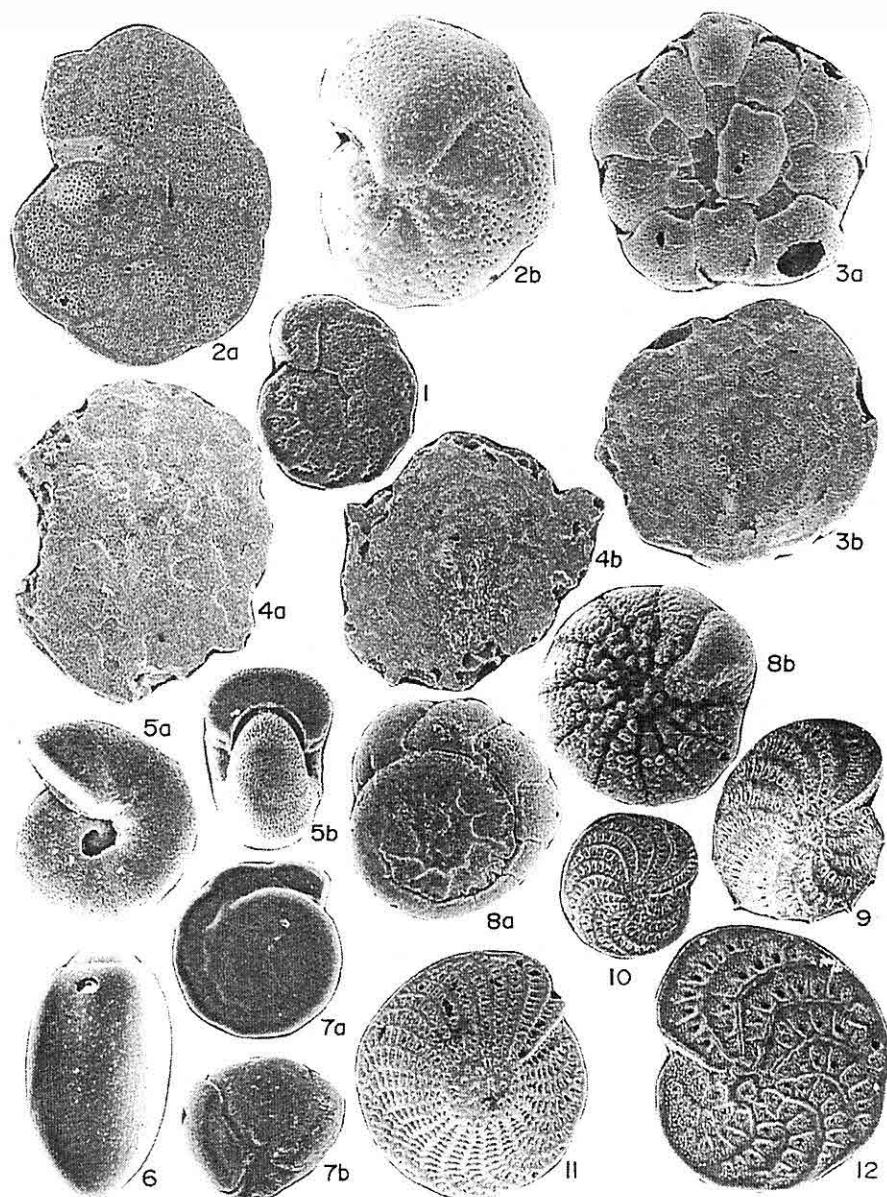


LEVHA 8

- Şekil 1.** *Planulina ariminensis* d'Orbigny. Dış görünüm, x 65, ist. 12.
- Şekil 2.** *Lobatula lobatula* (Walker ve Jacob). a, spiral ve b, ombilikal taraflar, x 72, ist. 17.
- Şekil 3.** *Planorbulina mediterranensis* d'Orbigny. a, serbest yüzey, x 105, ist. 2; b, bağlı yüzey, x 105, ist. 54.
- Şekil 4.** *Acervulina inhaerens* Schultze. a, serbest yüzey, x 44, ist. 67; b, bağlı yüzey, x 48, ist. 71.
- Şekil 5.** *Melonis pompilioides* (Fichtel ve Moll). a ve b dış görünümler; a ve b, x 72, ist. 12.
- Şekil 6.** *Chilostomella mediterranensis* Cushman ve Todd. Dış görünüm, x 105, ist. 7.
- Şekil 7.** *Gyroidinoides soldanii* (d'Orbigny). a, spiral taraf; b, ombilikal ve yan görünüm, x 64, ist. 12.
- Şekil 8.** *Ammonia compacta* Hofker. a, spiral ve b, ombilikal taraf, x 48, ist. 12.
- Şekil 9.** *Elphidium aculeatum* (d'Orbigny). Dış görünüm, x 60, ist. 12.
- Şekil 10.** *Elphidium advenum* (Cushman). Dış görünüm, x 32, ist. 12.
- Şekil 11.** *Elphidium crispum* (Linné). Dış görünüm, x 40, ist. 4.
- Şekil 12.** *Elphidium macellum* (Fichtel ve Moll). Dış görünüm, x 105, ist. 29.

SAROS KÖRFEZİ'NİN (KUZEY EGE DENİZİ) GÜNCEL BENTİK VE PLANKTİK
FORAMİNİFER TOPLULUKLARI İLE ÇÖKEL DAĞILIMI

LEVHA 8



Bölge foraminifer faunası olarak dikkati çeken önemli hususlardan biri de, pekçok örnekte bazen az sayıda, bazen ise çok bol miktarda gözlenen *Pulleniatina obliquiloculata* (Parker ve Jones)'in varlığıdır (bknz. Çizelge 2 c ve 3 c). Genel olarak Atlantik Okyanusu ve Hint Okyanusu'nda geniş bir yayılım gösteren, tropikal ve subtropikal bölgelerde yaşayan bu planktik foraminifer 19-30 °C sıcaklıkta yaşamını sürdürmektedir. Ancak, genelde 22-24 °C yüzey suyu sıcaklığında bolluk sunarlar (Bé ve Tolderlund, 1971). Atlantik kökenli olan bu cins ve türün Akdeniz ve Ege Denizi'ndeki varlığı ile ilgili olarak literatürde herhangi bir bilgiye rastlanılmamıştır. Miyosen-Holosen yaşlı olan adı geçen foraminiferin Cebelitarık Boğazı'nın açılmasından sonra Akdeniz'e girdiği ve zaman içinde Kuzey Ege Denizi'ne ulaştığı düşünülmektedir.

Saros Körfezi'nde yüzey suyu sıcaklığı Ağustos ayında 20.56-22.80 °C arası değerlere ulaşmaktadır. 13 no'lulu istasyonda *Pulleniatina obliquiloculata* (Parker ve Jones)'nın aşırı bolluğu, bu alanda faylara bağlı bir termal getirimin varlığını işaret eder. Bu noktadaki su derinliği 156 m ise de, bilindiği üzere, suyun özgül ağırlığı düşük olduğundan, özgül ağırlığı daha fazla olan soğuk su ile yer değiştirir ve böylece dipteki sıcak su yüzeye doğru yükselir. Bu şekilde yüzeye yakın 10 m derinlikte bol olan bu planktik foraminifer dipteki suyun sıcaklık değişikliğinden etkilenir ve bu alanda aşırı bir çoğalma gösterebilir. Keza, suyun bileşimindeki bazı iz elementler de

bu gelişmeye neden olabilir. Dolayısıyla, bu istasyonda gözlenen aşırı foraminifer bolluğu (bolluk derecesi % 50-55) ile istasyon noktasının çeşitli yazarlarca ileri sürülen fay hattı üzerinde yer olması bu düşüncesi kanıtlayan bir diğer veridir (bknz. Şekil 2).

Saros Körfezi'nin güneyinde, Gelibolu Yarımadası'nın kuzeybatı kıyıları boyunca KD-GB gidişli fay/faylar ile ilgili olabileceği düşünülen 3, 12, 13, 25, 54 ve 80 no.lu istasyonlarda (bknz. Şekil 1 ve 2) bol miktarda ve yoğunluğu 0.5 mm'lik elek üstünde gözlenmiş iri boyutlu foraminiferlerin varlığı dikkat çekicidir. Bunun dışında, yine körfezin kuzeyinde, varsayımla kıyıya paralel fay/faylarda gelişen kaynakların etkisi ile 15, 16, 17, 42, 44, 45, 50 ve 51 no.lu istasyonlardan derlenen örneklerde aynı özelliklerin varlığı, ayrıca körfezin orta bölgelerinde 14, 18, 19, 23, 27, 39, 40 ve 43 no.lu istasyonlardaki aşırı foraminifer bolluğu (bknz. Şekil 1 ve 2) değinilen alanlarda ekolojik koşulların değişimine neden olabilecek tektonizmaya bağlı getirimlerin olabileceği ortaya koymaktadır. Özellikle 13, 39, 42 ve 51 no.lu istasyonlardaki aşırı fert fazlalığı ile boyut iriliği bu konuda en fazla dikkati çeken bir bulgudur.

Bunun dışında aynı hat üzerinde bulunan 3 (34.80 m), 12 (214.70 m), 13 (156 m), 25 (188 m), 54 (94.50 m) ve 80 (98 m) no.lu istasyonlarda deniz derinliği farklıdır. Bunlardan 3 no.lu istasyonda tipik bentiklerin; 12, 13, 25, 54 ve 80 no.lu istasyonlarda ise, derin deniz ortamını simgeleyen *Amphicoryna scalaris*

SAROS KÖRFEZİ'NİN (KUZEY EGE DENİZİ) GÜNCEL BENTİK VE PLANKTİK FORAMİNİFER TOPLULUKLARI İLE ÇÖKEL DAĞILIMI

(Batsch), *Rectuvigerina phlegeri* le Calvez, *Bulimina marginata* d'Orbigny, *Globobulimina affinis* (d'Orbigny) ve *Uvigerina mediterranea* Hofker gibi cins ve türlerle birlikte (Sgarrella ve Moncharmont-Zei, 1993) planktik formların baskınlığı ve deniz derinliği değişimi, Şekil 2 ile uyum sağlamaktadır.

Sonuç olarak; bu gibi noktalardaki aşırı bentik foraminifer bolluğu ve bunlara ait kavaklıların oldukça iri boyutta olması, degenilen alanlarda, Ege Denizi'nin pekçok farklı noktasında gözlendiği üzere (Başkan ve Canik, 1983; Thiermann vd., 1997; Meriç vd., 2001a; 2002) faylara bağlı sıcak ve mineralli su kaynaklarının bulunduğu ve kaynaklar çevresindeki kimyasal özelliklerin normal ortam koşullarından farklı oluşu nedeni ile kavaklıarda aşırı büyümeyen ortaya çıktıgı düşünülmektedir. Ayrıca, pekçok kavkida görülen kırmızı rengin yine kaynak sularının içermiş olduğu bazı maddelerden dolayı oluşturduğu varsayılm olarak dikkate alınmalıdır.

8. KATKI BELİRTME

Yazarlar; örneklerin teminindeki katkılarından dolayı Prof. Dr. Cemal TUNOĞLU (Hacettepe Üniversitesi) ve Yrd. Doç. Dr. Nerdin KUBANÇ'a (İstanbul Üniversitesi), foraminiferlerin elektron mikroskopunda (Jeol JSM-6400 Scanning Microscope) fotoğraflarının çekimi için hertürlü olanağı sağlayan ARÇELİK Ar-Ge Merkezi Başkanlığı'na, fotoğrafları çeken Sayın Turgay GÖNÜL'e (Arçelik Ar-Ge Merkezi) ve çizimleri bilgisayarda hazırlayan Yrd.

Doç. Dr. Oğuzhan ÖZTAŞ'a (İstanbul Üniversitesi) teşekkür bir borç bilirler.

9. KAYNAKLAR

Avşar, N., 1997. Doğu Akdeniz kıyı bölgesi bentik foraminiferleri. *Yerbilimleri*, 31, 67-81.

Avşar, N., 2002. Gökçeada, Bozcaada ve Çanakkale üçgeni kıyı sahanlığı (KD Ege Denizi) bentik foraminifer dağılımı ve taksonomisi. *Yerbilimleri*, 26, 53-75, Ankara.

Avşar, N. ve Meriç, E., 1996. İskenderun Körfezi'nde bentik foraminifer dağılımı. *Sualtı Bilim ve Teknolojisi Toplantısı (SBT) Bildiriler Kitabı*, 220-224.

Avşar, N., and Ergin, M., 2001. Spatial distribution of Holocene benthic foraminifera, Northern Aegean Sea. *International Geology Review*, 43, 754-770.

Avşar, N. ve Meriç, E., 2001a. Çeşme-Ilica Koyu (İzmir) termal bölgesi güncel bentik foraminiferlerinin sistematik dağılımı. *Yerbilimleri*, 24, 13-22.

Avşar, N. ve Meriç, E., 2001b. Türkiye'nin güncel bentik foraminiferleri-I (Kuzeydoğu Akdeniz-Kuzey Ege Denizi-Çanakkale Boğazı-Kuzey ve Doğu Marmara Denizi-Haliç-İstanbul Boğazı-Bati Karadeniz). *Yerbilimleri*, 38, 109-126.

Avşar, N., Meriç, E. ve Ergin, M., 2001. İskenderun Körfezi bentogenik sedimentlerinin foraminifer içeriği. *Yerbilimleri*, 24, 97-112.

Başkan, E. ve Canik, B., 1983. Türkiye sıcak ve mineralli sular haritası Ege

- Bölgesi. MTA Enstitüsü Yayınları, 189, 80 s.
- Bé, A. W.H., and Tolderlund, D.S., 1971. *Distribution and ecology of living planktonic foraminifera in surface waters of the Atlantic and Indian Oceans. Micropaleontology of Oceans. B. M. Funnel and W. R. Riedel (eds.), Cambridge University Press, London, 105-149.*
- Bolli, H. M., Saunders, J. B., and Perch-Nielsen, K., 1985. *Plankton Stratigraphy. Cambridge University Press, Cambridge, 328 p.*
- Cimerman, F., and Langer, M. R., 1991. *Mediterranean foraminifera. Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti, Academia Scientiarum et Artium Slovenica, 118 p (93 pls.).*
- Çağatay, M. N., Görür, N., Alpar, B., Saatçilar, R., Akkök, R., Sakınç, M., Yüce, H., Yalıtrak, C., and Kuşçu, İ., 1998. *Geological evolution of the Gulf of Saros, NE Aegean Sea. Geo-Marine Letters, 18, 1-9.*
- Eryılmaz, M., 1994. *Ege Denizi, Marmaris-Fethiye-Çeşme-Çanakkale Boğazi-Marmara Denizi-Karadeniz fiber optik kablo güzergahı raporu. Project the fiber optic cable route survey Aegean Sea, Marmara and Black Sea and İstanbul, Çanakkale and the Black Sea Exit Region Final Report, SHOD, .*
- Eryılmaz, M., 1995. *Marmara Denizi, İstanbul ve Çanakkale boğazları fiber optik kablo güzergahı çalışmaları. Gemi İnşaat ve Deniz Teknolojileri Teknik Kongresi, 95 (2), 445-456.*
- Eryılmaz, M. ve Yücesoy-Eryılmaz, F., 1997. *Kıyıya yakın deniz alanlarındaki kum ve çakıl ocakları, etkileri ve ruhsat alım koşulları. Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları I. Ulusal Konferansı, Türkiye Kıyıları 97 Konferans Bildiriler Kitabı, E. Özhan (ed.), 591-601.*
- Eryılmaz, M. ve Aydın Ş., 2000. *Ege Denizi, Saros Körfezi, 1:50.000 ölçekli gökbel dağılım haritası, SHOD.*
- Folk, L., 1974. *Petrology of Sedimentary Rocks. Hephill Public Co., 182 p.*
- Hakyemez, A. ve Toker, V., 1997. *Marmara Denizi güney şelfinde güncel planktonik foraminifera dağılımı. Yerbilimleri, 30, 191-203.*
- Hottinger, L., Halicz, E., and Reiss, Z., 1993. *Recent foraminiferida from the Gulf of Aqaba, Red Sea. Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti, Academia Scientiarum et Artium Slovenica. 179 p. (230 pls.).*
- Ketin, İ., 1983. *Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış. İTÜ Yayınları, 32, 595 s.*
- Loeblich, Jr. A. R., and Tappan, H., 1988. *Foraminiferal genera and their classification. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 970 p (842 pls.).*
- Loeblich, Jr. A. R., and Tappan, H., 1994. *Foraminifera of the Sahul Shelf and Timor Sea. Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Special Publication No: 31, 663 p (630 pls.).*
- Meriç, E. ve Sakınç, M., 1990. *Foraminifera. İstanbul Boğazı Güneyi ve Haliç'in Geç Kuvatner (Holosen) Dip Tortulları, İstanbul. E. Meriç (ed.), 13-41.*
- Meriç, E., Yanko, V. ve Avşar, N., 1995. *İzmit Körfezi (Hersek Burnu-Kaba Burun)*

**SAROS KÖRFEZİ'NİN (KUZEY EGE DENİZİ) GÜNCEL BENTİK VE PLANKTİK
FORAMİNİFER TOPLULUKLARI İLE ÇÖKEL DAĞILIMI**

- Kuvaterner İstifinin Foraminifer Faunası. *İzmit Körfezi Kuvaterner İstifi, İstanbul*. E. Meriç (ed.), 105-151.
- Meriç, E., Şamlı, A. C. ve Avşar, N., 1996a. Haliç Geç Kuvaterner (*Holosen*) istifi foraminifer topluluğu ve ortamsal özelliklerde gözlenen değişimler. *Sualtı Bilim ve Teknolojisi Toplantısı (SBT) Bildiriler Kitabı*, 187-192.
- Meriç, E., Avşar, N. ve Çetin, O., 1996b. Kuşdili (Kadıköy-İstanbul) Kuvaterneri stratigrafisi hakkında yeni görüşler. Ç. Ü. Yerbilimleri/Geosound, 29, 151-159.
- Meriç, E. ve Avşar, N., 1997. İstanbul ve yakın çevresi Geç Kuvaterner (*Holosen*) bentik foraminifer faunası. Ç.Ü. Yerbilimleri/Geosound, 31, 41-65.
- Meriç, E., Kerey, İ. E., Avşar, N. ve Nazik, A., 1998a. Dilovası (Gebze-Kocaeli) Kuvaterner İstifi. Ç. Ü. Yerbilimleri/Geosound, 32, 199-218.
- Meriç, E., Kerey, E., Avşar, N., Tunoğlu, C., Taner, G., Kapan-Yeşilyurt, S., Ünsal, İ. ve Rosso, A., 1998b. İstanbul Boğazı yolu ile Marmara Denizi-Kara Deniz bağlantısı hakkında yeni bulgular. *Sualtı Bilim ve Teknolojisi Toplantısı Bildiriler Kitabı (SBT)*, 82-97.
- Meriç, E., Avşar, N. ve Nazik, A., 1999. Armutlu Yarımadası kuzey alanı (Yalova-Karamürsel) Kuvaterneri Hakkında. *İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi*, 12 (1), 1-7.
- Meriç, E. ve Avşar, N., 2000. Deniz diperindeki aktif fayların belirlenmesinde bentik foraminiferlerin önemi. *Bati Anadolu'nun Depremselligi Sempozyumu (BADSEM-2000)*, İzmir, 198-205.
- Meriç, E., Kerey, İ. E., Tunoğlu, C., Avşar, N. ve Önal, B. Ç., 2000a. Yeşilçay (Ağva-KD İstanbul) yöresi Geç Kuvaterner istifi'nin mikrofaunası ve sedimentolojisi. *Türkiye Joloji Bülteni*, 43 (2), 83-98.
- Meriç, E., Kerey, İ. E., Avşar, N., Tunoğlu, C., Taner, G., Kapan-Yeşilyurt, S., Ünsal, İ. ve Rosso, A., 2000b. Geç Kuvaterner (*Holosen*)de İstanbul Boğazı yolu ile Marmara Denizi-Karadeniz bağlantısı hakkında yeni bulgular. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 43 (1), 73-118.
- Meriç, E., Kerey, İ. E., Avşar, N., Taner, G., Akgün, F., Ünsal, İ., Rosso, A. ve Koral, H., 2000c. *Anadolu Hisarı (Doğu Boğaziçi-İstanbul) Kuvaterneri*. Ç.Ü. Yerbilimleri/Geosound, 36, 135-184.
- Meriç, E., Avşar, N. ve Kilinçaslan, Y., 2001a. Gökcada (Kuzey Ege Denizi) bentik foraminifer faunası ve bu toplulukta gözlenen yerel değişimler. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 44 (1), 39-63.
- Meriç, E., Avşar, N., Eryılmaz, M. ve Eryılmaz-Yücesoy, F., 2001b. İstanbul Boğazı'nın güncel bentik foraminifer topluluğu ve çökel dağılımı. Ç.Ü. Yerbilimleri/Geosound, 38, 93-108.
- Meriç, E., Avşar, N. ve Nazik, A., 2002. Bozcaada (Kuzey Ege Denizi) bentik foraminifer ve ostrakod faunası ile bu toplulukta gözlenen yerel değişimler. Ç.Ü. Yerbilimleri/Geosound, 40-41, 97-119.
- Nazik, A., Meriç, E., and Avşar, N., 1999. Environmental interpretation of Quaternary sediments: Küçüksu Palace (Asian side of Bosphorus, Anadolu Hisarı-Turkey). H.Ü. Yerbilimleri, 21, 105-113.
- Rapor 1, 1995. ITUR (Project the strait

- Istanbul, Çanakkale and the Black Sea exit region), final report, SHOD, 115 s.*
- Rapor 2, 1995. KAFOS Project cable route survey report (Sea of Marmara the strait Istanbul and the Black Sea exit region), 120 s.*
- Sgarrella, F., and Moncharmont-Zei, M., 1993. Benthic foraminifera of the Gulf of Naples (Italy), systematic and autoecology. *Bulletino della Societa Paleontologica Italiana*, 32 (2), 145-264.*
- Thiermann, F., Akoumianaki, I., Hughes, J.A., and Giere, O., 1997. Benthic fauna of a shallow water gasehydrothermal vent area in the Aegean Sea (Milos, Greece). *Marine Biology*, 128 (1), 149-159.*
- Tunoğlu, C., 2000. Kişisel görüşme. Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe, Ankara.*
- TR-2911, 1994, 1:50.000 ölçekli Türkiye, Ege Denizi, Saros Körfezi, seyir haritası, Deniz Kuvvetleri Komutanlığı, Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı, Çubuklu-İstanbul.*
- Wang, L., 2000. Isotopic signals in two morphotypes of *Globigerinoides ruber* (White) from the south Chine Sea: implications for monsoon climate change during the last glacial cycle. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 161, 381-394.*
- Yaltırak, C., 1995. Gelibolu Yarımadası'nda Pliyo-Kuvaterner sedimentasyonunu denetleyen tektonik mekanizma. Nezih Canitez Sempozyumu Özel Sayısı, İstanbul, Jeofizik, 10, 103-106.*
- Yanko, V., and Troitskaja, T., 1987, Late Quaternary foraminifera of the Black Sea. Moscow, Nauka, 111 p.*

SEDİMENT PERMEABİLİTELƏRİNİN HESAPLANMASINDA YAPAY SİNİR AĞLARI MODELİ

A.Ferhat BAYRAM

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

S.Sinan GÜLTEKİN

S.Ü., Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya/Türkiye

Gürsel KANSUN

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

ÖZET : En çok kullanılan altı adet geçirimlilik denklemlerinden üretilen veriler, yapay sinir ağlarına (YSA) uygulanarak, yeni bir geçirimlilik değeri bulunmuştur. Geçirimlilik değişkenleri olarak gözeneklilik (n) ve efektif tane çapı (d_{10}) alınmıştır. Her denklemde bu parametrelerle bağlı olarak üretilen geçirimlilik değerleri yapay sinir ağlarının verilerini oluşturmaktadır. Böylece altı değişik denklem YSA da birleştirilerek tek bir geçirimlilik sonucu grafiksel olarak sunulmuştur. Yapay sinir ağında Çok Katmanlı Ağ Yapısı (Multi – Layer Perceptrons) ve öğrenme algoritması olarak Genişletilmiş Delta Bar Delta (GDBD) kullanılmıştır. Yapay sinir ağı modeli kullanılarak çakıl, kum ve silt için ayrı ayrı elde edilen geçirimlilik sonuçları denklemsel geçirimlilik sonuçlarıyla oldukça iyi uyumluluk göstermektedir.

THE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK MODEL FOR ESTIMATING HYDRAULIC CONDUCTIVITY OF POROUS MEDIA

ABSTRACT: A new equation for estimating the hydraulic conductivity of porous media is introduced by applying Artificial Neural Network methods on the data obtained from six most commonly used hydraulic conductivity equation. Porosity (n), effective grain size (d_{10}) is taken as permeability variables. Hydraulic conductivity data produced with those variables in each equation forms Artificial Neural Network data. Thus, a hydraulic conductivity result is introduced in Artificial Neural Network method. In Artificial Neural Network, Extended Delta Bar Delta is used as Multi- Layer Perceptrons and learning algorithm. The hydraulic conductivity results for gravel, sand and silt by using Artificial Neural Network model are in well accord with those obtained by equations.

1. GİRİŞ

Bir çok araştırmacı, boşluklu tanelerin geçirimliliklerinin bulunmasında deneySEL olarak ölçülmüş değerlere yaklaşmak amacıyla çok sayıda formüller türetmişlerdir. Genel olarak geçirimlilik; su faktörüne (w), tanelerin efektif çapına (d_{10}), üniformluluk katsayısına ($C_u = d_{60}/d_{10}$), gözenekliliğine (n), toplam hacimdeki yüzey alanına (S) ve düzen katsayısına (C_s) bağlı olarak değişmektedir (Domenico ve Shwartz, 1990, Fetter, 1994). Bu değişkenlere bağlı olarak çoğunlukla kullanılan geçirimlilik (m/s) denklemleri aşağıda özetlenmektedir. İlk olarak Hazen (1911) tarafından,

$$K = 0,0116 * d_{10}^2 * (0,70 + 0,03T) \quad (1)$$

formülü bulunmuştur. Burada; K , geçirimlilik (hidrolik konduktivite) (m/s); d_{10} , efektif tane çapı (mm); T ise su sıcaklığıdır ve hesaplamlarda $T=10^\circ C$ alınmıştır.

Harleman ve diğ. (1963) hazen formülünü geliştirerek,

$$K = w * 6,54 * 10^{-4} * d_{10}^2 \quad (2)$$

elde etmiştir (Domenico ve Shwartz 1990). Burada; w su faktörüdür ve $w=g/\eta$ 'dır ve g , yerçekimi ivmesidir ($9,81 m/s^2$); η , ise suyun kinematik viskozitesidir ($1,31 * 10^{-6} m^2/s$). Aynı zamanda geçirimlilik (K) ile esas geçirimlilik (intrinsic permeability) arasında $K=w*K_i$ gibi bir ilişki vardır. Burada esas geçirimlilik yalnızca kayaca

özgү bir geçirimliliktir. Geçirimlilik ise hem kayaç, hem de akışkanın birlikte oluşturduğu geçirimliliktir.

Vukovic ve Soro (1992) ise Hazen formülünü,

$$K = w * Ch * f(n) * d_{10}^2 \quad (3)$$

olarak geliştirmiştir. Burada; $C_h=6,0 * 10^{-4}$ ve $f(n) = [1+10(n-0,26)]$ 'dır (Kresic, 1997).

Daha sonraları Kozeny (1927) geçirimliliği etkileyen parametreleri artırarak,

$$K = w * \frac{Ck * n^3}{S^2} \quad (4)$$

formülünü elde etmiştir. Formülde S ; boşluk yüzey alanı, C_k ise kozeny katsayısidır ve bir çok araştırmacı tarafından $1/5$ olarak kabul edilmiştir. Daha sonra Carmen – Kozeny formülü geliştirilmiştir (Carman 1937).

$$K = \frac{n^3}{5 * (1-n)^2 * S_0^2} \quad (5)$$

Burada; S_0 , katı materyalin birim kütlesindeki yüzey alanıdır ve genelde $S_0=6/d$ olarak ifade edilir. Kozeny formülündeki boşluk yüzey alanı (S), Barr (2001) tarafından $S=C_s * S_0 * (1-n)$ olarak ifade edilmektedir. C_s 'nin güven limiti $1,1 \pm 0,1$ olarak C_k , $1/5$ olarak alındığında Kozeny formülü,

$$K = w * \left(\frac{n^3}{(1-n)^2} \right) * \left(\frac{d^2}{217,8} \right) \quad (6)$$

olarak geliştirilebilir. Bear (1972) 'de

SEDİMENT PERMEABİLİTELİRİNİN HESAPLANMASINDA YAPAY SİNİR AĞLARI MODELİ

Carmen-Kozeny formülünü benzer şekilde ($C_k=1/5$ ve $S_0=6/d$),

$$K = w * \left(\frac{n^3}{(1-n)^2} \right) * \left(\frac{d^2}{180} \right) \quad (7)$$

olarak hesaplamıştır. Vukovic ve Soro (1992) Kozeny denklemini,

$$K = w * 8,3 * 10^{-3} * \left(\frac{n^3}{(1-n)^2} \right) * d_{10}^{-2} \quad (8)$$

olarak geliştirmiştir.

Böylece yukarıdaki denklemlerdeki su faktörünü sabit tutmak şartıyla değişken sayısını gözeneklilik (n) ve efektif tane çapı (d_{10}) olmak üzere ikiye indirmek mümkündür. Geçirimliliğin bulunmasında; kullanılan arazi metodlarının (pompa testleri, slug test vs.) pahalılığı, laboratuar metodlarının (sabit/değişen seviyeli permeametreler vs.) zaman alıcılığı, araştırmacıları çoğulukla geçirimlilik denklemlerini kullanmaya itmiştir. Ancak denklemlerin kullanılabilirlik alanlarını sınırlayan özellikle hangi denklemin hangi aralıkta iyi sonuç verdiği karmaşası sonuçların elde edilmesinde şüpheler uyandırmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada; yine en çok kullanılan denklemlerle yapay sinir ağlarının mükemmel kestirimciliğini kullanarak tek bir sonuç elde edilmesi hedeflenmiştir.

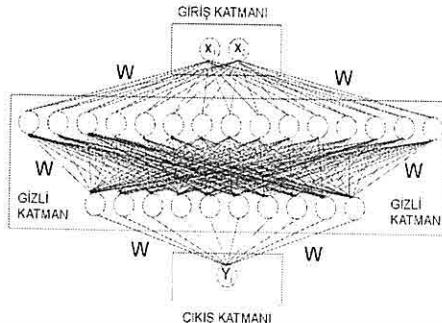
2. YAPAY SINİR AĞLARINA AİT ALGORİTMANIN KURULMASI

Yapay sinir ağlarının (YSA) oluşum süreci insanoğlunun programlanabilir makineler yerine eğitilebilir makineler üretme arzusu ile başlamıştır. YSA,

biyolojik sinir ağlarını modelleme esası üzerine kurulmuş yeni bir bilgi işleme teknigidir. Geliştirilen birçok YSA modeli, biyolojik sinir ağlarının bilinen temel birkaç özelliğine benzetilerek ortaya çıkarılmıştır. Bu özelliklerin en başında öğrenme kabiliyeti ve sonuç çıkarma gelmektedir. YSA olayları öğrenerek karar verme prensibi üzerine çalışır. Öğrenme, sistemlerin aynı veya benzer işi yaptıklarında, o işi veya işleri bir önceki yapıldığı sekilden daha verimli ve etkin olarak değişiklikleri oluşturma süreci olarak tanımlanır. Bu nedenle YSA, çok farklı yapıdaki ve formdaki bilgi verilerini tanımlama ve algılamadaki klasik tekniklerin (doğrusal olmayan değişkenlere sahip sistemler) çözümsüzlüğüne karşı etkin bir alternatif oluşturmaktadır. YSA; örnekler kullanarak öğrenme, şekil ve görüntü çağrıştırma, tanıma ve sınıflandırma, genelleme, hata indirgeme ya da toleransı, paralel ve hızlı bilgi işleme gibi temel özelliklere sahiptir (Haykin, 1994).

YSA temel olarak yönlü bir şebeke/ağ mimarisidir. Bir YSA'da genel olarak girdiler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, transfer (eşik, aktivasyon) fonksiyonu ve çıktı bölümleri yer almaktadır. Genişletilmiş Delta Bar Delta (GDBD) algoritma ile eğitilen Çok Katmanlı Ağ Yapısı yapay sinir ağı sınıflandırmaları içinde en yaygın olarak kullanılmıştır (Rumelhart ve McClelland, 1986; Rumelhart ve dig., 1986; Sağiroğlu ve dig., 1998). Giriş verileri giriş katmanından sonra gizli katmanlardan geçerek ağırlıklar yardımıyla çıkış

katmanına ulaşır (Şekil 1).



Şekil 1. Çok katmanlı bir YSA modeli
(Şekilde x_i 'ler girdileri, y_j 'ler çıktıları göstermektedir).

YSA'nın girişini oluşturan düğümlerin tamamı giriş katmanı, çıkışını oluşturan düğümler çıkış katmanı ve girişlerin kendi ağırlık değerleri ile çarpılıp çarpımların toplandığı ve transfer fonksiyonu (bu çalışmada sigmoidal fonksiyon, $f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$ kullanılmıştır) ile toplamın yumesatılıp çıkışa sonuçların iletiliği düğümlerin yer aldığı gizli katmanlar bulunmaktadır.

$$\text{out}_i = y_i = f\left(\sum_{j=1} w_{ij} * x_j\right) \quad (9)$$

burada out_i :i. sinir hücresinin çıkışı, x_j :gizli katmanlara iletilen giriş sinyalleri, w_{ij} :bağlantı ağırlıklarıdır.

Genişletilmiş Delta-Bar-Delta (GDBD) öğretme algoritması (NeuralWare, 1996), eğitmede belirli bir anda yada periyotta genel hatayı hesaplayarak hata düzeltme özelliğine sahiptir. Belirli bir anda ölçülen hata, bir önceki anda bulunan hattadan büyük ise ağır ağırlıkları bir önceki ağırlık

değerlerini alır. Daha iyi sonuçlar elde etmek için hata düzeltme özelliğine dayanıklılık (patience) faktörü eklenmiştir. Her periyottaki (iterasyon) hatayı test etmek yerine, daha önce iyileştirilme işlemi yapıldığından hata, n periyotta test edilir.

GDBD'de, her bir bağlantıdaki momentum hızı $\mu(k)$ ve öğrenme hızı $\alpha(k)$ zamanla değişmektedir.

$$\Delta w(k+1) = \alpha \delta(k) + \mu \Delta w(k) \quad (10)$$

değerinin ağırlıklara katkısıyla

$$w(k+1) = w(k) + \Delta w(k+1) \quad (11)$$

elde edilebilir. Burada α ve μ sabittir. Bunun yanında GDBD için değişken öğrenme ve değişken momentum hızları aşağıdaki gibi elde edilebilir. Ağırlıklar,

$$\Delta w(k+1) = \alpha(k) \delta(k) + \mu(k) \Delta w(k) \quad (12)$$

değerinin bir önceki ağırlığa eklenmesiyle

$$w(k+1) = w(k) + \Delta w(k+1) \quad (13)$$

bulunur. Burada, μ k zamanındaki bağlantı momentum hızıdır. Momentum hızı μ k ve öğrenme hızı α k aşağıdaki kurallara göre benzer şekilde ayarlanır (Minai ve Williams, 1990).

Ağırlık uzayında, osilasyonları ve aşırı atlamaları engellemek için, üst sınırlar her bir bağlantı öğrenme hızları ve momentum hızları üzerinde belirlenir. Matematiksel ifadesi, tüm bağlantılar için aşağıdaki gibidir.

$$\alpha(k) \leq \alpha_{\max} \quad (14)$$

$$\mu(k) \leq \mu_{\max} \quad (15)$$

Burada, α_{\max} öğrenme katsayısının üst sınırı ve μ_{\max} ise momentum katsayısının üst sınırıdır.

Sonuç olarak, GDBD algoritmasına düzeltme özellikli bir hafıza yerleştirilmiştir. Kullanıldığı zaman, eğitim verilerinin sunumu her periyottan sonra, hata değerlendirilir. Hata, $E(k)$, bir önceki minimum hatadan küçük ise ağırlıkları o anki en iyiler olarak hafızada saklanır. Düzeltme tolerans parametresi λ , düzeltme sürecini kontrol eder. O andaki hata önceki minimum hatayı aşarsa, yani

$$E(k) > E_{\min}\lambda \quad (16)$$

olursa, tüm bağlantı ağırlıkları, hafızada saklı olan en iyi değerlerle değiştirilir. Ayrıca, öğrenme ve momentum hızları, düzeltmeyi başlatmak için azaltılır.

En aza indirmeye veya yükseltme ile ağırlık vektörü bulunur. Bir performans çeşidi olarak bilinen, karesel ortalama hata ($E_p = \text{RMS} = \text{mean squared error}$) ile amaç hatayı küçültmeye çalışmaktadır (Fu, 1994).

$$E_p = \frac{1}{2} [\sum (t_{pj} - o_{pj})]^2 \quad (17)$$

burada E_p : p. vektör için hatayı, t_{pj} : j. sinir hücresi için beklenilen değeri (eğitme setindeki ilgili çıkış değeri) ve o_{pj} : j. çıkış düğümünün gerçek değerini göstermektedir.

3. HESAPLANMIŞ HİDROLİK KONDUKTİVİTE DEĞERLERİNİN YAPAY SİNİR AĞLARINA UYGULANMASI

Boşluklu tanelerin geçirimliliklerinin bulunmasında yaygın olarak kullanılan denklemlerin sayısı oldukça fazladır. Bu nedenle aynı örnekte farklı geçirimlilik değerleri hesaplanmaktadır. Bu denklemlerden türetileerek hesaplanan farklı geçirimlilik sonuçları YSA'na uygulanarak tek bir sonuç elde edilmiştir.

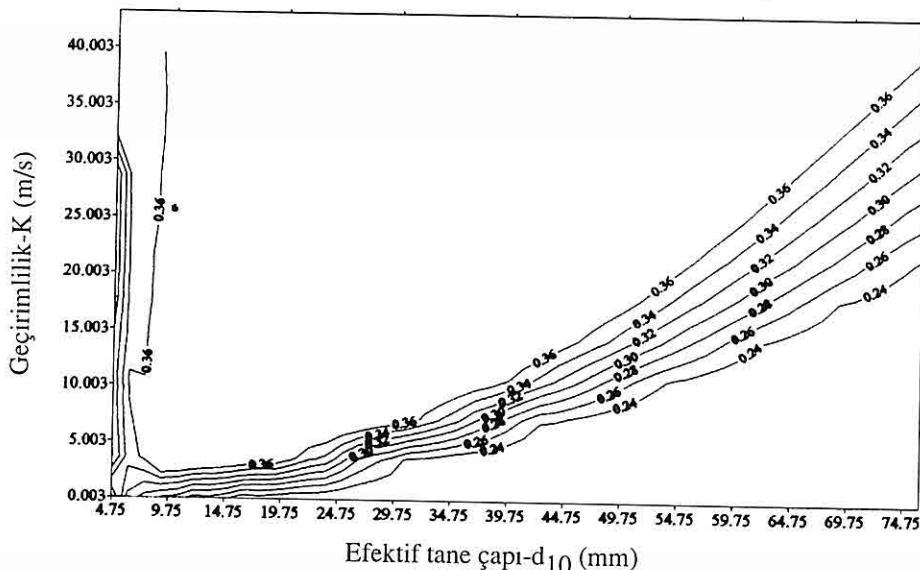
Yapay sinir ağında gözeneklilik (n) ve efektif tane çapı (d_{10}) giriş sinir hücreleri olarak ve çıkış sinir hücresi olarak da geçirimlilik denklemlerinin sonuçları kullanılmıştır. Ayrıca 1. ve 2. gizli katmanlar için sırayla 10 ve 8 düğüm en uygun konfigürasyonu oluşturmuştur (Şekil 1).

YSA eğitimi aynı algoritma da, aynı periyotla çakıl, kum ve silt için ayrı ayrı yapılmıştır. Üretilen veri setleri çakıl için seçilen (0.24, 0.2556, 0.2712, 0.2868, 0.3024, 0.318, 0.3336, 0.3492, 0.3648, 0.38) on adet gözeneklilik değerinin her birine karşılık olarak efektif tane çapları 4.75 mm'den başlayarak 76 mm'ye kadar 3.761 adımla artırılarak alınmıştır. Böylece çakıla ait her bir denklem seti için 200 adet geçirimlilik değeri türetilecek toplam 1200 adet çıkış değeri bulunmuştur.

YSA'da saptanan çakıla ait geçirimlilik değerlerini bulmak için bir grafik geliştirilmiştir (Şekil 2). Bu grafikte, y ekseninde gösterilen geçirimlilik değeri; x ekseninde yer alan efektif tane çapı değerinden dik çıklararak gözeneklilik

konturlarının kestiği noktadan x ekseni'ne
paralel çizilerek y eksenini kestiği
noktadan bulunmaktadır.

gözeneklilik değerinin her birine karşılık olarak efektif tane çapları 0.005 mm'den başlayarak 0.074 mm'ye kadar 0.00363



Şekil 2. Çakıl için YSA modelinde gecirimlilik değerlerinin bulunması

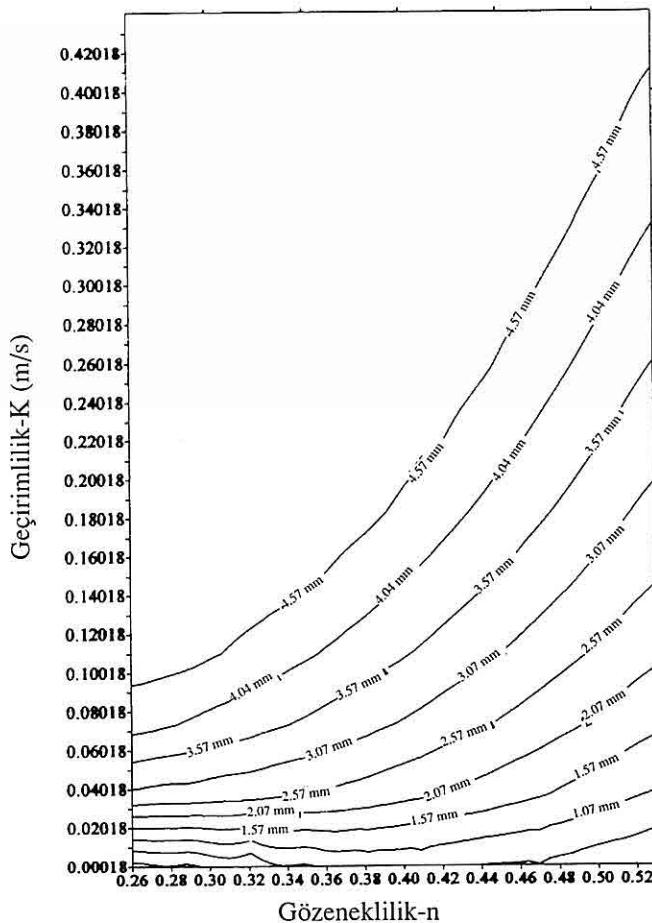
Kum için seçilen (0.26, 0.29, 0.32, 0.35, 0.38, 0.41, 0.44, 0.47, 0.50, 0.53) on adet gözeneklilik değerinin her birine karşılık olarak efektif tane çapları 0.074 mm'den başlayarak 4.75 mm'ye kadar 0.2462 adımla artırılarak alınmıştır. Böylece kuma ait her bir denklem seti için 200 adet geçirimlilik değeri türetilerek toplam 1200 adet çıkış değeri bulunmuştur. Kumların geçirimliliğine ilişkin geliştirilen YSA modeli grafiğinde; x ekseninde gözeneklilik, y ekseninde geçirimlilik değerlerine karşılık oluşturulan konturlar ise efektif tane çapını göstermektedir (Şekil 3).

Silt için seçilen (0.34, 0.37, 0.40, 0.43, 0.49, 0.49, 0.51, 0.54, 0.57, 0.61) on adet

adımla artırılarak alınmıştır. Böylece silte ait her bir denklem seti için 200 adet geçirimlilik değeri türetilerek toplam 1000 adet çıkış değeri bulunmuştur.

Siltlerin geçirimliliğine ilişkin geliştirilen YSA modeli grafiğinde ise; x ekseninde porozite, y ekseninde efektif tane çapı değerlerine karşılık oluşturulan konturlar ise geçirimliliği göstermektedir (Şekil 4).

Denklem (1, 2, 3, 6, 7, 8) eşitliklerine göre çakıl, kum, silt için ayrı ayrı türetilen değerlerin YSA'da eğitiminde kullanılan katsayılar ve yaklaşım sonuçları Çizelge 1'de sunulmuştur. Görüldüğü gibi RMS-hata miktarlarının düşük, korelasyon katsayılarının 1'e yakın olması YSA



Şekil 3. Kum için YSA modelinde geçirimlilik değerlerinin bulunması.

eğitiminin başarıyla sağlandığını göstermektedir.

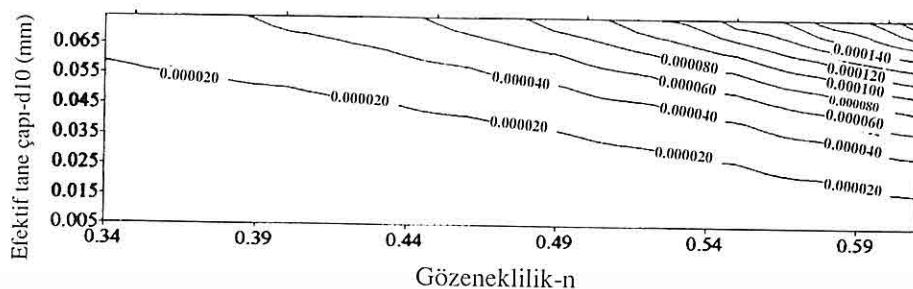
Denklemlerle hesaplanan geçirimlilik değerlerindeki dalgalanmaların YSA modeliyle sökünlendirildiği YSA modeli geçirimlilik sonuçlarının sıralanmasıyla daha net görülmektedir (Şekil 5, 6, 7).

4. SONUÇLAR

Böşluklu tanelerin geçirimliliklerinde yaygın olarak kullanılan altı farklı

denklemdeki değişkenleri (gözeneklilik ve efektif tane çapı) kullanarak türetilen değerlerden YSA modeliyle tek bir sonuç saptanmıştır. YSA modeliyle elde edilen sonuçlar üç boyutlu olarak değerlendirildiğinde n ve d_{10} 'a bağlı bir eğrisel düzlem oluşturmaktadır. Bu eğrisel düzlem denklemleştirilemediinden dolayı sonuçlar grafiksel olarak sunulmuştur.

Bu çalışmada kullanılan Çok Katmanlı Ağ Yapısına ait Genişletilmiş Delta-Bar-



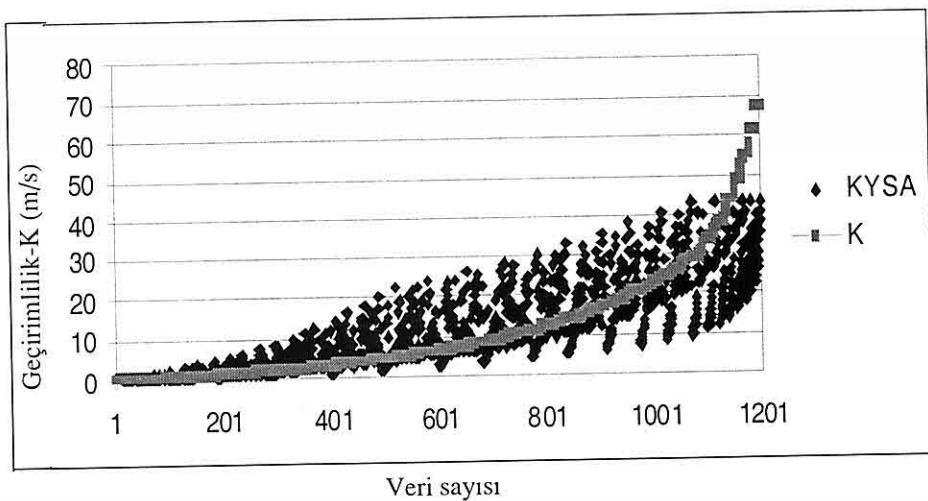
Şekil 4. Silt için YSA modelinde geçirimlilik değerlerinin bulunması.

Çizelge 1. GDBD'de kullanılan düğüm sayıları ile parametre değerleri.

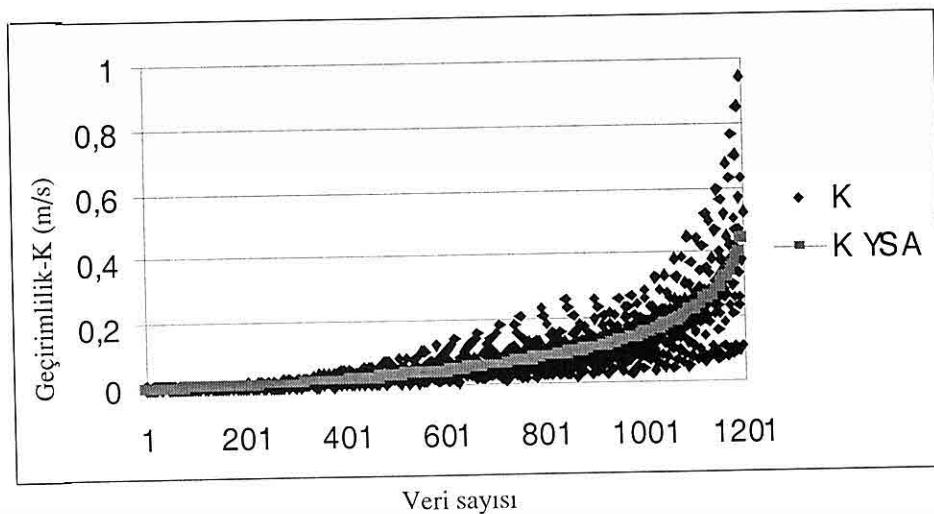
	Çakıl	Kum	Silt
Giriş	2	2	2
Çıkış	1	1	1
Ara Katmandaki Düğüm Sayısı	10x8	5	10x8
Transfer Fonksiyonu	Sigmoid	Sigmoid	Sigmoid
Öğrenme RMS Hata	0.0790	0.0373	0.0454
Eğitim İçin Periyot Sayısı	1000000	1000000	1000000
Momentum	0.4	0.4	0.4
Sabit Öğrenme Hızı Aralık Faktörü (ka)	0.095	0.095	0.095
Sabit Momentum Hızı Aralık Faktörü (km)	0.01	0.01	0.01
Sabit Momentum Hızı Üstel Faktörü (gm)	0.0	0.0	0.0
Sabit Öğrenme Hızı Üstel Faktörü (ga)	0.0	0.0	0.0
Sabit Momentum Hızı Azaltma Faktörü (jm)	0.01	0.01	0.01
Sabit Öğrenme Hızı Azaltma Faktörü (ja)	0.1	0.1	0.1
Düzelme Tolerans Parametresi (l)	1.5	1.5	1.5
Konveks Ağırlık Faktörü (q)	0.7	0.7	0.7

Delta öğrenme algoritması, danışmanlı öğrenme algoritmaları sınıfına giren bir Geri Yayılım algoritmasıdır ve bu algoritmada genellikle transfer fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu tercih edilir (Rumelhart ve McClelland 1986). Buna karşılık YSA'nın çözmeye çalışacağı

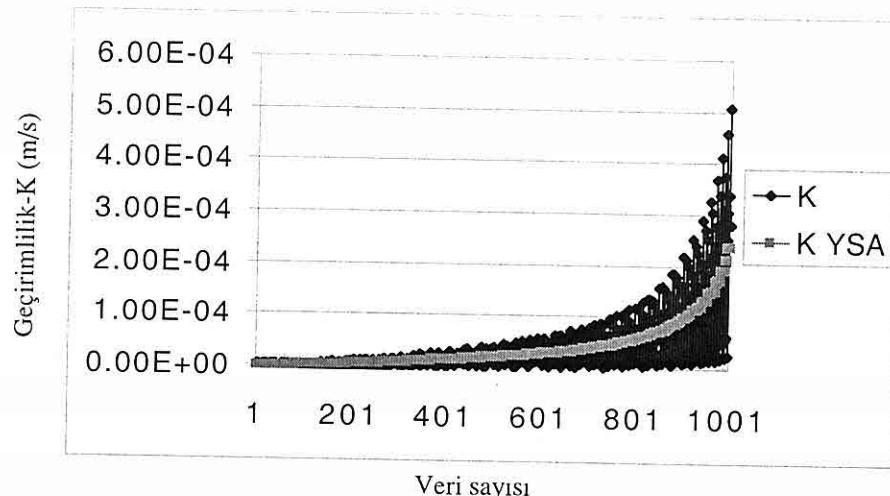
problemin yanıtı, problemin kendine has özelliklerine bağlıdır ve etkin bir şekilde deneme yanlışına yoluyla parametreler tespit edilebilir. Çizelge 2'de; bazı denemelere ait periyot ve ağ yapısı performanslarının Toplam Mutlak Hataları ve RMS Hataları karşılaştırılarak



Şekil 5. Çakıllar için sıralanmış YSA modeli geçirimlilikleri ile denklemleme ait geçirimliliklerin karşılaştırılması.



Şekil 6. Kumlar için sıralanmış YSA modeli geçirimlilikler ile denklemleme ait geçirimliliklerin karşılaştırılması.



Şekil 7. Siltler için sıralanmış YSA modeli geçirimlilikler ile denklemelere ait geçirimliliklerin karşılaştırılması.

Çizelge 2. Çeşitli denemelere ait periyot ve ağ yapısı performansları.

Bazi denemeler		Çakıl		Kum		Silt	
		Toplam Mutlak Hata	RMS Hata	Toplam Mutlak Hata	RMS Hata	Toplam Mutlak Hata	RMS Hata
Periyot sayısı	100000	11454	0.1157	56.3050	0.0470	0.034130	0.0666
	250000	6723	0.0794	51.3760	0.0476	0.024179	0.0492
	500000	6598	0.0791	40.8228	0.0387	0.020182	0.0459
	750000	6596	0.079	37.4530	0.0374	0.019168	0.0455
	1000000	6580	0.079	37.108	0.0373	0.01895	0.0454
Ağ yapısı (Bir milyon periyotta)	2x5x1	6586	0.079	36.72	0.0371	0.019370	0.0455
	2x5x5x1	6575	0.079	36.95	0.0372	0.018980	0.0454
	2x5x8x1	6579	0.079	36.95	0.0372	0.018994	0.0454
	2x8x8x1	6577	0.079	36.77	0.0372	0.019014	0.0454
	2x10x8x1	6572	0.079	37.10	0.0373	0.01895	0.0453

Not: Toplam Mutlak Hata= $\sum |y_j - \hat{y}_j|$ 'dir. Burada y_j YSA'da çıkış için kullanılan j. geçirimlilik değeri, \hat{y}_j ise YSA eğitimi sonunda elde edilen geçirimlilik değeridir.

SEDİMENT PERMEABİLİTELERİNİN HESAPLANMASINDA YAPAY SİNİR AĞLARI MODELİ

en uygun periyot sayısı 1 milyon ve en uygun ağ yapısı kum için 2x5x1, silt ve çakıl için 2x8x10x1 olarak bulunmuştur.

YSA modeline ait geçirimlilik sonuçları denklemel verilere oldukça yakın değerler sunmaktadır. Denklemel geçirimlilik ve YSA modeline ait geçirimlilik sonuçları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde YSA eğitiminin yüksek derecede sağlandığını göstermektedir (Çizelge 3).

York, 824 p.

Fetter, C.W. 1994. *Applied Hydrogeology*. Third Edition, Prentice Hall, New Jersey: USA.

Fu, L., 1994, *Neural Networks in Computer Intelligence*, McGraw Hill International editions, Singapore, pp. 460.

Harleman, D.R.E., Melhorn, P.F. ve Rumer, R.R. 1963. *Dispersion-permeability correlation in porous media*. J. Hydraul. Div., American Society of Civil Engineers 89: 67-85.

Çizelge 3. Denklemler ve YSA modeli geçirimlilik değerlerinin istatistiksel sonuçları.

	Çakıl		Kum		Silt	
	K	KYSA	K	KYSA	K	KYSA
En yüksek	67.37062	43.086	0.9459501	0.44073	0.0005081	0.000238
En düşük	0.018569	0.00231	6.04*10-6	0.00017	7.76*10-8	0
Eleman sayısı	1200	1200	1200	1200	1000	1000
Ortalama	11.62761	11.6711	0.0788	0.07949	3.67*10-5	3.69*10-5
Varyans	188.8776	109.084	0.011615	0.00799	3.47*10-9	1.96*10-9
Standart sapma	13.749	10.4443	0.107771	0.08944	5.89*10-5	4.43*10-5
Ortalama mutlak hata			5.4833		0.0309	1.57*10-5

5. KAYNAKLAR

Barr, D.W. 2001. *Coefficient of permeability determined by measurable parameters*. Ground Water 39; 3: 356-361.

Bear, J. 1972. *Dynamics of fluids in porous media*, American Elsevier. New York: USA.

Carman, P.C. 1937. *Fluid flow through a granular bed*. Trans. Inst. Chem. Engnrs. 15: 150-156.

Domenico, P. A., ve Shwartz, F. W., 1990, *Physical and chemical hydrogeology*: John Wiley & Sons, New

Haykin, S. 1994. *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*. Macmillan College Publishing Company, New York: USA.

Hazen, A. 1911. *Discussion: Dams on Sand Foundations*. Transactions, American Society of Civil Engineers 73: 199.

Kozeny, J. 1927. *Über kapillareleitung des Wassers in boden*. Sitzungsber Akad. Wiss. Wien. 136: 271-306.

Kresic, N., 1997, *Quantitative solution in hydrogeology and groundwater modeling*: CRC Lewis Publishers, New

York, 461 p.

Minai, A.A. ve Williams, R.D. 1990. Acceleration of Backpropagation Through Learning Rate and Momentum Adaptation. *Int. Joint Conf. on Neural Networks I*: 676-679.

NeuralWare Handbook. 1996. *Neural Computing: A Technology Handbook for Professional II/PLUS and NeuralWorks Explorer*. NeuralWare, Inc., Technical Publications Group, Pittsburgh: USA.

Rumelhart, D.E. ve McClelland, J. L. 1986. *Parallel Distributed Processing 1*. The MIT Press, Cambridge: Massachusetts.

Rumelhart, D.E., Hinton, G.E. ve Williams, R.J. 1986, *Learning Internal Representations by Error Propagation*, *Parallel Distributed Processing, Vol. I: Foundations*, D.E. Rumelhart ve J.L. McClelland (Eds.), MIT Press, Cambridge, MA, pp 318 – 362.

Sağiroğlu, Ş., Güney, K. and Erler, M., 1998, *Neural Design of Rectangular Microstrip Antennas*, Kayseri İkinci Havacılık Sempozyumu, Prof. Dr. Veysel ATLI (Eds.), 209 – 218.

Vukovic, M. ve Soro, A. 1992. Determination of Hydraulik konduktivity of porous media from grain-size composition. *Water Resources Publications, Littleton: Colorado*.

ARGUVAN (MALATYA) GÜNEYİNDE YÜZEYLEYEN NEOJEN BİRİMLERİNİN STRATİGRAFİSİ VE ÇÖKELME ORTAMLARI**İbrahim TÜRKMEN, Calibe KOÇ, Ercan AKSOY***F.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ/Turkey***Niyazi AVŞAR, Feyza DİNÇER***Ç.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana/Turkey*

ÖZET: İnceleme alanındaki Neojen birimlerini Alibonca Formasyonu (*Üst Oligosen - Alt Miyosen*), Malatya volkanitleri (*Alt - Orta Miyosen*) ve birbirleriyle yanal-düşey ilişkili Küseyin formasyonu (*Üst Miyosen*), Parçikan formasyonu (*Üst Miyosen*), Boyaca formasyonu (*Üst Miyosen*) oluşturur. Alibonca Formasyonu bentik foraminferli alglı-mercانlı istiftası, bentik foraminiferli-alglı tanetaşı ve alglı-mercانlı bağlamtaşları fasiyeleri ile temsil edilir. Bu fasiyeler birlilikleri resif çatısı, lagün ve resif ölü çökellerini karakterize eder. Birimden derlenen örneklerde ait paleontolojik veriler *Üst Oligosen - Alt Miyosen* yaşını vermiştir. Küseyin formasyonu, tane boyu yukarıya doğru incelen ardalananlı istiflerden oluşur. Bu ardalananlı istiflerin alt seviyelerini tabakalı konglomera ve teknemsi-düzlemsi çapraz tabakalı kumtaşı, üst düzeylerini ise kırmızı çamurtaşları oluşturur. Bu istifler menderesli akarsu tortullarını karakterize eder. Parçikan formasyonu ince-orta taneli kumtaşı, silttaşları, organik malzemeli gri-yeşil kilitası, marn, kömür ve kireçtaşından oluşmakta olup, bataklıklarla ilişkili sığ göl ortamında çökelmıştır. Paleontolojik ve palinolojik veriler formasyonun *Üst Miyosen* yaşı olduğunu gösterir. Birim, Küseyin ve Boyaca formasyonları ile yanal-düşey geçişlidir. Ortalı-dis yelpaze ortamında çökelmiş olan Boyaca formasyonunun alt düzeylerini kırmızı çamurtaşları ve siltli çamurtaşları, üst düzeylerini ise tabakalı konglomera, çapraz tabakalı kumtaşı ve kırmızı çamurtaşları ardalaması oluşturur.

STRATGRAPHY AND DEPOSITIONAL ENVIRONMENTS OF NEogene UNITS IN THE AREA OF ARGUVAN – PARÇIKAN (MALATYA, E. TURKEY)

ABSTRACT: *Alibonca Formation (Upper Oligocene-Lower Miocene), Malatya volcanics (Lower-Middle Miocene), Küseyin formation (Upper Miocene), Parçikan formation (Upper Miocene) and Boyaca formation (Upper Miocene) represent Neogene units in the studied area. Alibonca Formation consists of benthic foraminiferous algal-coral packstone, benthic foraminiferous-algal grainstone and algal-coral boundstone, characterizing reef core, reef front and lagoon deposits. Paleontologic data of Alibonca Formation indicate that the age of the unit is Upper Oligocene - Lower Miocene. Küseyin formation is composed of finning-upward interbedded sequence.*

Stratified conglomerate and trough-planar crossbedded sandstone occur in the lower part of the sequence and, red mudstones are in the upper part. These sequences characterize meandering river facies. Parçikan formation consists of fine middle grained sandstone, siltstone, organic rich gray-green claystone, marl, coal and limestone, characterizing a shallow lacustrine environment associated with swamps. Paleontologic and palinologic data indicate that the age of the Parçikan formation is Upper Miocene. The formation passes laterally-vertically into Küseyin and Boyaca formations. The Lower part of the Boyaca formation is composed of red mudstone and silty red mudstone and, stratified conglomerate, cross-bedded sandstone and red mudstone interbedded are in the upper part. This facies characterizes middle-distal alluvial fan deposits.

1. GİRİŞ

Neojen birimleri Doğu Anadolu Bölgesi'nde oldukça geniş yayılım göstermektedir. Genellikle kırıntılı-karbonatlı ve volkanik kayaçlarla temsil edilen bu birimler bölgedeki neotektonizma etkisinde gelişmiş olup, yerel stratigrafik ve sedimentolojik özellikler sunmaktadır (Şaroğlu ve Güner, 1981; Şaroğlu ve Yılmaz, 1984, 1986; Türkmen ve Aksoy, 1998).

İnceleme alanı yakın çevresindeki Neojen yaşlı volkanik kayaçların petrolojik özellikleri (Ercan ve Asutay, 1993; Kürüm, 1994; Alpaslan ve Terzioğlu, 1996; Kürüm ve Bingöl, 1996) ve tortul birimlerin stratigrafik özellikleri (Türkmen ve Aksoy, 1998; Sönmez, 2004) incelenmiştir. Ancak inceleme alanının yer aldığı Arguvan-Parçikan dolaylarındaki Neojen birimlerinin stratigrafisine yönelik sınırlı sayıda çalışma (Önal 1995a, 1995b) yapılmıştır.

Bu çalışma sırasında Arguvan-Parçikan yöresindeki Neojen birimlerinden ölçülen ayrıntılı stratigrafik kesitler ve yerel gözlemler ile paleontolojik - palinolojik

veriler esas alınarak birimlerin stratigrafik özellikleri ve çökelme ortamları ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2. NEOJEN BİRİMLERİNİN STRATIGRAFİSİ VE FASİYES ÖZELLİKLERİ

2.1. Neojen Öncesi Temel Birimleri

İnceleme alanına ait Miyosen öncesi temel birimleri Keban metamorfitleri (Permo-Triyas), Elazığ magmatitleri (Senoniyen) ve Orta-Üst Eosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu oluşturur.

Keban metamorfitleri inceleme alanını kuzeydoğudan sınırlamakta olup, mermel ve şistlerle temsil edilir. Elazığ magmatitleri ise inceleme alanının doğu kesimlerinde yer almaktadır ve andezit, bazalt, diyorit ve gabrolardan oluşur. Orta-Üst Eosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu ise konglomera, kumtaşı, kireçtaşları ve marn ile temsil edilir ve inceleme alanının doğusunda yüzeyler.

2.2. Neojen Birimleri

İnceleme alanındaki Neojen birimlerini Alibonca Formasyonu (Üst Oligosen – Alt Miyosen), Malatya volkanitleri (Alt-Orta

ARGUVAN (MALATYA) GÜNEYİNDE YÜZEYLEYEN NEOJEN BİRİMLERİNİN STRATİGRAFİSİ VE ÇÖKELME ORTAMLARI

Miyosen), Küseyin formasyonu (Üst Miyosen), Parçikan formasyonu (Üst Miyosen) ve Boyaca formasyonu (Üst Miyosen) oluşturur (Şekil 1, 2).

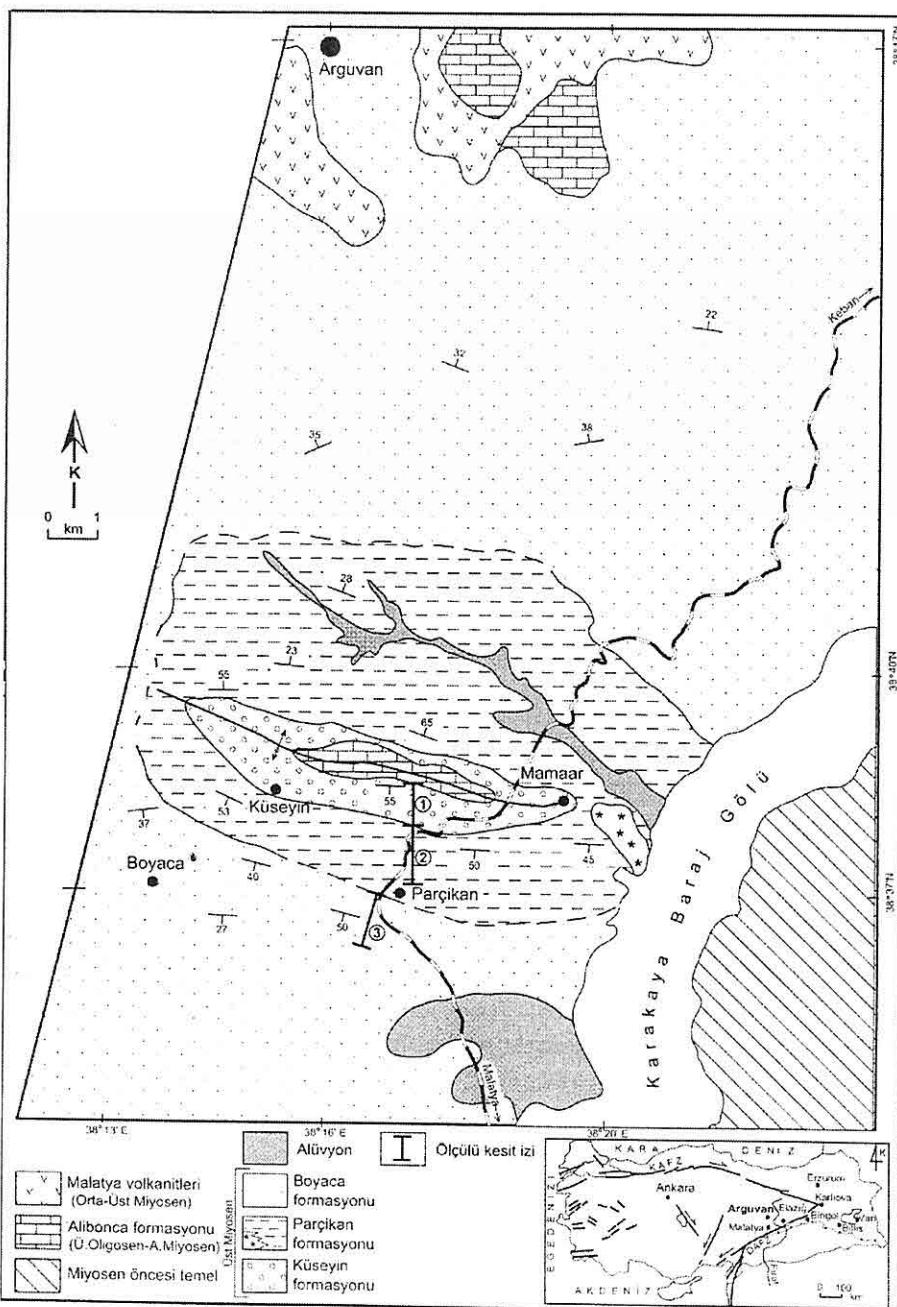
2.2.1. Alibonca Formasyonu

Tanımı ve Dağılımı: Malatya dolayında geniş yayılım gösteren birim, Gözübol ve Önal (1986) tarafından Kilayik formasyonu olarak adlandırılmıştır. Aynı birim inceleme alanı ve yakın çevresinde Önal (1995a, 1995b) tarafından Akyar kireçtaşı olarak tanımlanmış ve haritalanmıştır. Elazığ, Arguvan ve Arapgir dolaylarında ise Alibonca Formasyonu olarak adlandırılmıştır (Kürüm, 1994; Türkmen ve Aksoy, 1998; Türkmen ve diğ., 1998; Aygen, 2000; Türkmen ve Ertürk, 2002; Sönmez, 2004). Bu çalışmada da birim için Alibonca Formasyonu adı benimsenmiştir. İnceleme alanında tabanı gözlenemeyen birim (Şekil 1), daha kuzeydeki alanlarda Keban metamorfitlerini kırıntılı fasiyelerle uyumsuz olarak üzerler. Birim, Küseyin formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülüdür.

Fasiyes Özellikleri: İnceleme alanındaki antiklinalin çekirdeğini oluşturan bu birimin ayrıntılı kesit ölçülebilecek yüzeyleme vermemesi nedeniyle formasyonun Arguvan kuzeyindeki yüzeylemelerine ait örneklerde gözlenen fasiyes özelliklerine değinilecektir. Birim, Arapgir-Arguvan dolaylarında genellikle kireçtaşı ve yer yer de marn ara seviyeleri içeren kireçtaşları ile temsil edilir. Bu kireçtaşlarında yapılan mikrofasiyeler analizleri sonucu bunların,

bentik foraminiferli-algli-mercancı istiftası, bentik foraminiferli-algli tanetaşı ve algili-mercancı bağlamtaşları fasiyeleri ile temsil edildiği görülür. Bentik foraminiferli-algli-mercancı istiftasındaki bentik fosillerin çoğunluğunu Miliolidler oluşturmaktadır. Bentik foraminiferli algli tanetaşlarını başlıca bentik foraminiferler ve algler oluşturur. Buradaki fasiyelerde boyanma iyi gelişmiş olup yer yer biyoklastik malzemeler gözlenir. Bağlamtaşlarını çoğunlukla algler ve yer yer de mercanlar oluşturur. Formasyonun büyük bir kısmını buradaki bağlamtaşları ile bentik foraminiferli algli tanetaşları oluşturmaktadır, bu iki fasiyes birbirleri ile yanal-düsey ilişkilidir. Algli ve mercancı bağlamtaşları-istiftası fasiyesi, dalga ve akıntıların etkin olduğu sığ ve çalkantılı alanlarda gelişir (Milliman, 1974). Algli mercancı bağlamtaşları resif çatısını, bu fasiyelerle yanal-düsey ilişkili bentik foraminiferli (çoğunlukla Miliolid'li) istiftaları ise lagün fasiyelerini karakterize eder (Wilson, 1975; Longman, 1981). Bağlamtaşları ile yanal-düsey ilişkili bentik foraminiferli-algli tanetaşları ise resif önü fasiyelerini oluşturmaktadır, buradaki alglerin resiflerden işlenerek daha derin alanlarda çökeldiğine işaret eder.

Yaş: Birimin Arguvan-Arapgir (Malatya) ve Elazığ dolaylarındaki yüzeylemeleri üzerinde yapılan çalışmalarla Alt Miyosen yaşı olduğu belirtilmiştir (Kürüm, 1994; Önal 1995a, 1995b, Türkmen ve Aksoy, 1998; Türkmen ve diğ., 1998; Aygen, 2000;



Şekil 1. İnceleme alanının jeoloji haritası (Önal, 1995 b ve Bilgiç, 2002'den değiştirilmiştir).

**ARGUVAN (MALATYA) GÜNEYİNDE YÜZEYLEYEN NEOJEN BİRİMLERİNİN
STRATİGRAFİSİ VE ÇÖKELME ORTamlARI**

PALEOZO-MESOZ.	S E N O Z O Y İ K			ÜSİSTEM	SİSTEM	BİRİM	KALINLIK (m)	LITOLOJİ	AÇIKLAMALAR	FOSİLLER	ÇÖKEL. ORT.	
	PALEOJEN	N E O J E N	Ü S T M İ Y O S E N					HOLOS.	Aluv.			
	Ü. OLIG.- A. MIYOS.	ORTA MIYOSEN	MALATYA VOLCANİT.	KÜSEYİN FORMASYONU	PARÇIKA FORMASYONU	BOYACA FORMASYONU	350			Konglomera, kumtaşı ve kırmızı çamurtaşı ardalanması	<i>Cyprideis pannonica</i> (Mehes), <i>Cyprideis</i> (C.) <i>anatolica</i> Bassiouni, <i>Cyprideis trituberculata</i> (Kristic), <i>Candona angulata</i> G.W.Mueller, <i>Candona</i> (C.) <i>parallela pannonica</i> (Zalanyi), <i>Candona neglecta</i> Sars, <i>Cyprideis anatolica</i> Bassiouni.	
				588			325			Kırmızı çamurtaşı	<i>Leavigatosporites heardti heardti</i> (Polypodiaceae), <i>Pityosporites microcalatus</i> (Pinus-haploplex type), <i>Inaperturopollenites dubius</i> (Taxodiaceae), <i>Ephedripites</i> sp. (Ephedraceae), <i>Monoporopollenites grammireoides</i> (Gramineae: Poaceae), <i>Sperganiopollenites neogenicus</i> (Sperganiaceae:Sperganium), <i>Cyperaceapollenites piformis</i> , <i>Trietropollenites rurensis</i> (Myricaceae: Myrica), <i>Momipites punctatus</i> (Juglandaceae:Enghertia), <i>Platycaryapollenites microceniticus</i> (Juglandaceae: Platcarya), <i>Subtriporopollenites simplex simplex</i> (Carya), <i>Polyporopollenites verus</i> (Ailnus), <i>Polyporopollenites undulosus</i> (Ulmaceae: Ulmus/Zelkova), <i>Tricolpopollenites microchenrici</i> (Fagaceae:Quercus), <i>Tricolpopollenites densus</i> (?Fagaceae:Quercus), <i>Quercopollenites robur</i> (Quercus), <i>Tricolpopollenites</i> sp., <i>Tricolpopollenites cingulum</i> (Fagaceae: Castanea), <i>Tricolpopollenites megaexectus</i> (Cyrillaceae), <i>Tricolpopollenites microreticulatus</i> (Caprifoliaceae: Sambucus), <i>Umbelliferaepollenites</i> sp. (Umbelliferae), <i>Tricolpopollenites</i> sp. (Liguliflorae-Compositae), <i>Tricolpopollenites</i> sp. (Tubuliflorae-Compositae), <i>Periporopollenites halifani</i> , <i>Periporopollenites multiporus</i> (Chenopodiaceae), <i>Periporopollenites stigmatus</i> .	
										Mam		
										Kireçtaşı		
										Kömür		
										Bazalt		
										Gri-yeşil kilitası		
										Kumtaşı		
										Konglomera, kumtaşı ve kırmızı çamurtaşı ardalanması		
										Kırmızı çamurtaşı		
										Andezit, bazalt		
										Kireçtaşı		
										Mam		
										Konglomera		
										Neojen öncesi temel kayalar		
											ALÜYDAL YELP.- MEND. NEH.	SİG GÖL-DELTA
											ALÜYDAL YELP.- MEND. NEH.	ALÜYDAL YELPAZE
											SİG DENİZ	

Şekil 2. Arguvan-Parçikan (Malatya) dolaylarının genelleştirilmiş stratigrafik kesit.

Türkmen ve Ertürk, 2002; Sönmez, 2004). Arguvan-Arapgir dolaylarındaki yüzeylemelerinden alınan örneklerdeki *Quinqueloculina* sp., *Biloculina* sp., *Sigmoilina* sp., *Astrotrillina howchini* (Schlumberger), *Dentritina* sp., *Peneroplis evolutus* Henson, *Peneroplis thomasi* Henson, *Peneroplis* sp., *Spirolina cylindracea* Lamarck, *Archaias kirkukensis* Henson, *Brizalina* sp., *Rosalina* sp., *Lobatula lobatula* (Walker & Jacob), *Eorupertia* sp., *Amphistegina* sp., *Lepidocyclus* sp., *Ammonia* sp., *Criboelphidium* sp., *Elphidium advenum* Cushman, *Elphidium* sp., *Miogypsina* sp., *Miogypsinoides* sp., ve *Heterostegina* sp. fosillerine göre birime Üst Oligosen–Alt Miyosen yaşı verilmiştir.

2.2.2. Malatya Volkanitleri

İnceleme alanının kuzeyinde Arguvan ve Arapgir dolaylarında geniş yayılım gösteren birim Ercan ve Asutay (1993) tarafından adlandırılmıştır. Aynı alanda birimin tabanındaki Alibonca Formasyonu'nun üst düzeylerindeki kireçtaşları ile ardalanmalı volkanik kayaçların bulunduğu, bir başka ifade ile Malatya volkanitlerinin, Alibonca Formasyonu'nu uyumlu olarak üzerlediği görülür. Birim, Kurt (1972) ve Gürer (1994) tarafından Hekimhan-Hasançelebi (Malatya) dolaylarında Yamadağ formasyonu adı altında incelenmiştir. Bu çalışmada birim için Malatya volkanitleri adı benimsenmiştir. Birim üzerinde radyometrik yaş çalışmaları yapan Leo ve dig. (1974), bazaltik lavların Orta Miyosen, dasitik lavların ise Orta-Geç

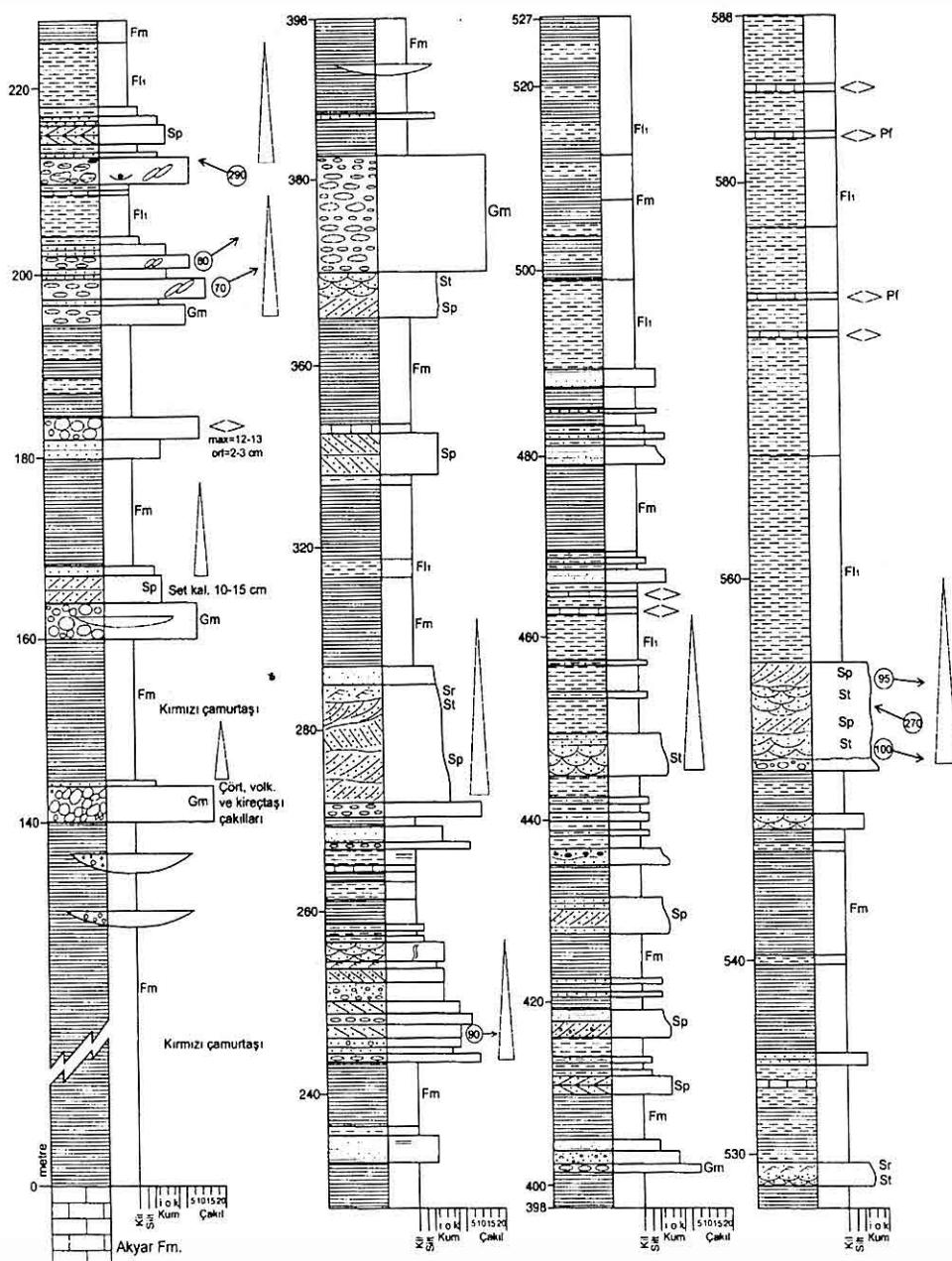
Miyosen'de gelişliğini belirtirler. Bazaltlarla temsil edilen bu birimin tabanındaki Alibonca Formasyonu'nun üst düzeylerindeki bazalt-kireçtaşı ardalanması göz önüne alındığında Malatya volkanitlerinin yaşı Alt-Orta Miyosen olarak verilebilir.

2.2.3. Küseyin Formasyonu

Tanımı ve Dağılımı: İnceleme alanında sınırlı bir yüzeyleme gösteren birim ilk defa Önal (1995a, 1995b) tarafından Küseyin Köyü dolaylarında Küseyin formasyonu adıyla haritalanmıştır. Tabanında Alibonca Formasyonu'nu uyumsuz olarak üzerleyen birim, Parçikan formasyonu tarafından uyumlu olarak örtülmektedir (Şekil 1).

Fasıyes Özellikleri: Kırmızı renkli konglomera (Gm), kumtaşı (Sp, St, Sr) ve çamurtaşından (Fm, F11) oluşan formasyon tabanda kırmızı renkli ve 100 m kalınlığındaki çamurtaşı ile başlar orta-üst seviyelerinde tane boyu yukarıya doğru incelen dönemsel ardalanmalı istiflerden oluşur (Şekil 3). Bu ardalanmalı istiflerin alt düzeylerini konglomera ve kumtaşı, üst düzeylerini ise kırmızı çamurtaşı oluşturur. Konglomera; tane destekli ve iyi olgunlaşmış olup, kaba bir tabakalanma sunar. İyi gelişmiş b-ekseni kiremitlenmesi yaygındır. Bileşenlerinin büyük çoğunluğunu inceleme alanının doğusundaki Elazığ magmatitlerine ait andezit, bazalt çakılları ile Kırkgeçit Formasyonu'na ait kireçtaşçı çakılları oluşturur. Kumtaşı ise genellikle orta-kalın tabakalı ve açık gri renkli olup,

**ARGUVAN (MALATYA) GÜNEYİNDE YÜZEYLEYEN NEOJEN BİRİMLERİNİN
STRATİGRAFİSİ VE ÇÖKELME ORTAMLARI**



Şekil 3. Küseyin ölçülu kesiti (Küseyin formasyonu. Kesit yeri için Şekil 1'e; açıklamalar için Tablo 1'e bakınız.

değişik yönlerde gelişmiş teknemsi ve düzemsel çapraz tabakalar sunar. Zayıf bir çimento ile tutturulmuş olan bu kumtaşı çoğunlukla merceksi geometrili özellik göstermektedir. Genellikle altta kaba taneli kumtaşı ile başlar, üst düzeylere doğru ince taneli seviyelere geçer. Teknemsi çapraz tabakalı kumtaşının set kalınlıkları 15-20 cm olup, üst düzeylerine doğru yer yer ripil çapraz laminalı kumtaşı ve yer yer de düzlemsi çapraz tabakalı kumtaşına geçer. Düzlemsel çapraz tabakalı kumtaşının set kalınlıkları ise 35 cm ye kadar çıkar. Çapraz tabakalar oldukça geniş dağılımlı eski-akıntı yönü sunar. Ardalanmalı istiflerin üst seviyelerini oluşturan kırmızı çamurtaşısı, yer yer gri-yeşil kultaşı ara seviyeleri içerir. İstifin en üst seviyelerini oluşturan gri-yeşil kultaşı ise merceksi geometrili kireçtaşısı ara seviyeleri bulundurur (Şekil 3). Buradaki çamurtaşısı içerisinde 3-4 cm kalınlığında kömür damarları yer alır. Formasyonun en üst düzeylerinde ise 25 m. kalınlığında masif konglomera yer almaktadır. Bu konglomeranın bileşenlerinin büyük çoğunluğunu inceleme alanının doğusunda yer alan Kırkçeşit Formasyonu'na ait kireçtaşısı çakılları oluşturur. Küseyin ölçülü kesitin stratigrafik üst düzeylerinde Parçikan formasyonu ile geçişli olduğu yerlerde merceksi geometrili kumtaşı içeren gri-yeşil çamurtaşısının baskın olduğu görülür. İnceleme alanının doğu kısımlarında yukarıda sözü edilen istifin üst düzeylerinde yaklaşık 30 m kalınlığında oldukça geniş yayılımlı masif konglomera yer alır. Formasyonun

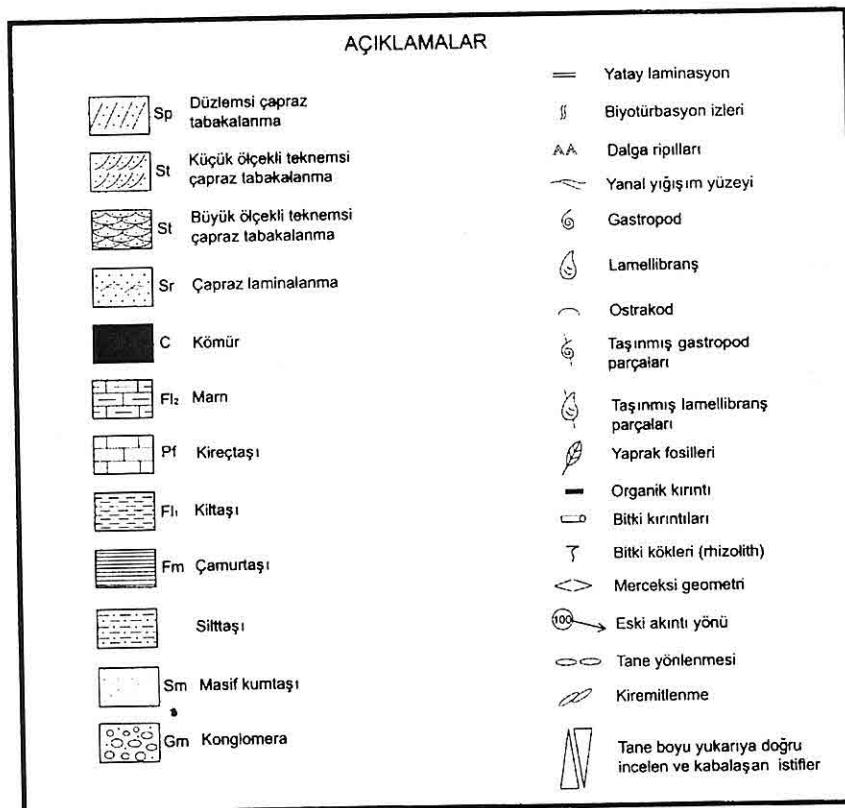
kalınlığı 588 m olarak ölçülmüştür.

Tane boyu yukarıya doğru incelen devreli ardalanmalı istiflerin alt düzeylerini oluşturan konglomera (G_m), teknemsi-düzlemsi çapraz tabakalı kumtaşı (S_p , S_t) ve ripil çapraz laminalı kumtaşı (S_r) menderesli nehirlerle ait dirsek bari çökellerini karekterize eder (Arche, 1983; Campbell ve Hendry, 1987; Miall, 1985). Ardalanmalı istiflerin üst düzeylerini oluşturan kırmızı çamurtaşısı (F_m), taşkin ovası fasiyeslerini temsil eder (Collinson, 1978; Miall, 1985). Çamurtaşısı içerisindeki gri-yeşil kultaşı (F_{11}) ise taşkin ovalarındaki bataklık dönemlerini belirtir. Formasyonun en üst düzeylerindeki merceksi geometrili kireçtaşısı (P_f) ara katmanları içeren gri-yeşil çamurtaşısı ise, menderesli nehirlerin ilerleyen dönemlerde yerini gölcükler (ponded water) içeren bataklığa bıraklığını gösterir. İstifin üst düzeylerinde görülen geniş yayılımlı masif konglomera ise alüvyal yelpaze tortulları olmalıdır (Şekil 3, Çizelge 1).

Yaş: Önal (1995a, 1995b) birimin tabanındaki denizel karakterli Alibonca Formasyonu ile yanal-düsey geçişli olduğunu belirterek birime Erken Miyosen yaşıını vermiştir. Ancak bu çalışma sırasında yapılan gözlemlerde birimin Alibonca Formasyonu üzerinde uyumsuz olarak yer aldığı ve Parçikan formasyonu tarafından yanal-düsey geçişli olarak üzerlendiği görülür. İnceleme alanı ve yakın çevresinde Orta Miyosen, volkanitlerle temsil edilmektedir. Bu durum ve Parçikan formasyonu ile olan stratigrafik ilişkisi esas alınarak birimin

ARGUVAN (MALATYA) GÜNEYİNDE YÜZEYLEYEN NEOJEN BİRİMLERİNİN STRATİGRAFİSİ VE ÇÖKELME ORTAMLARI

Çizelge 1. Ölçülü kesitlerle ilgili açıklamalar.



Üst Miyosen yaşı olması gerektiği düşünülmüştür.

2.2.4. Parçikan Formasyonu

Tanımı ve Dağılımı: İnceleme alanında sınırlı yüzeyleme gösteren bu formasyon ilk defa Önal (1995a, 1995b) tarafından Parçikan Köyü dolaylarında tanımlanmıştır (Şekil 1). Formasyonun, tabanında Küseyin formasyonu, tavanında ise Boyaca formasyonu ile geçişli olduğu görülür. Yörede Parçikan, Mamaar ve Küseyin köyleri civarında yüzeyleme sunar.

Fasiyes Özellikleri: Formasyon orta-ince taneli kumtaşı (St, Sr), silttaşlı, gri-yeşil kilitaşı (Fl1), marn (Fl2), kömür (C), kireçtaşı (Pf) ve bazalttan oluşur (Şekil 2, 4). İyi boyanmalı, ince-orta tabakalı kumtaşı taneleri iyi yuvarlaklaşmıştır. Kumtaşı küçük ölçekli tekneli çapraz tabakalanma, ripil çapraz laminasyon ve dalga ripilleri içerir. Kilitaşı genellikle bol miktarda bivalv, gastropod ve bitki parçaları içerir. Marn masif özellikli olup, organik malzemeli kilitaşı ile ardalanmalı olarak bulunur. Kilitaşı ve kireçtaşı bol tatlı su ostrakod ve gastropod fosilleri

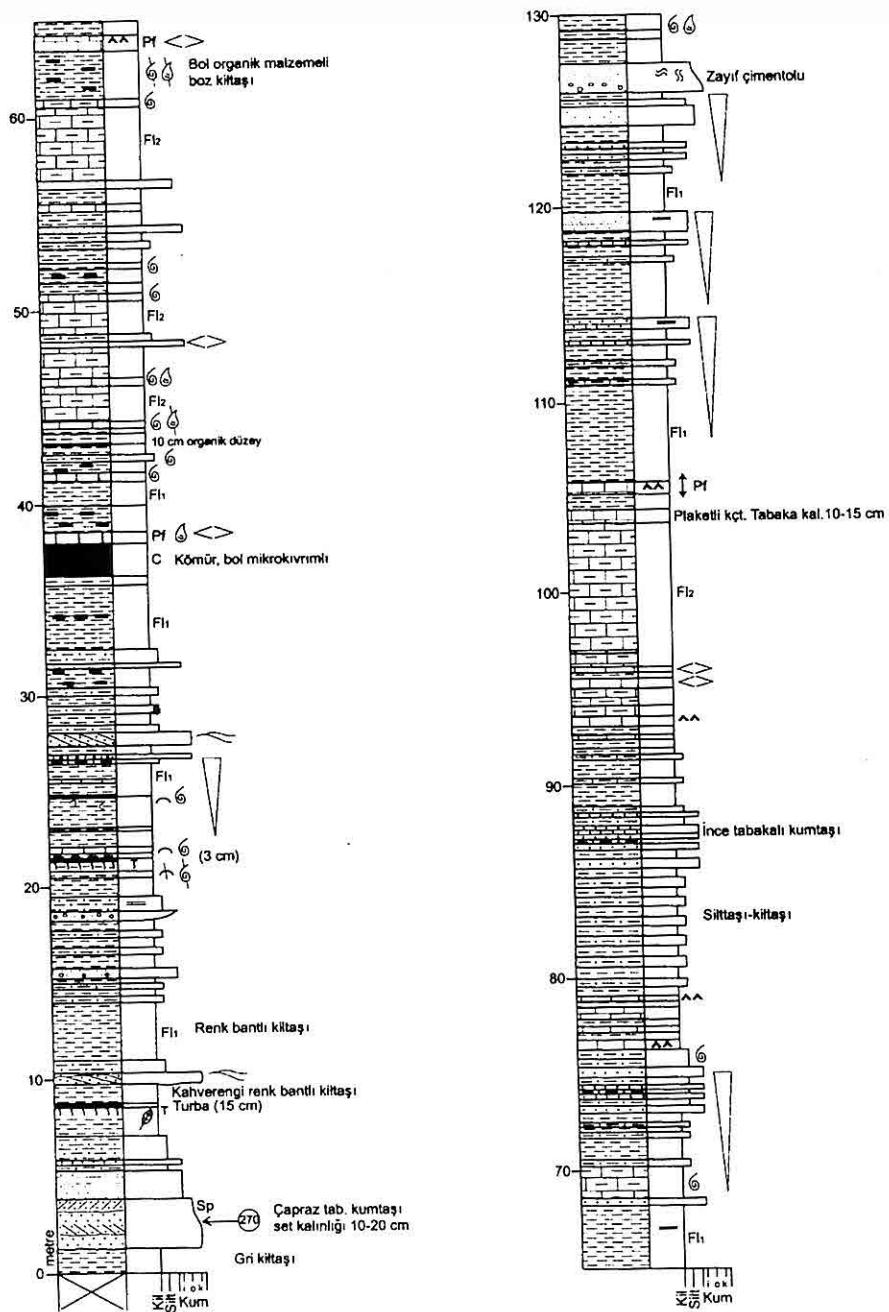
îçermekte olup, tabaka kalınlıkları 1 m. ye kadar çıkmaktadır. Silttaşında içerisinde saçılı halde yoğun bivalv ve bitki parçaları bulunmaktadır. Kömür tabakalarının kalınlıkları 10-15 cm arasında değişmekte olup, sınırlı yanal yayılıma sahiptir. Formasyonun alt düzeylerinde yer alan 90 cm kalınlığında ve oldukça geniş yanal yayılımlı bir kömür damarı uzun yıllardan beri işletilmektedir. Bu damarlar çoğunlukla organik malzemeli kıltaşı ve kireçtaşında içerisinde yer alır. Kireçtaşında da bol gastropod ve bivalv fosilleri gözlenir. Formasyonu oluşturan bu düzeyler genellikle tane boyu yukarıda doğru kabalaşan ardalanmalı istiflerden oluşur. Bu ardalanmalı istiflerin alt seviyelerini kireçtaşı ara seviyeleri içeren organik malzemeli gri-yeşil kıltaşı ve marn; üst düzeylerini ise silttaşısı, ince-orta taneli çapraz tabakalı ve dalga ripilli kumtaşı oluşturur. Mamaar Köyü'nün yakın doğusunda yukarıda belirtilen fasiyelerle yanal ilişkili bazaltlar yüzeylemektedir. Formasyonun inceleme alanında ölçülen kalınlığı 350 m'dir.

Tane boyu yukarıda doğru kabalaşan istiflerin alt düzeylerini oluşturan tatlı su fosilleri içeren organik malzemeli gri kıltaşı-marn (Fl1, Fl2), ince taneli kumtaşı ve kireçtaşısı (Pf) sığ göl ortamını, üst düzeyleri oluşturan silttaşısı ve küçük ölçekli çapraz tabakalı, dalga ripilli kumtaşı ise bu gölü dolduran delta çökelleri olarak yorumlanır (Anadon et al., 1988, Anadon et al., 1991; El-Tabakh et al., 1997). Kökçükler içeren çamurtaşını üzerleyen kömür damarları (Şekil 4) ise bataklık dönemlerini işaret eder (Fielding,

1984).

Yaş: Önal (1995a, 1995b), kömür örneklerine ait palinolojik verilere göre birime Orta Miyosen yaşı vermiştir. Bu çalışma sırasında derlenen örneklerdeki *Cyprideis pannonica* (Mehes), *Cyprideis (C.) anatolica* Bassiouni, *Cyprideis trituberculata* (Kristic), *Candonia angulata* G.W. Mueller, *Candonia (C.) parallelia pannonica* (Zalanyi), *Candonia neglecta* Sars, *Cyprideis anatolica* Bassiouni fosillerine göre birime Üst Miyosen yaşı verilmiştir. Ayrıca kömür örneklerinden saptanan *Laevigatosporites haardti haardti* (Polypodiaceae), *Pityosporites microalatus* (Pinus-haploxylon type), *Inaperturopollenites dubius* (Taxodiaceae), *Ephedripites* sp. (Ephedraceae), *Monoporopollenites gramineoides* (Gramineae:Poaceae), *Sparganiapollenites neogenicus* (Sparganiaceae:Sparganium), *Cyperaceaepollis piriformis*, *Triatriopollenites rurensis* (Myricaceae: Myrica), *Momipites punctatus* (Juglandaceae:Engelhardtia), *Platycaryapollenites miocaenicus* (Juglandaceae: Platcarya), *Subtriporopollenites simplex simplex* (Carya), *Polyporopollenites verus* (Alnus), *Polyporopollenites undulosus* (Ulmaceae: Ulmus/Zelkova), *Tricolpopollenites microhenrici* (Fagaceae:Quercus), *Tricolpopollenites densus* (?Fagaceae?:Quercus), *Quercopollenites robur* (Quercus), *Tricolpopollenites* sp., *Tricolporopollenites cingulum* (Fagaceae: Castanea), *Tricolporopollenites megaexactus* (Cyrillaceae),

**ARGUVAN (MALATYA) GÜNEYİNDE YÜZEYLEYEN NEOJEN BİRİMLERİNİN
STRATİGRAFİSİ VE ÇÖKELME ORTAMLARI**



Şekil 4. Parçikan ölçülu kesiti (Parçikan formasyonu). Kesit yeri için Şekil 1'e açıklamalar için Tablo 1'e bakınız.

Tricolporopollenites microreticulatus (Caprifoliaceae: Sambucus), *Umbelliferaepollenites* sp. (Umbelliferae), *Tricolporopollenites* sp. (Ligulifloreae-Compositae), *Tricolporopollenites* sp. (Tubiflora-Compositae), *Periporopollenites halifani*, *Periporopollenites multiporatus* (Chenopodiaceae), *Periporopollenites stigmosus* gibi spor ve pollenler de Üst Miyosen yaşını vermiştir.

2.2.5. Boyaca Formasyonu

Tanımı ve Dağılımı: Formasyon inceleme alanının güneybatısında Önal (1995a, 1995b) tarafından Boyaca Köyü dolaylarında tanımlanmış ve haritalanmıştır (Şekil 1). İnceleme alanında geniş yüzeylemeler sunan bu birim, tabanında Parçikan formasyonu ile yanal-düsey geçişli olup tavanında alüvyonlar tarafından örtülü.

Fasiyes Özellikleri: Birim alt düzeylerinde kırmızı çamurtaşısı ve çamurlu silttaşısı, orta ve üst düzeylerinde ise tane boyu yukarıya doğru incelen dönenmsel ardalanmalı istiflerden oluşur (Şekil 5). Tane boyu incelen istiflerin alt düzeylerini tabakalı konglomera (Gm), düzlemsi çapraz tabakalı konglomera (Gp) ile teknemsi ve düzlemsi çapraz tabakalı kumtaşısı (St, Sp), üst düzeylerini ise kırmızı renkli çamurtaşısı (Fm) ve çamurlu silttaşısı gibi ince taneli çökeller oluşturur. İri taneli çökellerin kalınlığı 2-8 m arasında, ince taneli çökellerin kalınlığı ise 20 m ye kadar çıkmaktadır. Konglomera; geniş yayılımlı, tane destekli, aşınmalı tabanlı, iyi boyanmış ve

taneleri yuvarlaklaşmış olup, tane boyları 7-20 cm arasında değişir. İyi gelişmiş b-ekseni kiremitlenmesi yaygındır. Düzlemsel çapraz tabakalı konglomera tane destekli ve set kalınlığı 60 cm'ye kadar çıkmakta olup, yatay tabakalı konglomera ile ardalanmalıdır. Teknemsi çapraz tabakalı kumtaşısı konglomera ile yanal ve düşey ilişkilidir. İnceleme alanında çok yaygın olarak bulunan kırmızı çamurtaşısı ince taneli kumtaşısı ara seviyeleri içerir. Çamurtaşının kalınlığı 20 m'ye kadar ulaşmakta olup, yarı kurak iklim dönemlerini işaret eden kaliş seviyeleri içerir. Formasyonun kalınlığı 325 m olarak ölçülmüştür (Şekil 5).

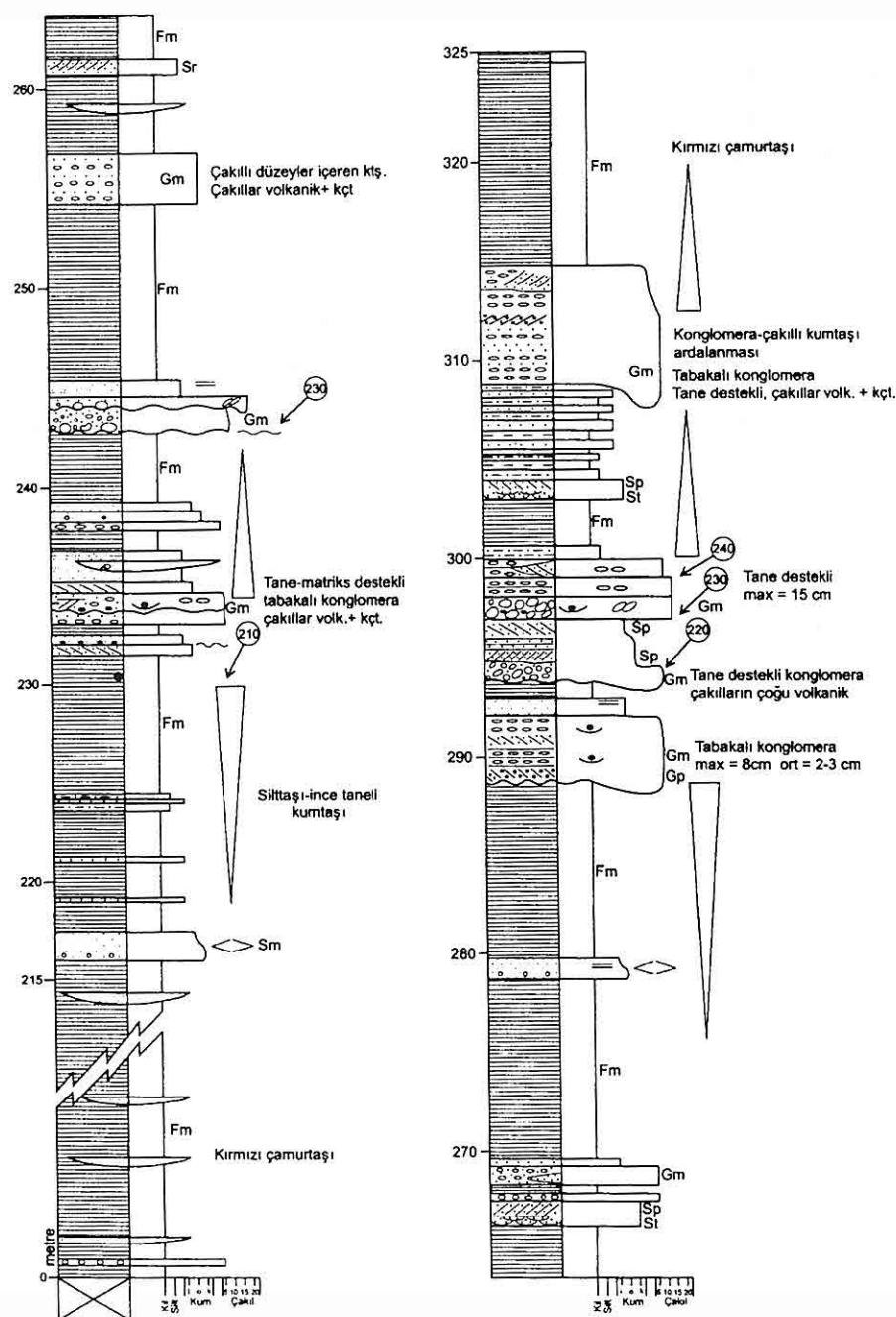
Formasyonun alt düzeylerini oluşturan ve kalişlı düzeyler içeren kırmızı çamurtaşısı ve çamurlu silttaşısı, alüvyal yelpazelerin iraksak alanlarını ve taşkın düzliklerini karakterize eder. Birimin orta üst düzeylerini oluşturan tane boyu yukarıya doğru incelen benzer devreli ardalanmalı çökeller ise orta yelpaze fasiyelerini temsil eder (Heward, 1978; Nilsen, 1982).

Yaş: Bu çalışma sırasında birime yaş verilebilecek fosil bulunamamıştır. Birim alt seviyelerinde Parçikan formasyonu ile yanal-düsey geçişli olup, buna göre yaşı Üst Miyosen olarak verilebilir.

3. İNCELEME ALANININ PALEOCOĞRAFİK ÖZELLİKLERİ

İnceleme alanının stratigrafi birimlerini Alibonca Formasyonu (Üst Oligosen-Alt Miyosen), Malatya volkanitleri (Alt-Orta Miyosen) ve Üst Miyosen yaşlı Küseyin formasyonu, Parçikan formasyonu ve

**ARGUVAN (MALATYA) GÜNEYİNDE YÜZEYLEYEN NEOJEN BİRİMLERİNİN
STRATİGRAFİSİ VE ÇÖKELME ORTAMLARI**



Şekil 5. Boyaca ölçülu kesiti (Boyaca formasyonu). kesit yeri için Şekil 1'e; açıklamalar için Tablo 1'e bakınız.

- Fielding, C.R., 1984, Upper delta plain lacustrine and fluvilacustrine facies from the Wesphalian of the Durham coalfield, NE England. Sedimentology, 31, 547 - 567.*
- Gözübol, A.M., ve Önal, M., 1986, Çat barajı isale tünelinin mühendislik jeolojisi ve kaya mekanığı incelenmesi Maltya-Çelikhan alanının jeolojisi. TÜBİTAK, TBAG-647 nolu proje, Ankara.*
- Gürer, Ö. F., 1994, Hekimhan-Hasançelebi yörenesinin Üst Kretase stratigrafisi ve havza evrimi. Türkiye Jeoloji Bülteni, 37, 1, 135-148.*
- Heward, A.P., 1978, Alluvial fan and lacustrine sediments from the Stephanian A and B (La Magdalena, Cinera - Matallana and Sabero) coalfields, northern Spain. Sedimentology 25, 451 - 488.*
- Kurt, M., 1972, Malatya K 40 a3 paftasının jeolojisi. MTA Rapor No: 1390, (yayınlanmamış). Ankara.*
- Kürüm, S., 1994, Elazığ kuzeybatısındaki genç volkanitlerin petrolojik özellikleri. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 106 s (yayınlanmamış) Elazığ.*
- Kürüm, S. ve Bingöl, A.F., 1996, Elazığ yakın kuzeybatısındaki volkanitlerin petrolojik özellikleri. Fırat Üniversitesi Fen ve Müh. Bil. Derg., 8, 2, 83-98.*
- Leo, W.G., Marvin, R.F. ve Menhert, H.H., 1974, Geological framework of the Kuluncak- Sofular area, East- Central Turkey and K- Ar ages of igneous rocks. Geol. Soc. Amer. Bull., 85, 1785-1788.*
- Longman, M.W., 1981, A process approach to recognizing facies of reef complexes. In: D. F. Toomey, (ed.), European Reef Models, Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Miner., 30, 9-40, Tulsa.*
- Miall, A.D., 1985, Architectural-element analysis a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. Earth Sci. Rev. 22, 261 - 308.*
- Milliman, J. O., 1974, Marine carbonates. Springer-Verlag, Berlin.*
- Nilsen, T.H., 1982, Alluvial fan deposits: In: Scholle, P.A., Spearing, D. (eds.), Sandstone Depositional Environments, American Association of Petroleum Geologists Publication, Tulsa, 49-86.*
- Önal, M., 1995a, Malatya Graben havzası kuzeyinin stratigrafisi, kömür potansiyeli ve neotektoniği. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği. Seksiyonu, Isparta, 159-175.*
- Önal, M., 1995b, Miocene stratigraphy and lignite potential of the northern part of the Malatya graben, Eastern Anatolia-Turkey. International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region, Proceedings, 607-621, İzmir.*
- Sönmez, M., 2004, Arapgir (Malatya) güneybatısındaki alanın stratigrafik ve tektonik özellikleri. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 93 s (yayınlanmamış), Elazığ.*
- Şaroğlu, F. ve Güner, Y., 1981, Doğu Anadolu'nun jeomorfolojik gelişimine etki eden öğeler: Jeomorfoloji, tektonik, volkanizma ilişkileri. Türkiye Jeol. Kur. Bült., 24, 39-50.*
- Şaroğlu, F. ve Yılmaz, Y., 1984, Doğu Anadolu'nun neotektoniği ve ilgili*

**ARGUVAN (MALATYA) GÜNEYİNDE YÜZEYLEYEN NEOJEN BİRİMLERİNİN
STRATİGRAFİSİ VE ÇÖKELME ORTAMLARI**

- magmatizması. İ. Kettin Simpozyumu, Bildiriler, Ankara, 149-162.*
- Şaroğlu, F. ve Yılmaz, Y., 1986, *Doğu Anadolu'da neotektonik dönemdeki jeolojik evrim ve havza modelleri. MTA. Derg., 107, 73-94.*
- Türkmen, İ. ve Aksoy, E., 1998, *Arapgir (Malatya), Çemişgezek (Tunceli), Elazığ Dolaylarındaki Neojen Birimlerinin Stratigrafik-Sedimentolojik İncelenmesi ve Bölgesel Korelasyonu. TPJD Bülteni, 10, 1, 15-33.*
- Türkmen, İ., Aksoy, E., Kürüm, S., Akgül, B. ve İnceöz, M., 1998, *Arguvan-*
- Arapgir (Malatya) alanında Alt Miyosen volkanizması ve bölgesel stratigrafi içindeki yeri. Geosound/Yerbilimleri, 32, 105-115.*
- Türkmen, İ. ve Ertürk, Y.T., 2002, *Kırkgeçit Formasyonu'nun (Orta Eosen-Oligosen) Akuşağı (Baskıl-Elazığ) Köyü dolaylarındaki yüzeylemelerinin sedimentolojik Özellikleri. TPJD Bülteni, 14, 2, 1-16.*
- Wilson, J. L., 1975, *Carbonate facies in geological history. 471 pp. Springer-Verlag, Berlin,*

GÖKÇEYAZI – KUSKUNCUK (EREĞLİ – KONYA) ÇEVRESİNDEKİ GÖLSEL STROMATOLİTLERİN FASİYES ÖZELLİKLERİ

A. Müjdat ÖZKAN

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

ÖZET: Gökçeyazı-Kuskuncuk (Ereğli-Konya) yöresinde yer alan inceleme alanındaki Miyosen yaşı stromatolitik kireçtaş fasiyelerinin incelenmesini amaçlayan bu çalışmada Logan ve diğ.(1964)'e göre yan yana bağlı yarı küresel stromatolitler (LLH-tipli stromatolitler), üst üste yiğili yarı küresel stromatolitler (SH-tipli stromatolitler) ve onkoyidler (SS-tipli stromatolitler) gözlenmiştir. Su seviyesindeki ve enerjisindeki dalgalanmalara bağlı olarak oluşan LLH, SH ve SS tipli stromatolitlerin gelişiminde mavi-yeşil alglerden *Schizothrix* sp., *Scytonema* sp. ve *Phormidium* sp. etkili olurken, ortamda bulunan yeşil alglerden *Chara* sp. de mikritik matriks çökelimine katkıda bulunmuştur. Ayrıca mikrobiyolojik faaliyetler sonucu (bakteri kökenli) bazı onkoyidlerde iç yapı kısmen ya da tamamen kaybolmuştur. Stromatolitik kireçtaşlarının bazı düzeylerinde Miyosen esnasında etkinleşen blok faylanmalarla oluşan kırıklar boyunca göl tabanına sızan hidrotermal getirilmeye ve/veya çevrede bulunan volkanik kayaçlardan karasal yıkamaya bağlı olarak gelişen silisli sinter yanı sıra, kök yumakları, pencere yapısı ile pelletli, intraklastlı ve biyoklastlı düzeyler de gözlenmiştir. Yan yana bağlı yarı küresel stromatolit fasiyesi, üst üste yiğili yarı küresel stromatolit fasiyesi, onkoidal stromatolit fasiyesi, intraklast-pellet-oid tanetaş/istiftaş, pellet-intraklast-biyojen vaketaş/istiftaş fasiyesi ve silisli sinter kabuk fasiyesi şeklinde beş fasiyeye ayrılarak incelenen stromatolitik kireçtaşları, evaporitlerin (jips) çökelimine elverişli bir gölün jips çökelmesi, mevsimsel ve iklimsel olarak tatlı su beslenimiyle tuzluluğun azalması sonucu az tuzlu göl ortamında çökelime başlayıp, gölün tamamen tatlı sulu hale gelmesiyle çökelime devam etmiş ve gölün kurumasıyla da çökelimini tamamlamıştır.

FACIES CHARACTERISTIC OF LACUSTRINE STROMATOLITES IN THE GÖKÇEYAZI – KUSKUNCUK (EREĞLİ – KONYA) AREA

ABSTRACT: In this study, the investigation of Miocene aged limestone facies located at Gökçeyazı-Kuskuncuk (Ereğli-Konya) has been aimed. According to the Logan at al (1964) classification the stromatolite types of lateral linked hemispheroidal (LLH type), stacked hemispheroidal (SH type) and onkoides (SS type) have been observed in the region. While the fluxuation of water level and energy have an important role on the formation of the LLH, SH and SS type stromatolites which are related to the blue-green algae such as *Schizothrix* sp., *Scytonema* sp. and *Phormidium* sp., the green

algae Chara sp. in the environment helped the sedimentation of micritic matrix. On the other hand, as a result of microbiological activity, internal structure of some onkoides has partly or wholly destroyed. Siliceous sinter as well as root ball, fenestra and the levels of pellet-intraclast-bioclast have been observed in some of the levels of stromatolitic limestones which were found in the interface of fault blocks. The channelled hydrothermal and/or volcanic fluids in turn by these fault blocks are responsible from the formation of siliceous sinter. The stromatolitic limestones were divided into five facies such as (1) lateral linked hemispheroidal stromatolite facies, (2) stacked hemispheroidal stromatolite facies, (3) oncoidal stromatolite facies, (4) intraclast-pellet-oid grainstone/packstone, pellet-intraclast-biogene wackestone/packstone facies, and (5) crustal facies of siliceous sinter and all these occurrences have been formed in an evaporite lake which were filled by freshwater depending on the seasonal variations, the sedimentation were ended at the end of drying of lake.

1. GİRİŞ

Gökçeyazı-Kuskuncuk (Ereğli-Konya) yöresinde yer alan yaklaşık 120 km^2 lik bir alanı kapsayan inceleme alanında (Şekil 1) Miyosen yaşılı stromatolitik kireçtaşlarının incelenmesi amaçlanmıştır. Kayalıdağtepe stromatolitik kireçtaşı üyesinin (Özkan, 2002) evaporitlerin (jips) çökelimine elverişli bir gölün mevsimsel ve iklimsel olarak tuzluluğun azalması sonucu az tuzlu göl ortamında çökelime başlayıp, gölün tamamen tatlı sulu hale gelmesiyle çökelimine devam ettiğini ve gölün kurumasıyla da çökelimini tamamladığı söylenebilir.

Stromatolitik kireçtaşı fasyeleri saha çalışmasında Logan ve dig. (1964)'e göre yan yana bağlı yarı yarı küresel stromatolitler, üst üste yiğili yarı yarı küresel stromatolitler ve onkoyidler şeklinde tanımlanmış ve mikroskopik incelemeleri polarizan mikroskopta yapılarak dokusal özellikleri de Aitken (1967) ile Monty (1976)'ya göre yapılmıştır. Fosil ve güncel çoğu

stromatolitler algsi örtü olarak isimlendirilen mikrobiyal topluluk yaygısı içerisinde sediment kapanlama ve bağlama ve/veya mineral üretimi ile oluşturulan organo-sedimanter yapılar olarak yorumlanmıştır (Golubic, 1976). Algsi yaygılar farklı ortamsal şartlar altında ve farklı mikro organizmaların düzenlenmesiyle oluşurlar, biçimlenirler ya da tahrip edilirler. Herhangi bir algsi örtü aynı anda morfolojik bir oluşum, mikroortamsal biçimlendirici, farklı bir mikrobiyal topluluk ve bir ekosistem olarak görülebilir (Golubic, 1976). Algsi yaygılar hem filamentli hem de coccoid mikroorganizmalar tarafından üretilen birbirine sarılmış filamentli ve/veya jelatinli materyalin az çok yapışkan dokularını oluştururlar. Söz konusu algsi dokular gevşek sedimentler üzerinde yayılarak üzerine çökelen parçacıkları tutar ve bağlarlar. Böylece sediment-su ara yüzeyini stabilize ederler. Algsi yaygılar yapışkanlık bakımından gevşek

GÖKÇEYAZI – KUSKUNCUK (EREĞLİ – KONYA) ÇEVRESİNDEKİ GÖLSEL STROMATOLİTLERİN FASİYES ÖZELLİKLERİ

zamaklı filmlerden sert taşlaşmış kabuklara kadar değişirler (Golubic, 1976). Tatlı ya da tuzlu sulu gölsel stromatolitlerin gelişiminde mavi-yeşil alglerin etkili olduğu bir çok yazar tarafından ifade edilmiştir (Monty, 1972; Monty ve Hardie, 1976; Golubic, 1976; Varol ve diğ., 1984).

2. JEOLOJİK KONUM

Yöredeki temeli Toroslar'ın tektonostratigrafik birliklerinden Bolkardağı Birliği içinde yer alan Üst Permiyen – Üst Kretase yaşı Bolkar grubu ile Paleosen – Alt Eosen yaşı Güneydağı formasyonu ve Üst Paleosen – Eosen yaşı Halkapınar formasyonu oluşturmaktadır. İnceleme alanında temel kaya olarak Güneydağı formasyonuna ait kireçtaşları gözlenmektedir (Şekil 1). Yöredeki ayrıntılı stratigrafik çalışmalar Demirtaşlı ve diğ. (1973, 1983) ile Oktay (1982) tarafından yapılmıştır. Demirtaşlı ve diğ. (1973, 1983) Bolkar sıradağıları ile ayrılan kuzyedeki Ereğli – Ulukışla havzası ile güneydeki Ayrancı havzasından bahsetmişlerdir. Oktay (1982) ise Ulukışla çevresinde yaptığı çalışmada Üst Kretase/Paleosen yaşı Sansartepe formasyonu, Üst Paleosen – Alt Eosen yaşı Serenkaya formasyonu, Üst Paleosen yaşı Başmakçı kireçtaşı, Cehritepe siyeniti, Köyderesi trakiti, Alt Lütesiyen yaşı Karatepe kireçtaşı, Üst Paleosen? – Orta Lütesiyen yaşı Güney formasyonu, Üst Eosen yaşı Tayhacı andeziti, Dikendedetepe trakiti, Şattiyen – Akitaniyen yaşı Kurtulmuştepe formasyonu, Orta Miyosen yaşı Kızıltepe traverteni, Orta? – Üst Miyosen yaşı

Kızılbayır formasyonu, Üst Miyosen yaşı Katrandedetepe formasyonu ve Üst Miyosen – Pliyosen? yaşı Beştepeler formasyonunu tanımlamıştır.

Çelik ve diğ. (1994) Konya-Seydişehir-Akviran-Doğanbey çevresinde yaptıkları çalışmada inceleme alanımızdaki Kayalıdağıtepe kireçtaşı üyesi ile deneştirilebilir özellikteki Ulumuhsine formasyonuna ait birimlerden *Candona (Condona) altoides*, *Candona (Condona) decimai*, *Candona (Pseudocondona) compresa*, *Heterocypris salina barneri*, *Heterocypris salina salina*, *Candona (Condona) probabilis*, *Heterocypris gregoria*, *Ilyocypris gibba*, *Candona ilierisis*, *Candona (Propontoniella) becisi* ve *Zonocypris* sp. gibi fosiller bulmuşlardır. Araştırmacılar bu ostrakod fosillerinden *Candona (Condona) altoides*, *Candona (Condona) decimai*, *Candona (Pseudocondona) compresa*, *Heterocypris salina barneri*, *Heterocypris salina salina*, *Candona (Condona) probabilis*, *Heterocypris gregoria*, *Ilyocypris gibba* ve *Zonocypris* cins ve türlerinin Pliyosen yaşı olup, tamamen tatlı sulara özgü olduğunu, söz konusu ortamın karadan beslenmeli tatlı su ortamı niteliğinde olduğunu ve *Heterocypris* türlerinin hidrotermal getirimlere bağlı sıcak suların varlığına işaret ettiğini; *Candona decimai*, *Candona ilierisis* ve *Candona (Propontoniella) becisi* türlerinin varlığının bu seviyeden Üst Miyosen yaşı olduğunu ve çökelme ortamının tatlı su beslenmeli, yer yer evaporitik koşulların egemen olduğunu ifade etmişlerdir.

Özkan (2002) İnceleme alanını



GÖKÇEYAZI – KUSKUNCUK (EREĞLİ – KONYA) ÇEVRESİNDEKİ GÖLSEL STROMATOLİTLERİN FASİYES ÖZELLİKLERİ

kapsayan "Ereğli (Konya) doğusundaki karasal Neojen çökellerinin sedimentolojisi" konulu çalışmasında Permiyen – Eosen yaşlı temel kayalar üzerine uyumsuz olarak gelen Miyosen yaşlı Beyköyü formasyonunu Kabaktepe jips üyesi ve Kayalıdağıtepe kireçtaşı üyesi şeklinde iki üyeye ayırarak tanımlamış ve adlandırmıştır (Şekil 2). Yine araştırmacı Beyköyü formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelen Üst Pliyosen – Holosen yaşlı Kuskuncuk formasyonunu (çakıltaşı, kumtaşısı, çamurtaşısı ve kaliş bantlı çamurtaşısı) tanımlamış ve adlandırmıştır.

Bu çalışmada Beyköyü formasyonuna ait Kayalıdağıtepe kireçtaşı üyesine ait stromatolitik kireçtaşı fasiyeleri incelenmiştir.

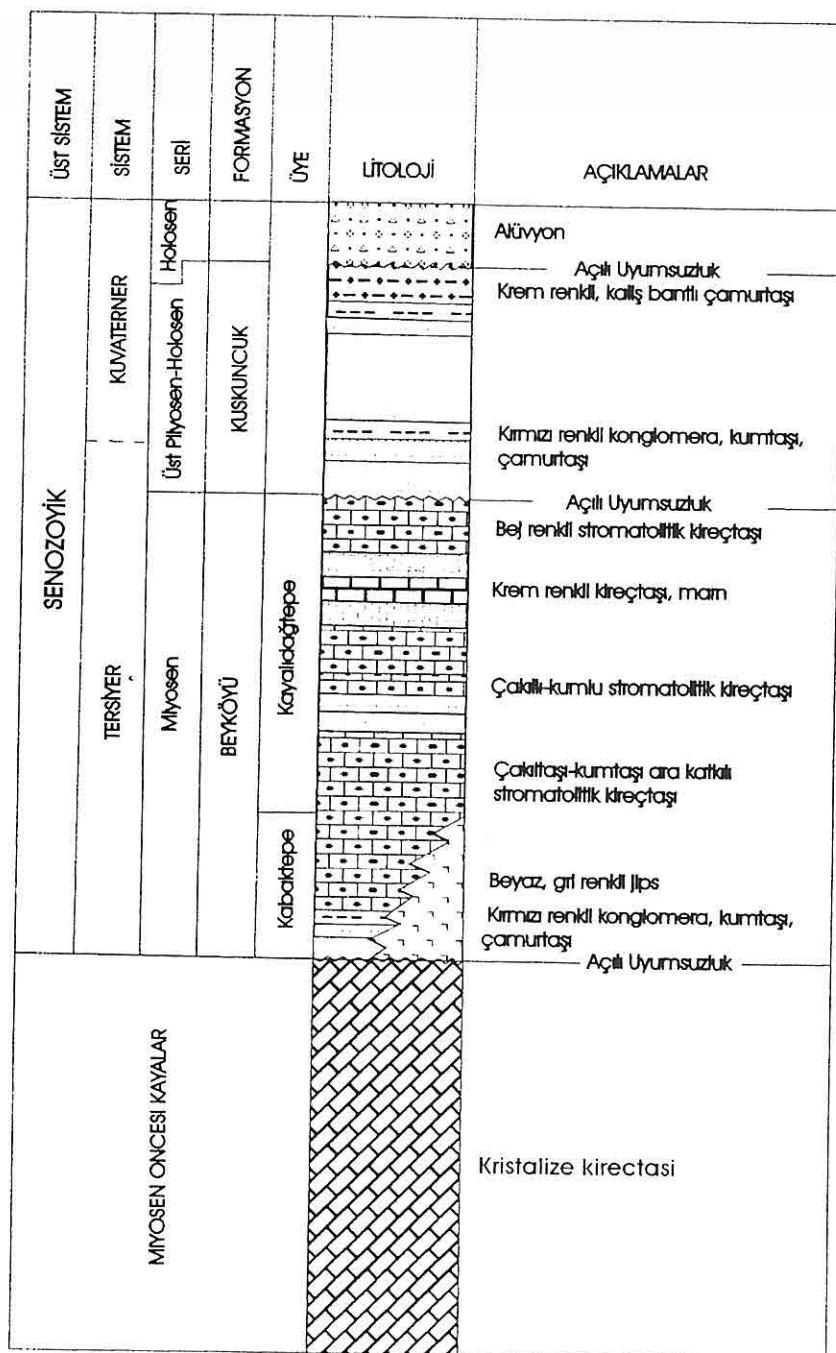
3. FASİYESLER

İnceleme alanındaki stromatolitik kireçtaşlarının makroskopik ve mikroskopik incelenmesi sonucu (1) yan yana bağlı yarı küresel stromatolit fasiyesi (Levha 1, Şekil 1 – 8), (2) üst üste yığılı yarı küresel stromatolit fasiyesi (Levha 2, Şekil 1-3), (3) onkoidal stromatolit fasiyesi (Levha 2, Şekil 4-8), (4) intraklast – pellet – ooid tanetaşı/istiftaşı, pellet – intraklast – biyojen vaketaşı fasiyesi (Levha 3, Şekil 1-4), (5) silisli sinter kabuk fasiyesi (Levha 3, Şekil 5-7) şeklinde 5 adet fasiyes tanımlanmıştır.

Çoğunlukla bej, kahve az olarak da gri renkli, orta – çok kalın tabakalanmalı olarak gözlenen stromatolitik kireçtaşları ara seviyeler halinde gri renkli çamurtaşısı ile göle boşalan akarsular tarafından oluşturulan kırmızı renkli çakıltaşısı,

kumtaşısı ve çamurtaşısı kapsamaktadır. Yer yer bol miktarda ostrakod (Levha 3, Şekil 4) ve gastropod fosilleri kapsayan stromatolitik kireçtaşları, bazı seviyelerde kahve renkli çört yumru ve bantları içermektedir (Levha 3, Şekil 5). Ayrıca kireçtaşı ara seviyelerinde bol miktarda yeşil alglerden *Chara* sp. fosilleri kapsanırken (Levha 3, Şekil 8; Levha 4, Şekil 1), bazı düzeylerde de kök yumaklı mikritik kireçtaşı (Levha 4, Şekil 2,3) ve algal yaygılardaki organik maddenin oksitlenmesi (Levha 1, Şekil 7; Levha 4, Şekil 4) ve bakteriyel dekompozisyon ya da fotosentez esnasında gaz kabarcıklarının oluşması (Levha 1, Şekil 6) sonucu (Monty ve Hardie, 1976) gelişen pencere yapısı gözlenmektedir. Stromatolitik kireçtaşları bazı seviyelerde ise çakılı – kumlu kireçtaşı şeklinde olup, bol miktarda ostrakod ve gastropod fosilli, krem renkli kireçtaşı ve marnlar ile de ardalanma sunmaktadır.

Stromatolitik kireçtaşları sedimentolojik, paleontolojik ve mikrofasiyeler özelliklerine göre tatlı sulu gölsel ortamda oluşmuştur. Karbonat üretimi sığ sularda (10m'den sığ) çoğunlukla biyojeniktir ya da organizma aktivitesiyle oluşturulmakta; sahil çizgisi zonu biyoklastik ve algli sedimentlerle egemendir (Platt ve Wright, 1991). Alg işığa duyarlı olduklarıdan ve fotosentez yaptıklarından sığ ortamlarda yaşarlar. Yeşil alglerden *Chara* sp. gölsel çökellerde oldukça yaygın olup, 10-15m derinliğe kadar yaşamaktadır (Wright, 1990). *Chara* sp. tatlı su ortamları için karakteristik olup, tuzluluk oranı %07'ye



Şekil 2. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti.

GÖKÇEYAZI – KUSKUNCUK (EREĞLİ – KONYA) ÇEVRESİNDEKİ GÖLSEL STROMATOLİTLERİN FASİYES ÖZELLİKLERİ

kadar çıkan tuzlu sulu ortamlarda da yaşayabilmektedir (Wright, 1990). Mavi-yeşil alglerden *Schizothrix* sp., *Scytonema* sp. ve *Phormidium* sp. cinsleri de tatlı sulara özgü olup, gölsel kıyı zonlarında stromatolit oluştururlar (Monty, 1972; Monty ve Hardie, 1976; Golubic, 1976). Ancak, *Schizothrix* sp. tuzlu sulara toleranslı bir algdır (Monty, 1976).

Monty ve Hardie (1976), Varol ve diğ. (1984) yaptıkları incelemelerinde kombiné şekil içinde yer alan yatay mavi-yeşil alg filamentlerinin *Schizothrix* sp.'ye ve su altı koşullarına özgü olduğunu belirtmişlerdir. Monty (1976) *Scytonema* sp. ve *Phormidium* sp. filamentlerinin su altı ve kısmen su üstü koşullarda gelişim gösterebilen mavi-yeşil algler olduğunu ifade etmiştir.

Stromatolitik kireçtaşlarının (LLH, SH ve SS-tipli stromatolitler) gelişiminde düşey büyümeli *Scytonema* ve *Phormidium* ile yatay büyümeli *Schizothrix* laminaları etkili olmuştur. Stromatolitik kireçtaşlarının bağlayıcısını çoğunlukla mikrit oluşturmaktadır.

Alg tüplerinin yoğun bir şekilde mikrit ile kalsitleşmesi hızlı bir CaCO_3 çökelimini gerektirmektedir. Kalsitleşme olayı çok erken diyajenezde ya da sediman daha tortul ortamıyla ilişkisinin kesilmediği bir evrede gelişmiş olabilir (Varol ve diğ., 1984). Bu derece yoğun karbonat çökelimini 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*) bol olarak bulunması, yeşil algler ve mavi-yeşil alg yaygınlarının oluşturduğu fotosentez işleviyle ortamda bulunan CO_2 'in azalması CaCO_3 'a doygunluğu, dolayısıyla karbonat çökelimini artırdığı birçok araştırmacı tarafından ifade edilmektedir (Scholl, 1960; Reading, 1977; Varol ve diğ., 1984). Bloksu sparitik kalsit çimentonun erken diyajenez ya da vadoz zonda geliştiği söylenebilir.

Mavi-yeşil alglerin büyümeye şekilleri su derinliği ve enerjisi ile yakından ilişkilidir. Su derinliği ile birlikte azalan ışığı yeterli miktarda almak için algler kendilerini yayarak yüzey geliştirirler (Logan ve diğ., 1964). Bu nedenle yanal büyümeye hızı düşey büyümeye hızını geçerek yanal olarak bağlanmış yarı küresellerden oluşan stromatolit tipi (LLH) oluşur; yeterli ışık ise düşey büyümeyi hızlandırır, bunun sonucu olarak üst üste yığılı yarı küresel stromatolit tipi (SH) gelişir; artan enerji ile özellikle de gelgit kanallarında ve çevresinde SH tipli stromatolitlerin üst kısımları ve LLH tipli stromatolitler kopar ve çekirdekli ya da çekirdeksiz olarak sarılmalar ile onkoidal (SS) stromatolitleri oluştururlar (Logan ve diğ., 1964).

3.1. Yan Yana Bağlı Yarı Küresel Stromatolit Fasiyesi

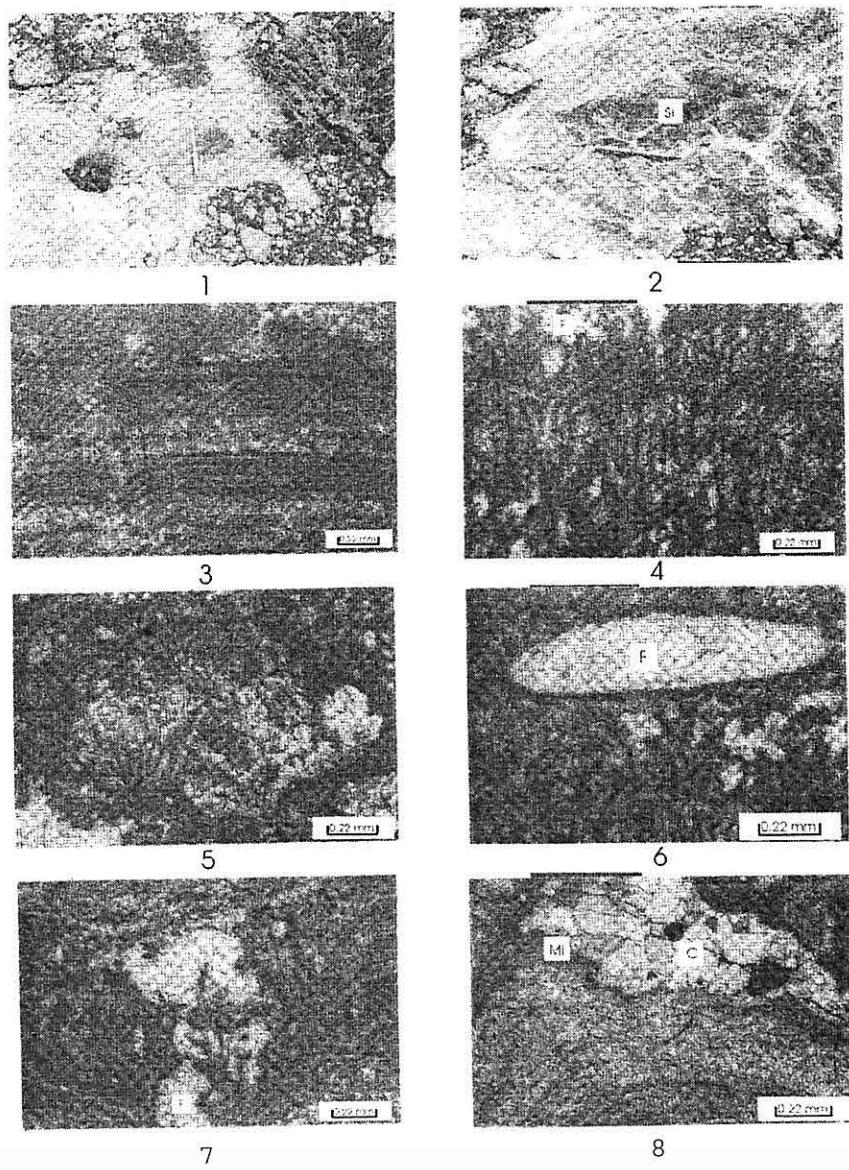
Bej renkli, orta – kalın tabakalanmalı ve belirgin olarak laminalanmalı (Levha 1, Şekil 1-3), yanal olarak yüzlerce metre yayılmış LLH tipli stromatolitler mavi-yeşil alglerden *Schizothrix* sp. (Levha 1, Şekil 3,8), *Scytonema* sp. (Levha 1, Şekil 5,7; Levha 2, Şekil 1-3) ve *Phormidium*

LEVHA 1

- 1.** LLH tipli stromatolitlerde laminasyonlar.
- 2.** LLH tipli stromatolitlerde laminasyonlar ve silis (si) ile ornatılma.
- 3.** LLH tipli stromatolitlerde *Schizothrix* sp. laminaları, (Tek Nikol).
- 4.** LLH tipli stromatolitlerde *Phormidium* sp. filamentleri ve tüpsü fenestra (f), (Tek Nikol).
- 5.** LLH tipli stromatolitlerde *Scytonema* sp. demetleri, (Tek Nikol).
- 6.** LLH tipli stromatolitlerde *Phormidium* sp. filamentleri ve fenestra (f), (Tek Nikol).
- 7.** LLH tipli stromatolitlerde *Scytonema* sp. demetleri ve *Schizothrix* sp. laminaları ile tüpsü fenestra (f), (Tek Nikol).
- 8.** LLH tipli stromatolitlerde sparikalsitik çimento (ç) ve bakteriyal mikritleşme (mi), (Çift Nikol).

GÖKÇEYAZI – KUSKUNCUK (EREĞLİ – KONYA) ÇEVRESİNDEKİ GÖLSEL
STROMATOLİTLERİN FASİYES ÖZELLİKLERİ

LEVHA 1

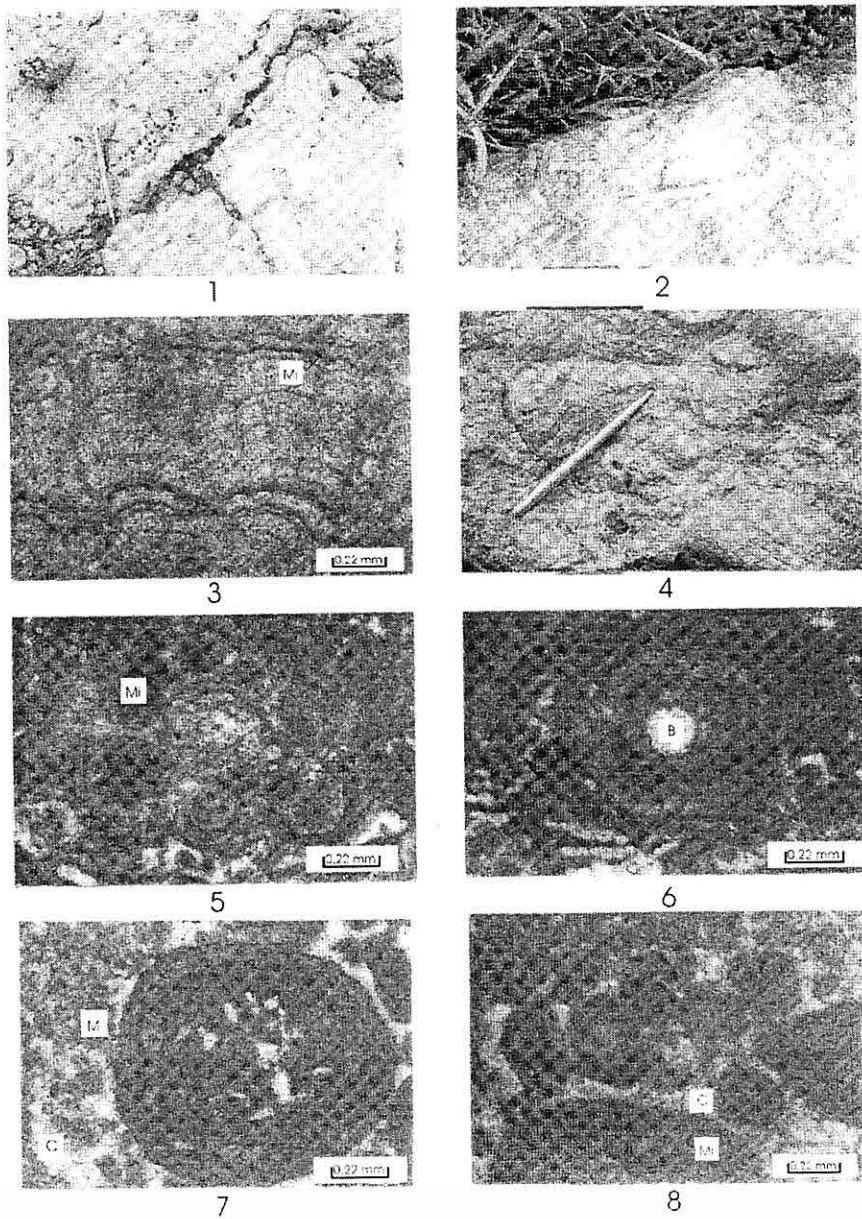


LEVHA 2

1. Çekirdeği boş SH tipi stromatolitler.
2. Çekirdeği mikrit dolgulu SH tipi stromatolitler.
3. SH tipi stromatolitlerde *Scyonema* sp. demetleri ve bakteriyal mikritik zarflar (mi), (Tek Nikol).
4. Elips ve yuvarlak şekilli onkoidal (SS tipi) stromatolitler.
5. Onkoidal stromatolitlerde mamelonlu yapı ve bakteriyel mikritleşme (mi), (Tek Nikol).
6. Onkoidal stromatolitlerde çekirdeği boş (b) mamelonlu onkoid bakteriyel mikritleşme, (Tek Nikol).
7. Onkoidal stromatolitlerde yer yer bakteriyal olarak mikritleşmiş (mi) onkoid ile mikritik matriks (m) ve sparikalsitik çimento (ç), (Tek Nikol).
8. Onkoidal stromatolitlerde bakteriyal mikritleşme (mi) ve sparikalsitik çimento (ç), (Tek Nikol).

*GÖKÇEYAZI – KUSKUNCUK (EREĞLİ – KONYA) ÇEVRESİNDEKİ GÖLSEL
STROMATOLİTLERİN FASİYES ÖZELLİKLERİ*

LEVHA 2

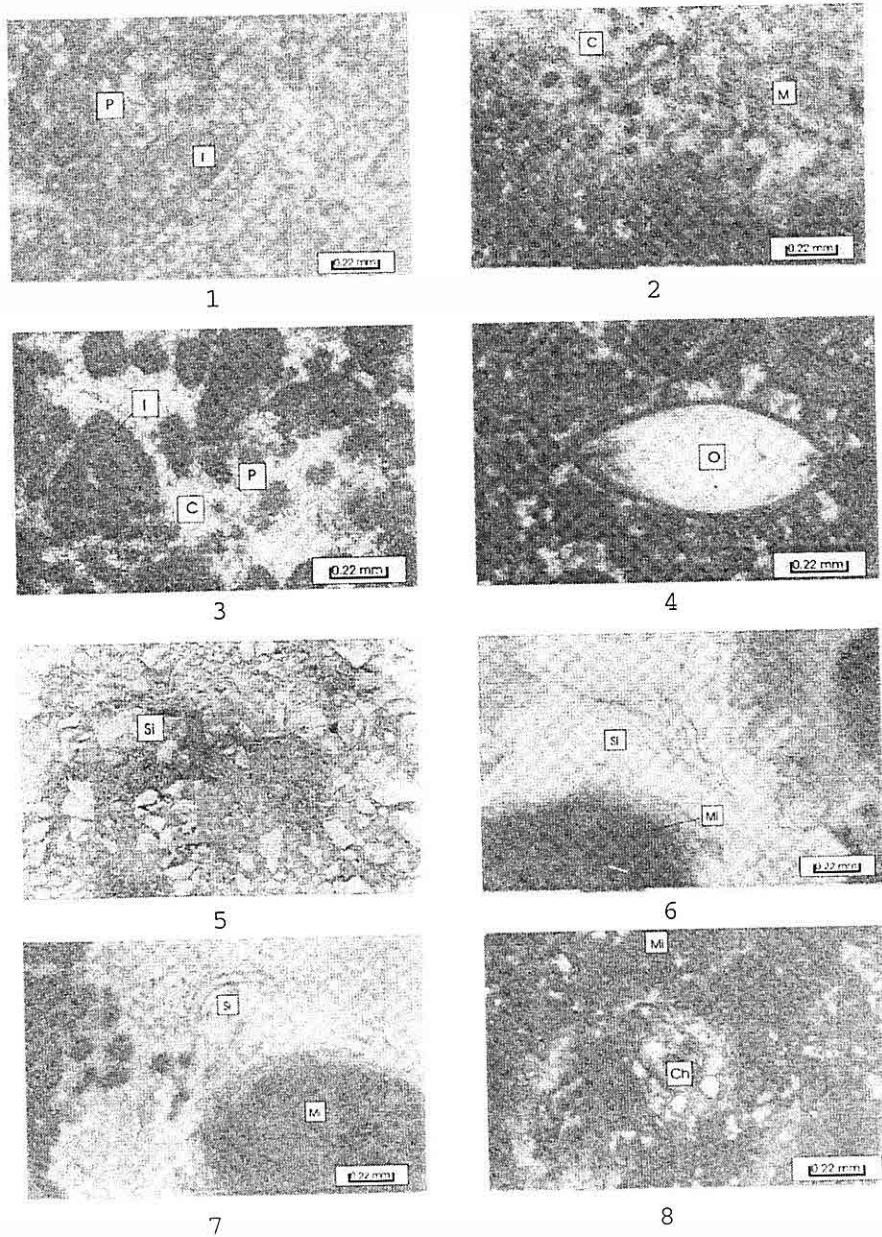


LEVHA 3

1. Stromatolitik kireçtaşlarındaki intraklastlı (i)-pelletli (p) ara seviye, (Tek Nikol).
2. Stromatolitik kireçtaşlarındaki pelletli-intraklastlı ara seviye, m: mikritik matriks, ç: sparikalsitik çimento, (Tek Nikol).
3. Stromatolitik kireçtaşlarındaki pelletli (p)-intraklastlı (i) ara seviye, ç: sparikalsitik çimento, (Tek Nikol).
4. Stromatolitik kireçtaşlarındaki pellet-intraklast-biyojen istiftası seviyesinde gözlenen ostrakod (o), (Tek Nikol).
5. Stromatolitik kireçtaşlarında ara seviye halinde gözlenen silis (si) bantı.
6. Mamelonlu onkoidal kireçtaşlarında silis ile ornatılma ve boşluk dolgusu silis (si), mi: mikritik çekirdek, (Tek Nikol).
7. Mamelonlu onkoidal kireçtaşlarında silis ile ornatılma ve boşluk dolgusu silis (si), mi: mikritik çekirdek, (Çift Nikol).
8. Stromatolitik kireçtaşlarında *Chara* sp. (ch) ve mikritik matriks (mi), (Tek Nikol).

GÖKÇEYAZI – KUSKUNCUK (EREĞLİ – KONYA) ÇEVRESİNDEKİ GÖLSEL
STROMATOLİTLERİN FASİYES ÖZELLİKLERİ

LEVHA 3

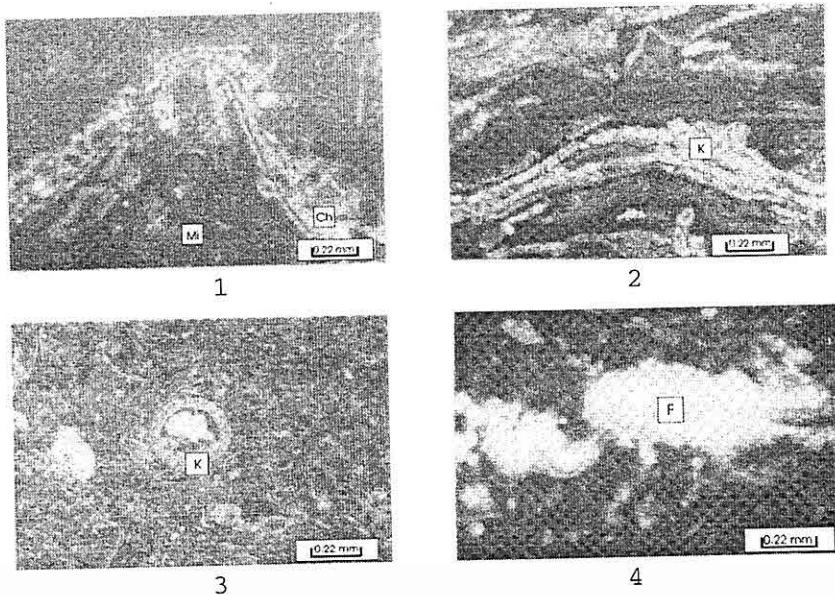


LEVHA 4

- 1.** Stromatolitik kireçtaşlarında *Chara* sp. (ch) ve mikritik matriks (mi), (Tek Nikol).
- 2.** Stromatolitik kireçtaşlarında gözlenen kök (k) yumakları (Tek Nikol).
- 3.** Stromatolitik kireçtaşlarında gözlenen kök (k) parçaları (Tek Nikol).
- 4.** Stromatolitik kireçtaşlarındaki algal yaygılarda organik maddenin oksitlenmesiyle gelişen düzensiz fenestra (f)

*GÖKÇEYAZI – KUSKUNCUK (EREĞLİ – KONYA) ÇEVRESİNDEKİ GÖLSEL
STROMATOLİTLERİN FASİYES ÖZELLİKLERİ*

LEVHA 4



sp. (Levha 1, Şekil 4,6) tarafından oluşturulmuştur. Ortama sağlanan sediman desteğiyle birlikte gelişen bu organosedimanter yapılarda *Scytonema* sp. ile *Phormidium* sp. düşey büyümeyi ve sediman kapanlama işlemini, *Schizothrix* sp. ise yatay büyümeye ve sediman bağlama işlemini gerçekleştirmiştir. Göl suyundan kimyasal çökelmeyle gelişen spariksitsit cimento (Levha 1, Şekil 8) ile bağlanma yanı sıra yeşil alglerin (*Chara* sp.) iskelet kırıntılarından oluşan bol miktardaki mikritik matriks (Levha 1, Şekil 3-7; Levha 4, Şekil 2,3) de bağlayıcı olarak rol oynamıştır.

Çoğu hareketli organizmalar günlük ışık değişikliğiyle uyumlu günlük hareketler ile karakterize olurlar (Monty, 1976). Böyle fototaksik (ışıksal) hareketler birincil biyolojik laminasyon gelişimine neden olur. İlginç örnekler günümüzde *Phormidium hendersonii* (Golubic, 1976; Monty, 1976) olarak sınıflandırılan *Schizothrix calciola sensu* (Monty, 1965,1967; Gebelein, 1969; Monty, 1976'dan)'nin kolonilerinde tanımlanmıştır. Buna göre gündüz süresince filamentlerin düşey yiğinlar oluşturduğu 0.9mm kalınlığa ulaşan yukarıya doğru gelişen yapışkanımsı iplikler bir organik lamina üretir; geceleyin ise filamentler çok yavaş bir oranda yatay olarak büyür ve ince koyu organik lamina (0.1mm kalınlıkta) oluşturur. Bu biyolojik laminasyon oldukça düşük süreklilikteki sedimentasyon oranı ile karakterize olan ortamlardaki sedimanter partiküller tarafından oluşturulabilir: gündüz

esnasında detritik partiküller hızlı bir şekilde gelişen yaygı içersine dahil edilir, ki dağılmış kalıntılar tamamen hiyalin bir tabaka oluşturur; geceleyin ise, tersine filamentler yatay olarak gelişir ve çok daha yavaş bir şekilde detritik partiküller belirgin zerreli bir lamina içinde yoğunlaşabilirler. Ertesi gün filamentler nüfuz edecektir ve bu taneleri yeni bir hiyalin lamina geliştirmek için kuvvetlice bağlayacaktır. Bu şekilde gelişen organosedimanter laminalanmış fabrik algal büyümeye ve sedimentasyon oranı arasındaki bir dengeye bağlıdır: eğer sedimentasyon oranı çok düşükse sadece organik biyolaminanmış yapı oluşur; tersine eğer sedimentasyon oranı çok yüksekse masif bağlamtaşları oluşur (Monty, 1976). İnceleme alanındaki stromatolitlerde biyolaminasyon yaygın olup sedimentasyon oranının düşük olduğu söylenebilir (Levha 1, Şekil 3). Benzer fototaksik tepkimelerle Yellowstone National Park'taki *Phormidium tenue* var. *granuliferum* tarafından inşa edilen üstü düzleşmiş silisli stromatolitler de gözlenen laminalar çok incedir (Monty, 1976). İnceleme alanında silisle ornatılan stromatolitlerdeki laminalar da oldukça incedir (Levha 3, Şekil 6,7).

Scytonema-Schizothrix birlikteliği tarafından inşa edilen yaygınlar ve domlar değişmez bir şekilde beyazumsı kalkerli tabakalar ile kahverengimsi organik tabakaların ardalanmasını gösterir (Levha 1, Şekil 1,2). Bu değişmez fabrik jenetik olarak çok kompleksidir ve *Scytonema-Schizothrix* birlikteliğinin en az üç farklı

davranış şeklärinden sonuçlanabilmektedir: (1) birinci tip yaygı (Monty, 1967; Monty, 1976'dan) (3-4 cm kalınlıkta, 20-50 cm genişlikte) başlıca kalkerli *Scytonema* tüpleri tarafından inşa edilen derinde 1mm kalınlıkta, yüzey basıncında 5mm kalınlıkta kalsitleşmiş tabakaların ibarettir; bu birbirine karışmış *Schizothrix* filamentlerinin yoğun gelişimiyle oluşturulan hiyalin tabakalar (0.03-0.3mm) ile ardalanır. Kuru mevsim süresince *Scytonema* yaygı yüzeyinde ya da alttabaka ıslaklığının önemli olduğunda düşey ve iyi bir şekilde gelişir ya da daha kuru süre boyunca eğik olarak gelişir. Bu safhadada *Schizothrix* yüzey altında yoğunlaşır, ıslaklığın yaşamamasını mümkün kıldığı *Scytonema* yiğinları arasında bulunur. Daha sonra kalsitleşmiş tabaka inşa edilir; o, *Scytonema* kılıflarının kalsifikasyonundan ve üst üste büyüyen *Schizothrix* keçeleri ile arada bulunan yapışkan maddeyle kalsitin bol miktarda çökelmesinden sonuçlanır (Monty, 1976). Yaygınlar bir fırtına yada gece-gündüzün eşit olduğu yüksek gelgit esnasında tuzlu su ile (%020-30) geçici olarak iyice islandıgı zaman *Schizothrix* yaygının yüzeyine doğru yükselir ve gelişir; o, böyle sularda sertleşmez ve gevşek organik bir tabaka oluşturur. Sonra böyle tesadüfi bir tuzlanma yer altı suyu ve yağmur suyu tarafından sürekli olarak azaltılır ve yaygı sürekli olarak daha kuru atmosferik gelişmeye geri döner; *Scytonema* yeni bir kalsitleşmiş tabaka üretmeye başlarken *Schizothrix* geri çekilir. Organik tabakalar derinlikle hızlı bir şekilde sıklaşır, ki onlar

kahverengimsi bir yarı yatay dalgalı çizgiler şeklärinde incelir (Monty, 1976). (2) ikinci tip yaygı aynı topluluk tarafından üretilir ve ters bir durum sergiler; kalsitleşmiş tabakalar *Schizothrix* tarafından inşa edilirken, hiyalin tabakalar *Scytonema* tarafından inşa edilir. Düşey kesitte o, karışık bir ardalanma gösterir, mikritik laminalar (0.04-0.4 mm kalınlıkta) *Schizothrix* ile kaplanır, *Scytonema*'nın düşey yiğinları tarafından inşa edilen düzensiz hiyalin tabakalar (0.02-0.8mm kalınlıkta) ile ardalanır (Levha 1, Şekil 3,5,7). Hareketsiz yaygı ıslatıldığından ya da hafif tuzlu sular ile sellendiğinde *Schizothrix* orada ideal şartlarda bulunur ve gelişir. Yapışkan keçelerde CaCO_3 çökelirken birbirini üstleyen yiğinlar üzerinde aktif ayrılma ve ışık göğümden (phototropism) dolayı yarı günlük filmlerin inşası başlar. Metabolik gaz kabarcıkları birikir ve mikroyapayı bir miktar değiştirir. Alglerin birlikteliği (*Scytonema* ve bazı *Lyngbya*) yukarıya doğru gönderilen hormonlar ile yapıştırılan ve birkaç yüz mikron kalsitin altına gömülmeye tepki olarak genellikle çok daha yavaş gelişme oranıyla karakterize olurlar. Bunlar genç tek hücreliler safhası gibi filmler arasında çökelirler ve onlar kolayca ayrırlırlar; böylece sürekli olarak daha olgun safhalar yüzeyin altına doğru bulunur, *Schizothrix*'in gelişimi subtidal bölgelerdeki gibi sürekli değildir (Monty, 1976); onlar alglerin rekabetiyle kolonize olan yüzeyde bir süre için durabilir; bir süre sonra *Schizothrix* yeniden gelişmeye başlar ve yeni bir kalsitleşmiş film takımı

olur. Aynı zamanda genç *Scytonema* filimlerin arasına veya film gruplarından ziyade hıyalin tabakalar içersinde genişleyen bu alanlara yerleşir ve gelişimine devam eder; ya da *Scytonema* su altında ya da taşlaşmanın olmadığı hava ara yüzeyinde ayrılmış olarak gelişir. Gelişme sırasında *Schizothrix*'in üst üste gelen filimleri sürekli olarak daha kalın mikritik komposit tabakalar içersinde sıklaşır, çünkü araya karışan yapışkan madde çürürken metabolik gazlar kaçar. Bir laminalanmış yaygı kalsitleşme ve hıyalin organik tabakaların oluşumundan ibarettir (Monty, 1976). (3) üçüncü tip yaygı *Scytonema* ve *Schizothrix* tarafından inşa edilen hıyalin tabakalar ve kalsitleşmenin ardalanmasını gösterir. Algal yapılar hasıl olduğu zaman mevsimsel taşmaların sonunda yaşayan yaygının kesiti açık sarımsı kahve renkli kalkerli laminalar ve kahverengimsi organik laminaların ardalanmasından yapıtı yarı fosil bir taban kalıntıları üzerinde 3 cm kalınlığa ulaşan yaşayan bölümü gösterir. Yaşayan bölüm iki parçaya bölünebilir. *Schizothrix*'in yatay olarak kalsitleşmiş filimle zonlanan ve yüzey üzerinde yerleşen kahverengimsi *Scytonema*'nın kalsitleşmiş uzun düşey yığınlarından yapıtı 2 cm kalınlığa ulaşan süngerimsi kalkerli bir üst lamina vardır; bu yüzden orijinal fabrik bütünüyle ağsıdır. Alt bölüm büyük boşlukları gösteren *Schizothrix* örtüleri ve filimler ile karışan *Scytonema*'nın kalsitleşmemiş düşey filamentleri ile 1.5cm kalınlığa ulaşan gevşek, yeşil bir tabakayı gösterir. Arazi gözlemleri tatlı su seviye düşmeleri

nedeniyle yaygı yüzeylediği zaman kalsitleşmiş lamina oluşumları gösterir. Böyle şartlarda gerçekten *Scytonema*'nın subaeriyal tatlı su gelişim safası başlar ve kalsitleşmiş bir kılıfla örtülen uzun filamentleri inşa eder; çünkü yaygı *Schizothrix*'in aynı derecede gelişebileceği ve aynı zamanda kalsitleşmiş filimlerini inşa edebileceği su ile hala tamamen islatılmıştır, söyleki ağsı bir şekil oluşturulur; ardıl filimler arasındaki alanlar daha da genişleyebilir ve *Scytonema* filamentleri onları daha geniş olarak ayıracak gelişir. Bu yüzeysel tabakanın altında her iki alg için yaşam şartları gaz boşluklarının bolluğu ve şiddetli bir şekilde boyanmış yeşil filamentler ile gösterildiği gibi hala iyidir; fakat şartlar kalsit gelişimi için uygun değildir (bu bir dereceye kadar kapalı ortamda überleyen tabaka ve yapışkan madde tarafından boğulan, gün süresince çökelen bir karbonat ancak geceleyin solunum yapıldığı zaman çözünebilir). Bu tabaka kalsitin saçılmış yumakları dışında başlıca organik kalıntılardır. Gelişim peryodunun sonunda her iki lamina çöker ve şiddetle sıkışır (en azından 10 defa) ve daha kalın kalkerli tabakaların alışılmış laminalı fabriği daha ince organik bir oluşum tarafından ayrılır. Bu durumda kalkerli kılıfların parçaları hala bulunabilir, fakat orijinal ağsı fabrik tümüyle belirsizleşir (Monty, 1976).

Farklı yollar vasıtasiyla olmakla beraber bu üç durum nemlilikteki ince çeşitliliğin derecesini ve tuzluluk sonuç olarak benzer laminalanmış fabriği oluşturan bir algal konsorsiyumun farklı

kontrol edilebilmesini gösterir (Monty, 1976).

3.2. Üst Üste Yıığılı Yarı Küresel Stromatolit Fasiyesi

İnceleme alanında gözlenen bej renkli, orta – kalın tabakalananmali özellikteki üst üste yıığılı yarı küresel stromatolitler (SH-tipli stromatolitler) yanal olarak onlarca metre yayılıma sahip olup, LLH-tipli stromatolitlerle ardalanma sunarlar. Enine kesitleri dairesel ya da elips şekilli (Levhâ 2, Şekil 1) olup, kenar kısımları düz ve mamealonlu olarak da gözlenirler. SH-tipli stromatolitler bireysel olarak gözlendiği gibi, birbirleriyle birleşmiş olarak da gözlenirler. Ayrıca gelişimlerinin bazı evrelerinde mikrobiyolojik faaliyetler (bakteri kökenli: Riding ve Awramik, 2000) sonucu mikritik zarf gelişimi de sunarlar (Levhâ 2, Şekil 3). Genellikle tabakalananmaya dik konumlu olarak gözlenen SH-tipli stromatolitlerdeki *Scytonema* sp. ve *Phormidium* sp. demetleri arasındaki boşluklar mikritik matriks ve sparikalsitik çimentoyla doldurulmuştur. SH-tipli stromatolitler sedimentasyon ortamının oldukça hızlı değişen koşullarına uyum sağlayabilen üç mavi-yeşil alg cinsi *Scytonema* sp., *Phormidium* sp. ve *Schizothrix* sp. tarafından oluşturulmuştur. Bu stromatolitlerdeki yatay mavi-yeşil alg iplikçiklerinin *Schizothrix*'lere ve sualtı koşullarına, düşey büyüyen filamentlerin ise *Scytonema* ve *Phormidium*'lara ait olduğu ve atmosferik koşullarda belirli bir zemin ıslaklığında büyündükleri ve *Schizothrix*'lerin tuzlu sulara toleranslı

olduğu Monty (1976), Monty ve Hardie (1976) ile Varol ve diğ. (1984) tarafından belirtilmektedir. Bu SH-tipli stromatolitler su seviyesindeki kısa süreli ve uzun devam eden dalgalanmalara bağlı olarak oluşmuşlardır.

Genellikle algal yayılarda şiddetli güneşçe maruz kalma ileri sürüür, yüzeysel tabakalar hücreleri ısı ve ışiktan korumak için güçlü bir şekilde boyanmaya ve/veya aşırı buharlaşmadan korumak için çok sıkışmaya başlar. Altabakasal nemliliğin yoğunlaştığı zonlarda bu durum ender değildir, mavi-yeşil alglerin çok hücreli iplikçikleri ya da hareketsiz hücreler aktif olarak gelişmeye başlar, interstratifiye organik tabakaların gelişimi ve yaygı içerisinde kalınlaşma meydana gelir (Monty, 1965; Monty, 1976'dan). Kalkerli tatlı sulardaki *Phormidium incrassatum* kominitesi tarafından inşa edilen kabuklar 10 cm kalınlığa ulaşır ve düşey kesitte gevşekçe kalsitleşmiş filamentli tabakalar ve yoğun olarak kalsitleşmiş ardalanmadan sonuçlanan önemli bir laminasyon gösterir (Monty, 1976). Bu kabuklar üzerindeki palinolojik çalışmalar her bir tabakanın zamanını belirlemeye izin verir ve mevsimsel olarak oluşan laminasyonu gösterir. Şubat-Mayıs arasında su soğuk olduğu zaman (4°C) *Phormidium* çiçeklenir ve 5mm kalınlığa ulaşan kalkerli yapışık tabakaları oluşturmak için radyal filamentler yakından sıkışmamış olarak gelişir; filament parçaları düşük Mg-kalsitin küçük eş boyutlu ya da rombik kristalleri ile yoğun bir şekilde kabuklanır. Daha sonra Mayıs-Ocak arasında su ısınır

(16 °C) büyümeye azalır ve filamentler geniş boşluklar tarafından ayrılan gevşek ve dağınık kalsitleşmiş yığınlar içinde toplanır. Her yıl depolanan gevşekçe kalsitleşmiş bir tabaka ile onu takip eden güçlü bir şekilde kalsitleşmiş tabaka tarafından oluşturulan bir çifte binaen bir radyal filament mikroyapısı lamina ögelerini oluşturur (Monty, 1976). Algal topluluktaki mevsimsel değişiklikler kalsitik kristallerin çok farklı tiplerinin ardalanmalı çökelimini meydana getirir. *Schizothrix* sp. ve *Phormidium incrassatum* tarafından inşa edilen belirli kabuklar için bu durum bir örnektir. Burada her bahar esnasında *Phormidium* tabakasının kalsifikasyonu yukarıda bahsedilen durumdan daha güçlü bir şekilde ortaya çıkar: filamentler mikrokristalin kılıf tarafından kuşatılma yerine *Rivularia* durumunda olduğu gibi birbirine bağlanmış tüpsü uzunlamasına kristallerle kaplanırlar. Filamentlerin yelpazemsi radyal gelişiminden dolayı bu kristaller yan yana sıralanan ya da birbirini örten yelpazeler oluşturma eğilimindedir. Böyle kabuklar küçük (0.01mm'den daha küçük) anhedral kalsit kristallerinin çökelimi ile ilişkili *Schizothrix*'in çiçeklenmesi (gelişimi) tarafından periyodik olarak saldırıyla uğrayabilir. Dolayısıyla kabığın düşey kesiti kristalin laminalarının fabriği oluşturan işinsal yayılımlı uzunlamasına kristallerin tabakaları ile mikrokristalin laminaların ardalanmasından sonuçlanan önemli bir laminasyon gösterir (Monty, 1976).

3.3. Onkoidal Stromatolit Fasiyesi

Bej renkli, orta-kalın tabakalanmalı

onkoidal stromatolitler (SS-tipli stromatolitler) yanal olarak birkaç on metre yayılmışlardır. Onkoidler birkaç milimetre ile birkaç santimetre çapında küresel ya da elipsoidal şekilli taneler şeklinde (Levha 2, Şekil 4) olup, kesitleri dairesel ya da elips şeklindedir. Bazı onkoidler düzgün kenarlı iken (Levha 2, Şekil 7,8), bazıları mamelonludur (Levha 2, Şekil 5,6). Bazı onkoidlerin içi boş (Levha 2, Şekil 6), bazılarının içi mikrit ve sparit ile doldurulmuştur (Levha 2, Şekil 5,7,8). Bazı onkoidlerde laminasyonlar belirginken, bazılarında mikrobiyolojik faaliyetler (bakteri kökenli: Riding ve Awramik, 2000) sonucu gelişen mikritleşmeden dolayı az belirgindir. Onkoidal stromatolitlerin bağlayıcısını spariksit çimento ve mikritik matrix oluşturmaktadır (Levha 2, Şekil 5-8). Ayrık onkoidler şeklinde gözlenen bu SS-tipli stromatolitlerin şekli ortamsal enerji etkisiyle belirlenmektedir. Genellikle oldukça küresel oluşuklar nehirlerde egemendir; oldukça basık küresel oluşuklar tipik olarak hafif akıntı rejimi ve serbest gelişimli sakin ortamlarda oluşurlar (Pedley, 1990). Oluşumunda *Schizothrix* sp., *Scytonema* sp. ve *Phormidium* sp.'nin rol oynadığı onkoidal stromatolitler, LLH ve SH tipli stromatolitlerin ortamda yükselen enerjiye bağlı olarak kopolmaları ve zeminde hareket etmeleriyle oluşturulmuşlardır.

3.4. İnklast - Pellet - Ooid

Tanetaşı/İstiftası, Pellet-İnklast-

Biyojen Vaketası/İstiftası Fasiyesi

İnceleme alanındaki stromatolitik

kireçtaşları bazı seviyelerde krem renkli, bol fosilli (gastropod, bivalv, ostrakod) pelletli-intraklastlı, ooidli kireçtaşlarıyla ardalanma sunmaktadır. Bu kireçtaşlarının mikroskopik incelenmesi sonucu bazı düzeylerin intraklast-pellet-ooid tanetaşı/istiftaşı (Levha 3, Şekil 1-3) bazı düzeylerin pellet-intraklast-bijojen vaketaşı/istiftaşı (Levha 3, Şekil 4) şeklinde olduğu gözlenmiştir. Bu kireçtaşlarında gözlenen pelletler yuvarlak ve elips şekilli olup, gölde yaşayan yumuşakçalar tarafından fekal pellet olarak oluşturulmuştur. İnklastalar köşeli taneler şeklinde olup, mikritik karbonat çamurunun atmosferik yüzeylemesi sonucu kuruyup parçalanması ve tekrar su altında kalıp yeniden çökelmesiyle, ayrıca yüksek enerjili evrelerde sığ su karbonat çamurunun kıyı boyu akıntılar ve dalgalar etkisiyle aşındırılması sonucu oluşmuş olmalıdır. Çok az olarak gözlenen 0.5-1.7 mm arasında değişen çapa sahip ooidler elips ve dairesel şekilli olup, yüksek enerjili sığ su kesiminde iğnemsi aragonit kristallerinin bir çekirdek etrafında sarılması sonucu oluşmuştur. Biyojen vaketaşı ve istiftaşlarındaki fosiller çoğunlukla ostrakod, az olarak da gastropod ve bivalv şeklindedir.

3.5. Silisli Sinter Kabuk Fasiyesi

İnceleme alanındaki stromatolitik kireçtaşlarında ara seviyeler halinde kahve, mavimsi gri renkli çört yumru ve bantları da gözlenmektedir. 10-15 santimetre kalınlık, birkaç on metre yanal yayılımlı olarak gözlenen çortler yer yer laminalı özellik sunmaktadır. Bu silisli

sinter kabuk fasiyesi stromatolitik kireçtaşlarında boşluk dolgusu amorf silis çökelimi yanı sıra onkoidal stromatolitleri ornatınan laminalı silis şeklinde de gözlenmektedir (Levha 2, Şekil 10; Levha 3, Şekil 1, 2). Renaut ve diğ. (2002)'nin Kenya rıftinde yaptıkları çalışmada silisli sinterin göl tabanından çıkan termal kaynak akıntılarından çökeltildiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar silisli sinterin küçük tepeler ya da krater gibi morfolojik özellikler yanı sıra göl tabanı üzerinde kaynağın yarığı etrafında yayılmış çökeltiler şeklinde de oluşabileceğini belirtmişlerdir. Sinter tepeleri tipik olarak çıkan kaynak noktası ile ilişkilidir, oysaki yayılmış silis çok yönlü küçük çatlaklılardan sızmayıla ya da muhtemelen jel şeklinde çökelmeye ilişkili olabilir (Renaut ve diğ., 2002). Renaut ve diğ. (2002) sakin sularda süspansiyonla dibe çökmüş diyatom testlerinin amorf silis içinde bulunduğu da ifade etmişlerdir.

İnceleme alanında çört yumru ve bantları şeklinde gözlenen silisli sinterin ortamda silis çökelimine elverişli kısa süreli asidik şartların (göl altı termal kaynak sızıntıları) ve/veya çevrede bulunan volkanik kayaçlardan karasal yılanmaya bağlı olarak geliştiği söylenebilir.

4. SONUÇLAR

Stromatolitik kireçtaşlarının gelişiminde mavi-yeşil alglerden *Schizothrix* sp., *Scytonema* sp. ve *Phormidium* sp. etkili olurken, ortamda bulunan yeşil alglerden *Chara* sp. de

mikritik karbonat çökelimine katkıda bulunmuştur.

Stromatolitik kireçtaşları su seviyesindeki ve enerjisindeki dalgalanmalara bağlı olarak LLH, SH ve SS tipi stromatolitler şeklinde gelişmişlerdir.

Stromatolitik kireçtaşlarında ara seviyeler halinde gözlenen silisli sinter gelişimi muhtemelen Miyosen esnasında gelişen blok faylanmalarla oluşan kırıklar boyunca göl tabanına sızan hidrotermal getirimlere ve/veya çevredeki volkaniklerden karasal yıkanmaya bağlı olarak oluşmuştur.

Stromatolitik kireçtaşları evaporitlerin (jips) çökelimine elverişli bir gölün jips çökelmesi, mevsimsel ve iklimsel olarak tatlı su beslenimiyle tuzluluğun azalması sonucu az tuzlu göl ortamında çökelime başlayıp, gölün tamamen tatlı sulu hale gelmesiyle çökelimine devam etmiş ve gölün kurumasıyla da çökelimini tamamlamıştır.

5. TEŞEKKÜR

Yazar makalenin düzenlenmesinde yardımcılarını gördüğü A.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerinden Prof.Dr. Baki VAROL'a, yapıcı eleştirilerinden dolayı İnceleme kuruluna ve çalışmaya maddi destek sağlayan S.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığına teşekkür eder.

6. KAYNAKLAR

Aitken, J. D., 1967, *Classification and Environmental significance of Cryptalgal*

Limestones and Dolomites, with Illustration from the Cambrian and Ordovician of Southwestern Alberta, Jour. Sed. Petrology, 37, 1163-1178.

Celik, M., Temel, A., Tunoglu, C. ve Orhan, H., 1994, *Konya-Seydishehir-Akviran-Doğanbey Arasındaki Bölgelerde Yer Alan Killerin Özellikleri ve Ekonomik Önemlerinin Araştırılması, Tübıtak Projesi, YBAG 0040/DPT (yayınlanmamış).*

Demirtaşlı, E., Bilgin, A. Z., Erenler, F., Işıklar, S., Sanlı, D., Selim, M. ve Turhan, N., 1973, *Bolkar Dağları'nın Jeolojisi, Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi, MTA, D, 12, 42-67.*

Demirtaşlı, E., Bilgin, A. Z., Selim, M. ve Turhan, N., 1983, *Geology of The Bolkar Mountains, Geology of The Taurus Belt International Symposium, Ankara, 123-143.*

Golubic, S., 1976, *Organisms that Build Stromatolites, Walter, M. R., Ed., Stromatolites de: Elsevier, Publ., Amsterdam-New York, 113-125.*

Logan, B. W., Rezak, R. and Ginsburg, R. N., 1964, *Classification and Environmental Significance of Algal Stromatolites, Jour. Geol., 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.,

GÖKÇEYAZI – KUSKUNCUK (EREĞLİ – KONYA) ÇEVRESİNDEKİ GÖLSEL STROMATOLİTLERİN FASİYES ÖZELLİKLERİ

- 1976, *The Geological Significance of The Freshwater Blue-Green Algal Calcareous Marsh*, Walter, M. R. Ed., *Stromatolites de: Elsevier, Publ. Amsterdam-New York*, 447-477.
- Oktay, F. Y., 1982, *Ulukışla ve Çevresinin Stratigrafisi ve Jeolojik Evrimi*, *Türkiye Jeol. Kur. Bült.*, 25/1, 15-23.
- Özkan, A. M., 2002, *Ereğli (Konya) Doğusundaki Karasal Neojen Çökellerinin Sedimentolojisi*, S.Ü. Araştırma Fonu Projesi, No: 2000/054, 53 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.
- Platt, N. H. and Wright, V. P., 1991, *Lacustrine Carbonates: Facies Models, Facies Distributions and Hydrocarbon Aspects, Lacustrine Facies Analysis, The Int. Assoc. Sedim. Publ. Blackwell, Sci. Publ.*, 57-74.
- Reading, R., 1977, *Skeletal Stromatolites*; Flügel, E., ed., *Fossil Algae de: Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York*, 57-60.
- Renaut, R. W., Jones, B., Tiercelin, J.J. and Tarits, C., 2002, *Sublacustrine Precipitation of Hydrothermal Silica in Rift Lakes: Evidence from Lake Baringo, Central Kenya Rift Valley, Sedimentary Geology*, 148/1-2, 235-257.
- Riding, E.R. and Awramik, S.M., 2000, *Microbial Sediments*, Springer, 387 p.
- Scholl, D.W., 1960, *Pleistocene Algal Pinnacles at Searles Lake, California: Jour. Sed. Petrology*, 30, 414-431.
- Varol, B., Kazancı, N. ve Okan, Y., 1984, *Klinik (KB Ankara) Eosen Tatlı Su Alg Biyoherm ve Stromatolitleri, Türkiye Jeol. Kur. Bült.*, 27, 119-129.
- Wright, V. P., 1990, *Lacustrine Carbonates, In: M. E. Tucker, V. P. Wright and J. A. D. Dickson Eds., Carbonate Sedimentology*, Blackwell, 164-190.

**LANDSAT 5 TM UYDU GÖRÜNTÜLERİİNDE BAZI LİTOLOJİ AYRIM
YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Hulusi KARGI

Pamukkale Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Denizli/Türkiye

ÖZET: Denizli ve çevresindeki illerin bir kısmını içeresine alan ve 1987 yılında alınmış Landsat 5 TM uydu görüntülerinden çıkarılan M23c1 paftasına ait sayısal görüntüler üzerinde bazı litoloji ayırm yöntemleri incelenmiştir. Çalışmada, görsel yorumlama için kullanılan litoloji ayırm yöntemleri, Abrams ve Sultan yöntemleri, 741 ve 754 TM bantları ile oluşturulan kompozit görüntüler, 6 TM bandı üzerinde gerçekleştirilen temel bileşenler analizi ve 4 seçmeli TM bandı üzerinde gerçekleştirilen ve Crosta yöntemi olarak bilinen temel bileşenler analizidir. Bu görüntüler, bölgenin 1:100000 lik jeolojik haritasıyla kıyaslandığı zaman, bölge litolojisinin genel hatlarını en iyi ortaya çıkarayan yöntemlerin, 741 ve 754 TM bantları ile oluşturulan kompozit görüntüler olduğu gözlenmiştir. Ancak benzer bazı birimlerin ayrimında ise 6 TM bandı üzerinde gerçekleştirilen temel bileşenler analizi görüntüleri daha etkili olmuştur.

**COMPARISON OF SOME LITHOLOGICAL DISCRIMINATION
METHODS ON THE LANDSAT 5 TM SATELLITE IMAGES**

ABSTRACT: Some lithological discrimination methods were examined on the digital images of M23c1 section extracted from Landsat 5 TM satellite images, taken in 1987 over the Denizli and some parts of its surroundings. Lithological discrimination methods for visual interpretation used in this study are Abrams' and Sultan's methods, composite images of 741 and 754 TM bands, principle components analysis carried out on 6 TM bands and the principle components analysis on selective 4 TM bands, so called the Crosta method. When these images are compared with the 1:100000 scale geological map of the region, it has been observed that the best methods for the derivation of general lithological outline was the composite images consisting of 741 and 754 TM bands. But principle components analysis on 6 TM bands become more effective in the discrimination of same lithologies.

1.GİRİŞ

Landsat 5 TM uydı görüntülerini, gerek genel jeolojik özelliklerini gerekse de cevherleşmeye eşlik eden hidrotermal kuşak ve yapısal unsurları belirlemeye, jeolojide en yaygın kullanılan görüntülerdir (Abdelhamid ve Rabba, 1994; Goosens ve Kroonenberg, 1994; Griffiths vd., 1987; Kaufmann, 1988 ve Knepper ve Simpson, 1992). Değişik dalga boyu aralıklarındaki yansımalarını ifade eden Landsat 5 TM bantları, sayısal değerleri (digital number) 0 ile 255 arasında değişen ve 256 gri tona karşılık gelen renklerden oluşur. Jeolojik incelemeler için çok nadir olarak tek bir bant kendi başına kullanılır çünkü tek bir bant kendi başına yeteri kadar bilgiyi içermez. Çoğunlukla birkaç bant içerecek şekilde geliştirilen algoritmalarla bu tür analizler yapılır (Bennett vd., 1993 ve Rowan ve Bowers, 1995). Yaygın olarak kullanılan algoritmalar ise, bantların oransal değerlerini kullanarak yeni sayısal görüntüler oluşturma, temel bileşenler analizi ile yeni görüntüler oluşturma, birçok bandı kullanarak görsel veya istatistiksel sınıflar (kontrollü veya kontrolsüz) oluşturma ve değişim yakalama algoritmasını kullanarak yeni görüntüler oluşturmaktır (Sabins, 1997 ve 1999). Değişik amaçlar için değişik algoritmalar kullanılmasına rağmen, büyük bir alanda hızlı ve kolay olması ve elde edilen renklerle doğrudan sonuca ulaşılması amacıyla oransal değerleri kullanarak görüntü elde etme ve multispekral görüntülerle istatistiksel sınıflandırma yapmadan yapay olarak

100

renklendirilmiş kompozit görüntüler, görsel sınıflama için en sık kullanılan algoritmalarıdır. Oransal değerler tek başına veya kompozit görüntüler şeklinde genellikle cevherleşmeye eşlik eden alterasyon bölgelerini belirlerken, litoloji ayrimı için gerek her bir bandın gerçek değeri, gerekse oransal değerlerle elde edilen bantların birkaç tanesi kullanılarak kompozit görüntüler kullanılır (Abdelsalam vd., 2000; Kusky ve Ramadan, 2002). Gerçekte litoloji ayrimı için önerilen çok fazla yöntem yoktur. Yaygın olarak kullanılan yöntemler, oransal değerlere dayanan Abrams yöntemi (Abrams vd., 1983) ve Sultan Yöntemi (Sultan vd., 1986) ve 754 (Won-In ve Charusiri, 2001), 741 (Hoatson, 2001) ve 742 (Sabins, 1997) TM bantlarıyla oluşturulan kompozit renkli görüntüler üzerinde litoloji ayrimı yapmaktadır. Bu çalışmada, son bahsedilen litoloji ayrim yöntemleri 1:25000 ölçekli M23c1 paftası için incelenip, aynı paftanın 1:100 000 ölçekli jeoloji haritası ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca, ayrıntıları belirleyebilmek amacıyla 6 ve 4 TM bandı üzerinde temel bileşenler analizi yapılmış ve bulgular metin içerisinde tartışılmıştır.

2.YÖNTEM

Landsat 5 TM uydusundan 08.01.1987 tarihinde alınmış, Denizli ilinin büyük bir kısmını ve çevresindeki illerin bazı kesimlerini içine alan ve yaklaşık $34\ 225\ km^2$ lik bir alanı kapsayan sayısal görüntülerin geometrik düzeltmesi EARTHSAT firması tarafından yapılmış (NIK İnş. Tic. Ltd. Şti, sözlü görüşme) ve

çalışma bu geometrik düzeltmesi yapılmış görüntüler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bölgede ait görüntüler 7 banttan oluşmaktadır. Bu görüntü bantları oluştururken kullanılan işinlerin dalga boyu aralıkları şu şekildedir: TM1: 0.45-0.52 μ m, TM2: 0.52-0.60 μ m, TM3: 0.63-0.69 μ m, TM4: 0.76-0.90 μ m, TM5: 1.55-1.75 μ m, TM6: 10.40-12.50 μ m ve TM7: 2.08-2.35 μ m. Geometrik düzeltmesi yapılmış görüntülerin belirtilen piksel olarak çözünürlükleri 28.5m x 28.5m dir. Bu görüntülerin koordinat bilgileri, Türk Grid sistemindeki 1:25 000 ölçekli M23c1 paftasının koordinat bilgileri ve M23 paftasının 1:100 000 ölçekli jeoloji haritasındaki M23c1 paftasının koordinat bilgileri (MTA, 2004), MapInfo ver.6.0 programında eşleştirilerek, orijinal görüntülerdeki sayısal değerleri korumak koşulu ile M23c1 paftasına ait 7 TM görüntü bandı, MultiSpec programı (Biehl ve Landgrebe, 2002) ile çıkarılmış ve çalışma, bu program üzerinde gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan sayısal görüntülerin ölçü (görüntü kaybı olmaksızın) yaklaşık 1:90 000 dir. Ancak bu görüntüler makaleye konurken yer kazanmak amacıyla yaklaşık ölçekleri 1:171 000 olacak şekilde tekrar ölçeklendirilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

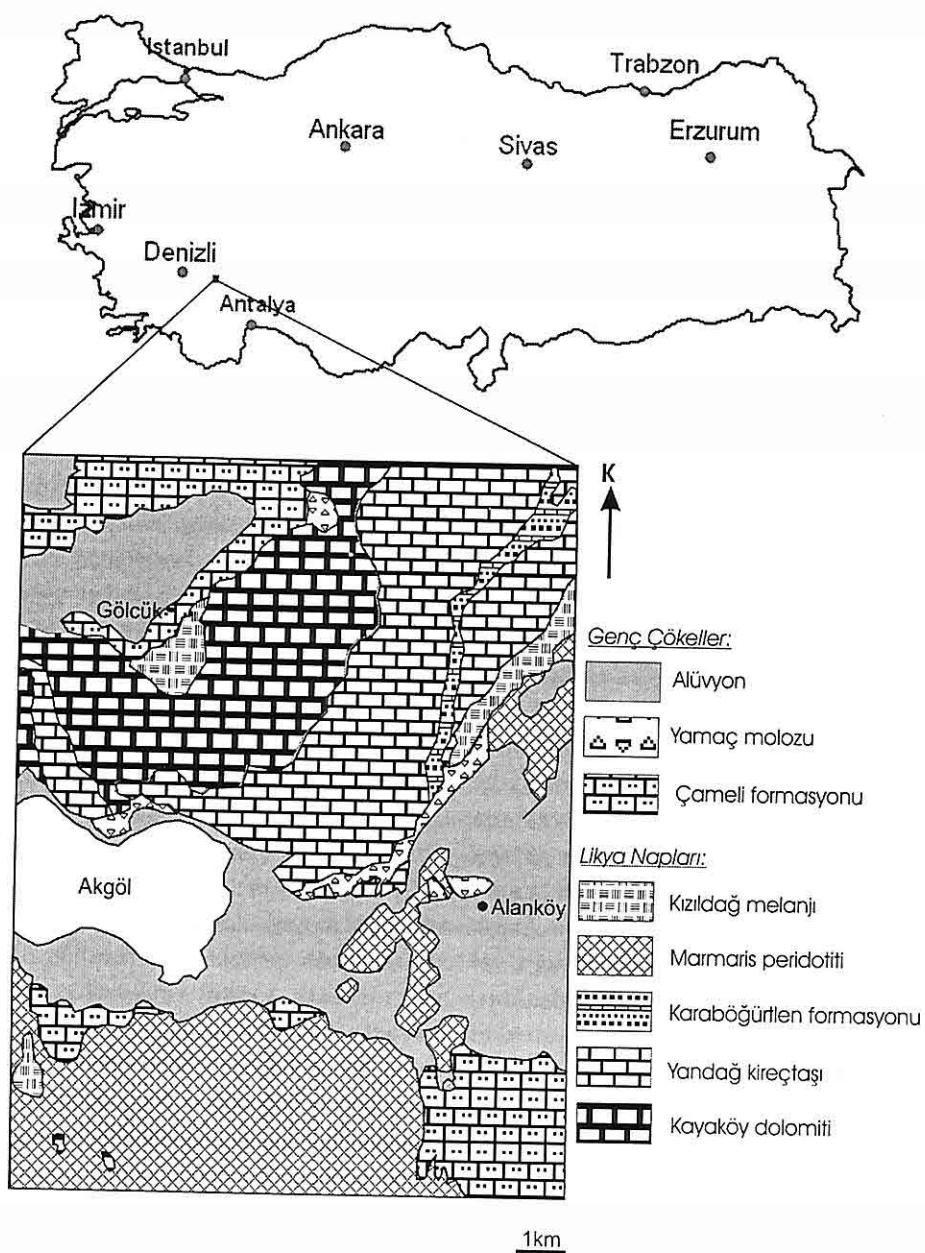
İnceleme alanındaki litolojik birimleri, genel olarak iki gurup altında toplamak mümkündür (Şekil 1). Bunlar, 1- Genç çökel birimleri ve 2-Likya Napları'dır.

Genç çökel birimleri, Kuvaterner yaşı, alüvyon, yamaç molozu, alüvyon

yelpazesi ve Pliyosen-Üst Miyosen yaşı gölgesel kireçtaşı, marn, killi kireçtaşı, kireçtaşı, kumtaşı, konglomeradan oluşan Çameli formasyonudur. Haritaya işlenirken, alüvyon ve alüvyon yelpazesi birleştirilerek, alüvyon adı altında toplanmıştır. Yamaç molozunun yansımاسının alüvyon ile ana kaya arasında olacağı düşünülerek, yamaç moluzu ayrı bir birim olarak haritaya işlenmiştir.

Likya Napları da kendi arasında Akgöl Birimi ve Marmaris Ofiyolit Napı olmak üzere iki guruba ayrılmaktadır. Akgöl Birimi, 1- Üst Senoniyen yaşı ve bloklu filiş olarak adlandırılan kumtaşı, kiltası, çörtlü kireçtaşı, konglomeradan oluşan Karabögürtlen formasyonu ve mikrit, çörtlü kireçtaşı, radyolarit, çörtten oluşan kireçtaşı üyesinden, 2-Dogger-Üst Kretase yaşı kireçtaşı, radyolarit, çörtten oluşan Yandağ kireçtaşı ve radyolarit, çört ve şeyden oluşan Tabakalı çört üyesinden ve 3-Üst Triyas-Liyas yaşı Kayaköy dolomitinden oluşmaktadır. Marmaris Ofiyolit Napı ise Üst Senoniyen yaşı ofiyolitli melanj olan Kızıldağ melanji ve Kretase yaşı harzburjıt, serpentinit, dünit ve olivinli gabro türü ultramafik kayaçlardan oluşan Marmaris Peridotitinden oluşmaktadır (MTA, 2004).

Yukarıda bahsedilen formasyon adları, yaşıları ve oluşum koşulları hakkında literatürde değişik görüşler ve ayrıntı bilgiler mevcuttur (Konak vd., 1987; Okay, 1989; Sözbilir, 1997 ve 2002), ancak buradaki amaç bölge jeolojisini tartışmak ve yeniden yorumlamak olmadığı için ayrıntıya girilmeyecektir.



Şekil 1. İnceleme alanının basitleştirilmiş ve yapısal unsurları göz ardı edilmiş jeoloji haritası (MTA, 2004 den değiştirilerek alınmıştır).

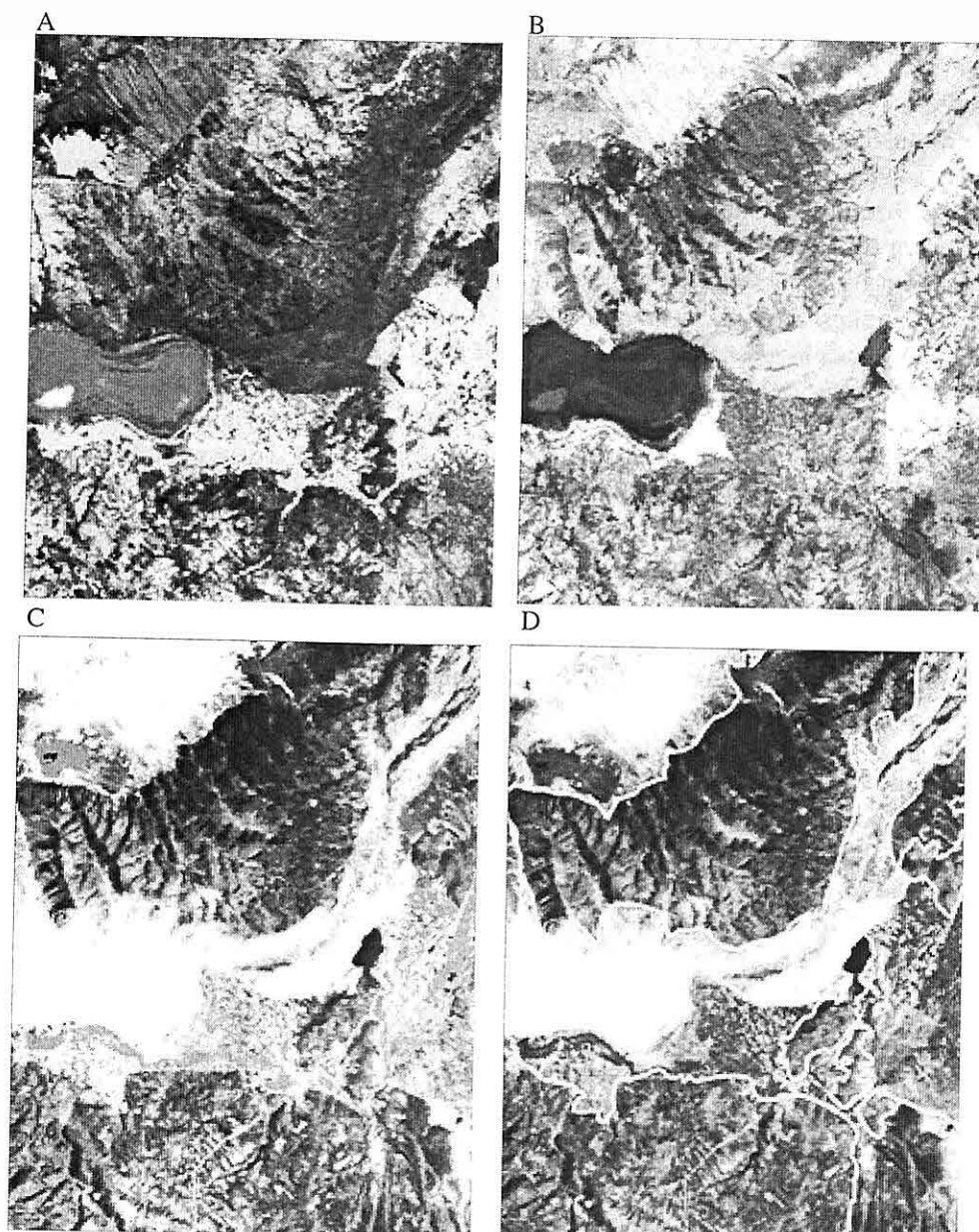
LANDSAT 5 TM UYDU GÖRÜNTÜLERİİNDE BAZI LİTOLOJİ AYRIM YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

MultiSpec programı ile litoloji ayrimı için kullanılan 4 yaygın yöntem (Abrams, Sultan, 741 ve 754 TM bantları) ile elde edilmiş ve eşit alan uzatma tekniği ile kontrastları artırılmış kompozit renkli görüntüler Şekil 2 de görülmektedir. Abrams yöntemi jeolojik özelliklerini uzaktan algılamada kullanılan klasik yöntemlerden birisidir (Abrams et al., 1983). Yöntemin esası bant oranlamasına dayanmaktadır ($5/7$, $4/5$ ve $3/1$ TM bant oranları). Bant oranlaması, topografik değişimleri ve tane boyundan kaynaklanan yansımı ve parlaklıktaki genel değişimleri elimine ederek yeryüzü bilgileri ile ilişkisi olmayan gölge vs gibi etkileri minimuma indirmektedir (Abrams et al., 1983 ve Blodget and Brown, 1982). Bant oranlaması, cevherleşmelere eşlik eden alterasyon kuşaklarını ve demir şapka oluşumlarını bulmada sık sık kullanılan bir yöntemdir (Sabins, 1999). Gerek, bu TM bantlarının oranlarıyla oluşturulan ve makaleye konmayan her bir 256 gri ton görüntüleri, gerekse de kompozit renkli görüntü, litoloji ayrimında çok iyi bir sonuç vermemiştir. Ancak Abrams yönteminin diğer yöntemlere göre daha avantajlı kısmı olarak Yandağ kireçtaşı ile Kayaköy dolomiti arasındaki sınırın bir kısmını nispeten daha belirgin olarak göstermesi söyleyebilir.

Sultan yöntemi, özellikle ultramafik arazilerdeki çalışmalar için alternatif olarak geliştirilmiştir (Sultan vd., 1986). Kullanılan teknik Abrams yönteminde olduğu gibi genelde bant oranlamasına ve kontrasti artırmak için bazı bantların çarpımına dayanmaktadır ($5/7$, $5/1$ ve $5/4$

$\times 3/4$ TM bant değerleri). Yönteme göre, $5/1$ bant oranlamasının şiddeti kayaç içerisindeki opak fazların miktarı ile ters orantılıdır. Dolayısıyla opak mineral içeriği daha fazla olan bir mafik kayacın yansımısi diğer mağmatik kayaçlardan daha düşük olacaktır. Yine benzer düşünceyle $5/7$ oramı kayaçların hidroksil minerallerine karşı hassas olduğundan, diğer kil mineralleri ile birlikte bu oran serpentinlere de vurgu yapacaktır. Bazı bant oranlarının çarpımı ise ($5/4 \times 3/4$) hornblend ve biyotit gibi Fe-içeren alümina silikatlar için hassas olduğandan, özellikle mafik ve mafik olmayan kayaç ayrimında etkili olacaktır (Sultan vd., 1986). Yine bu yöntemle oluşturulan her bir bandın 256 gri ton görüntüleri ve kompozit renkli görüntüsü, bölge litolojisini genel hatlarını ortaya çıkarmada yeterli olmamıştır. Bu yöntemle oluşturulan görüntülerde litoloji ayrimı Abrams yönteminden daha da yetersizdir. Yöntem belki, mağmatik kayaçlarla kaplı bir alandaki kayaç türlerini ayırt edebilir (Sultan vd., 1986), ama inceleme alanında hem tortul hem de mağmatik kayaçlar olduğundan bunları ayırt etmede etkili olmadığı açıktır.

Uygulanan yöntemlerden, 741 ve 754 TM bantları ile kompozit görüntü oluşturma, litoloji ayrimında en etkili yöntemler olmuştur. 741 TM bantları yerine 742 TM bantları kullanıldığından da benzer görüntü elde edilmiştir. Gerek 741 ve gerekse de 754 TM bantlarıyla oluşturulan kompozit renkli görüntülerde litoloji, benzer netlikte ama farklı renk tonlarında gözüktüğü için burada sadece



Şekil 2. İnceleme alanının dört yaygın yöntemle oluşturulan kompozit TM uydu görüntüleri. A: Abrams yöntemi ile, B: Sultan yöntemi ile, C: 741 TM bantları ve D: 754 TM bantlarıyla oluşturulmuş görüntüler. (Ayırt edilen birimlerin sınırları ayrıca çizilmiştir. Tüm görüntülerde renk ataması sırasıyla kırmızı, yeşil ve mavidir).

754 görüntüsündeki renklerden ve temsil ettileri litolojiden bahsedilecektir. 754 TM görüntüsü bölgenin jeolojik haritasıyla kıyaslandığı zaman peridotitlerin tamamını, ayrıca bazı farklılıklar olsa da, yeşil renklerle ayırt etmiştir. Benzer şekilde Alanköy'ün kuzeyindeki ve inceleme alanının güneybatısındaki ofiyolitik melanj sınırlarında bazı farklılıklar olmakla birlikte, koyu mavi renklerle ayırt edilmiştir. Ancak, Gölcük köyü güneyindeki melanj belirgin bir renkle karakterize olmamıştır. Buradaki melanj 741 TM görüntüsünde daha belirgin olup oluşan renk, diğer yerlerdeki melanjdan farklıdır. Siyah ve koyu renklerle temsil edilen Kayaköy dolomitinin genç çökellerle olan kuzeydeki sınırı, jeolojik haritaya üst üste çıkışacak şekilde ortaya çıkmıştır. Ancak Yandağ kireçtaşı ile olan sınırı benzer litolojiler olduğu için doğal olarak ayırt edilememektedir.

Yamaç molozunun (açık sarı tonlarda) kapladığı alan haritadakinden daha fazladır. Bunun nedeni, Yandağ kireçtaşının eteklerinde yamaç molozu ve toprak örtüsü daha hakim olmasına rağmen, seyrek olarak görülen Yandağ kireçtaşı yüzlekleriyle birlikte o alan haritaya tamamen Yandağ kireçtaşı olarak işlenirken, uydu görüntülerini hakim litoloji olarak yamaç molozunu vurgulamıştır. Karabögürtlen formasyonunun sınırları bazı farklılıklarla ayırt edilmiş ama oluşturduğu renk tonları Kayaköy dolomiti ve Yandağ kireçtaşı ile aynıdır. Görüntüde alüvyonlar mavi renklerle, Çameli formasyonu ise açık mavi

renklerle karakterize olmuştur. Ancak, her iki birim görüntünün bazı yerlerinde iyi ayırt edilirken bazı yerlerinde pek iyi ayırt edilememiştir.

Yukarıda verilen bilgiler ışığında, 754 ve 741 TM bantlarının bölge litolojisinin genel hatlarını vermede etkili olduğu ama ayrıca yetersiz olduğu söylenebilir. Ayırtının ayırt edilebilirliğini araştırmak amacıyla, temel bileşenler analizi yapılmış ve değerlendirilmesi aşağıdaki bölümde tartışılmıştır.

3.1.Temel Bileşenler Analizi (Principal Components Analysis, PCA)

Temel bileşenler dönüşümü, küçülen varyanslı ardışık olarak çıkarılan lineer kombinezyonlar (temel bileşenler) yoluyla, değişkenlerin ilişkisiz lineer kombinezyonları seçen çok değişkenli istatistiksel bir yöntemdir (Singh ve Harrison, 1985). Dolayısıyla dönüşümden sonra veriler arasındaki ilişki ortadan kalkmaktadır (Akça ve Doğan, 2002). Temel bileşenler analizi yapılrken, çözünürlüğü az olduğundan altıncı bant dışında bırakılmış ve geriye kalan altı bandın (1,2,3,4,5 ve 7 TM bantları) gerçek (uzatılmamış) sayısal değerleri üzerinden dönüşüm gerçekleştirilmiştir. M23c1 paftasına ait 6 bandın görüntü öz değerleri ve öz vektörleri Çizelge 1 de gösterilmiştir.

Temel Bileşenler (PC) Analizi dönüşümünde, PC1 bütün bantların pozitif aralığından oluşmuştur. Özvectör matriksinde belirtildiği gibi PC1 analiz verileri için toplam varyansın %90.99 undan sorumludur. Genel görüntü

Çizelge 1. Altı TM bandının Temel Bileşenler Analizi sonuçları.

BANT TEMEL BİLEŞEN	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7	Özdeğer (%)	
	Özvektör Matriksi							
PC1	0.48191	0.33517	0.47392	0.27754	0.51620	0.29552	90.99	
PC2	0.49424	0.32754	0.24821	-0.03884	-0.67625	-0.35778	5.30	
PC3	-0.15584	-0.02891	-0.10684	0.92395	-0.04664	-0.32802	2.83	
PC4	-0.57757	0.00976	0.77966	-0.08730	-0.00700	-0.22533	0.63	
PC5	0.22890	-0.12273	-0.07675	-0.22725	0.50822	-0.78532	0.18	
PC6	0.33648	-0.87429	0.29768	0.09222	-0.12534	0.09782	0.06	

parlaklılığı, bantlar arasındaki sıkı ilişkisi oluşturmuştur. PC2 nin özdeğerleri, görünür (TM1, TM2, ve TM3 pozitif değerleri) ve kırmızı ötesi bantlar (TM4, TM5 ve TM7 negatif değerleri) arasındaki farkı belirtmektedir. PC3 deki TM4 ün yüksek pozitif değeri, bitki örtüsünün PC3 le karakterize olacağını göstermektedir. Genel görüntü parlaklığı, görünür-kırmızı ötesi farkı ve bitki örtüsü sırasıyla PC1, PC2 ve PC3 e yüklenliğinde geriye kalan üç PC nin demir oksit ve hidroksil iyonlarından kaynaklanan verileri içermesi beklenir (Loughlin, 1991). Bu yöntem veya daha gelişmiş olarak dört banda düşürülmüş veriler üzerinde yapılan ve Crosta Yöntemi (Crosta & Moore, 1989) olarak bilinen PC analizleri alterasyon kuşaklarını aramada sık sık kullanılır (Loughlin, 1991). Bu çalışmada, PC analiz yöntemi cevherleşme kuşaklarını belirlemekten ziyade, aynı algoritmayı kullanarak farklı yaştaki benzer litolojilerdeki küçük ayrıntılar arasında ayırmak için kullanılmıştır.

Çünkü kompozit renkli görüntülerle, Yandağ kireçtaşı ile Kayaköy dolomiti arasındaki ve genç çökellerin kendi arasındaki ayırm net bir şekilde yapılamamıştır. 6 TM bandının PC analizleri sonucunda, PC4, PC5 ve PC6 yüklemeleri ile oluşturulan görüntüler doğal olarak düşük bir kaliteye sahiptir ve hiçbir görüntü kendi başına istenilen ayrıntıyı vermemiştir. Ancak, PC4, PC5 ve PC6 yüklemeleri ile oluşturulan kompozit görüntüde (Şekil 3), Yandağ kireçtaşı ile Kayaköy dolomiti arasındaki sınır daha belirgin hale gelmiş ve genç çökeller arasındaki sınır, bu görüntüde de belirgin bir şekilde ortaya çıkmamıştır. Aynen belirtmek gerekirki, 6 TM bandının PC analizleri ile Yandağ kireçtaşı ile Kayaköy dolomiti arasında ayırm yapılmış ama bölgelin genel litolojisinin ayırmındaki kalite düşmüştür. Yukarıda belirtilen diğer yöntemlerle ayırt edilen sınırlar bu yöntemde de büyük ölçüde kaybolmuştur. Dolayısıyla PC analizleri (en azından bu haliyle) bir bölgelin genel

litoloji ayrimı için yeterli değildir. Ancak genel litoloji ayrimı yukarıda bahsedilen kompozit görüntülerle belirlendikten sonra ayrıntıyı belirlemek için kullanılmalıdır. Ayrıca Crosta yöntemi (gerek TM1, TM3, TM4, TM5, gerekse TM1, TM4, TM5, TM7 bantları üzerinde PCA) kullanılarak yapılan PC analizleri ile elde görüntüler de incelenmiş, ama bunların litoloji ayrt ediciliği 6 TM bandı üzerindeki PC analizlerindekinden daha kötü olduğu için burada onlardan ayrıntılı bir şekilde bahsetmeye gerek görülmemiştir.



Şekil 3. Altı TM bandı üzerinde gerçekleştirilen ve PC6, PC5 ve PC4 (sırasıyla kırmızı, yeşil ve mavi) ile oluşturulan kompozit renkli görüntü. Diğer görüntülerde ayrt edilemeyen ama bu görüntüde ayrt edilebilen litolojik sınırlar ayrıca çizilmiştir.

4. SONUÇLAR

M23c1 pastasını kapsayacak şekilde çıkarılmış Landsat 5 TM görüntüler

üzerinde, TM bantlarının oransal değerleri, gerçek sayısal değerleri ve temel bileşenler analizi ile elde edilen görüntüler litoloji ayrimı için araştırılmıştır. Bu araştırmada söz konusu bölgedeki litolojik birimlerin genel hatları en iyi 741 ve 754 TM bantları ile oluşturulan kompozit görüntülerde gözlenmiştir. Temel bileşenler analizindeki son bileşenlerle (PC6, PC5 ve PC4 ile) oluşturulan görüntüler ise bazı benzer birimler arasındaki litolojik sınırın belirlenmesine yardımcı olmuştur. İncelenen diğer yöntemler (Abrams yöntemi, Sultan yöntemi, ve 4 bant PC analizlerine dayanan Crosta yöntemi) ise litoloji ayrimında yukarıda bahsedilen yöntemler kadar başarılı olamamıştır. Sonuç olarak, incelenen bölge ve yöntemler kapsamında, Landsat 5 TM uydu görüntüleriyile basit ve hızlı bir yöntem olan 741 ve 754 TM bantlarıyla kompozit görüntüler oluşturma ve bunların 6 TM bandı üzerinde gerçekleştirilen PC analizleri ile desteklenmesi, bölge litolojisi hakkında çok önemli bilgiler vermelerine rağmen 1:100000 ölçüğündeki jeolojik haritanın verdiği bazı ayrıntıları vermekte yetersiz kalmakta olduğu belirlenmiştir.

5.KAYNAKLAR

- Abdelhamid, G. ve Rabba, I., 1994, An investigation of mineralized zones revealed during geological mapping, Jabal Hamra Faddan-Wadi Araba, Jordan, using Landsat TM data, *Int. J. Remote Sensing*, 15, 1495–1506.

Abdelsalam, M.G., Stern, R.J., ve

- Berhane, W.G., 2000, *Mapping gossans in arid regions with Landsat TM and SIR-C/X-SAR imagery: The Beddaho alteration zone in Northern Eritrea*, *Journal of African Earth Sciences*, 30, 903-916.
- Abrams, M.J., Brown, D., Lepley, L. ve Sadowski, R., 1983, *Remote sensing for porphyry copper deposits in southern Arizona*, *Economic Geology*, 78, 591-604.
- Akca, M.D. ve Dogan, S., 2002. *Sayısal görüntülerde ana bileşenler dönüşümü*. *Harita Dergisi*, 129, 1-15.
- Bennett, S.A., Atkinson, W.W., Kruse, F.A., 1993, *Use of thematic mapper imagery to identify mineralization in the Santa Teresa District, Sonora, Mexico*, *Int. Geol. Rev.*, 35, 1009-1029.
- Biehl, L. ve Landgrebe, D., 2002, *MultiSpec—a tool for multispectral – hyperspectral image data analysis*, *Computers & Geosciences* 28, 1153-1159.
- Blodget, W.H. ve Brown, G.F., 1982, *Geological mapping by making use of computer-enhanced imagery of western Saudi Arabia*, *US Geological Society Professional Paper*, 1153, 10s.
- Crosta, A.P. ve Moore, J., 1989, *Enhancement of Landsat Thematic Mapper imagery for residual soil mapping in SW Minas Gerais State, Brazil: A prospecting case history in Greenstone belt terrain*, *Proceedings of the 7th (ERIM) Thematic Conference; Remote Sensing for Exploration Geology*, 1173-1187.
- Goosens, M.A. ve Kroonenberg, S.B., 1994, *Spectral discrimination of contact metamorphic zones and its potential for mineral exploration*, *province of Salamanca, Spain*, *Remote Sensing of The Environment*, 47, 331-344.
- Griffiths, P.S., Curtis, P.A.S., Fadul, S.E.A. ve Scholes, P.D., 1987, *Reconnaissance geological mapping and mineral exploration in northern Sudan using satellite remote sensing*, *Geol. J.*, 22, 225-249.
- Hoatson, D.M., 2001, *Metallogenic potential of mafic ultramafic intrusions in the Arunta Province, central Australia*, *AGSO Research Newsletter*, 5, 29-33.
- Kaufmann, H., 1988, *Mineral exploration along the Aqaba-Levant structure by use of TM data; concepts, processing, and results*, *Int. J. Remote Sensing*, 9, 1639-1658.
- Knepper, D.H. ve Simpson, S.L., 1992, *Remote sensing in Geology and mineral resources of the Altiplano and Cordillera Occidental, Bolivia*, *U.S. Geol. Surv. Bull.*, 1975, 47-55.
- Konak, N., Akdeniz, N. ve Öztürk, E.M. 1987., *Geology of the south of Menderes Massif, Guide Book for the Field Excursion Along Western Anatolia, IGCP project no. 5*, 42-53.
- Kusky, T.M ve Ramadan, T.M., 2002, *Structural controls on Neoproterozoic mineralization in the South Eastern Desert, Egypt: an integrated _eld, Landsat TM, and SIR-C/X SAR approach*, *Journal of African Earth Sciences*, 35, 107-121.
- Loughlin, W.P., 1991, *Principle components analysis for alteration mapping*, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 57, 1163-1169.
- MTA, 2004, *Denizli-J9 Paftasi Jeoloji Haritası-1994*, <http://www.mta.gov.tr>.

*LANDSAT 5 TM UYDU GÖRÜNTÜLERİİNDE BAZI LİTOLOJİ AYRIM YÖNTEMLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI*

- Okay, A., 1989, *Denizli'nin güneyinde Menderes Masifi ve Likya naplarının jeolojisi*, MTA Dergisi, 109, 45-58.
- Rowan, L.C. ve Bowers, T.L., 1995, *Analysis of linear features mapped in Landsat thematic mapper and side-looking airborne radar images of the Reno, Nevada 18 by 28 quadrangle, Nevada and California — implications for mineral resource studies*, Photogramm. Eng. Remote Sensing, 61, 749–759.
- Sabins, F.F., 1997, *Remote Sensing-Principles and Interpretation*, W.H. Freeman, New York, NY., 494s.
- Sabins, F.F., 1999, *Remote sensing for mineral exploration*, Ore Geology Reviews, 14, 157–183.
- Singh, A. ve Harrison, A., 1985. Standardized principal components, Int. J. of Remote Sensing, 6, 883-896.
- Sözbilir, H., 1997, *Stratigraphy and Sedimentology of the Tertiary Sequences in the Northeastern Denizli Province (Southwest Turkey)*, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 195s.
- Sözbilir, H., 2002, *Revised stratigraphy and facies analysis of Palaeocene-Eocene supra-allochthonous sediments (Denizli, SW Turkey) and their tectonic significance*, Turkish J. Earth Sci., 11, 87-112.
- Sultan, M., Arvidson, R.E. ve Sturchio, N.C., 1986, *Mapping of serpentinites in the E Desert of Egypt using Landsat Thematic Mapper data*, Geology, 14, 995–999.
- Won-In, K. ve Charusiri, P., 2001, *Enhancement of thematic mapper satellite images for geological mapping of the Cho Dien area, Northern Vietnam*, Int. J. of App. Earth Observation and Geoinformation, 4, 183–193.

**OYMAAĞAÇ (ELAZIĞ) ÇEVRESİNDE MAGMATİK KAYAÇLAR
İÇİNDEKİ HİDROTERMAL ALTERASYON ZONLARINDA
ELEMENT DAĞILIMI**

Mehmet ALTUNBEY, Cemal BÖLÜCEK

Fırat Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ/Türkiye

ÖZET: İnceleme alanındaki bazaltik-andezitik kayaçlar; granitik kayaçlar ve dasitik dayk - stoklarla kesilmektedir. Bu sokulum sırasında, hidrotermal çözeltiler kayaçlarda çeşitli alterasyonların oluşmasına, kısmen de sülfid mineralerinin ortayamasına neden olmuşlardır. Alterasyon zonlarında silisleşme ve karbonatlaşma yoğundur. Ayrıca epidotlaşma, serizitleşme, kloritleşme ve killeşme türü alterasyonlar da gözlenmektedir. Bu yayında, alterasyon zonlarında ana, iz ve nadir toprak elementlerinin (REE) dağılımı incelenmiştir. Sonuçlar alterasyon esnasında kayaçlardaki bazı elementlerin hareketli olduğunu göstermektedir. Gelen sıvıların düşük REE içeriğine sahip oldukları, silisik alterasyonda bütün REE'lerinin eşit oranda kuvvetlice tüketildikleri, bazı örneklerde Ce ve Eu'un seçimi olarak çözüldüğü ve hafif nadir toprak elementlerinin (LREE) göreceli olarak tüketildiği, ağır nadir toprak elementlerinin (HREE) ise oldukça hareketsiz oldukları saptanmıştır. Bazaltik-andezitik kayaçlar, negatif Nb, Zr, Y ve Ti anomalisi göstermekte olup, dalma ile ilişkili magmayı işaret etmektedir. REE'nin gösterdiği gidiş de volkanik yay bazaltlarına benzemektedir.

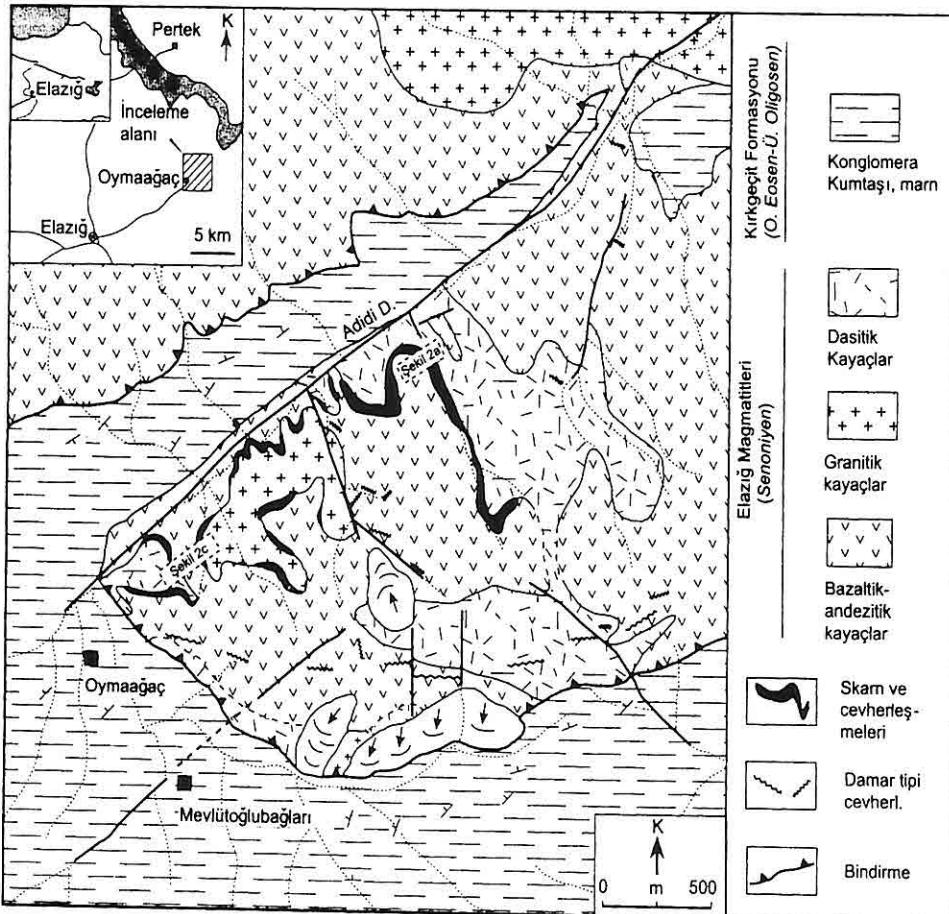
**ELEMENT DISTRIBUTION IN THE HYDROTHERMAL ALTERATION
ZONES ON MAGMATIC ROCKS IN OYMAAĞAÇ VICINITY, ELAZIĞ**

ABSTRACT: The basaltic-andesitic rocks in the study area are intruded by granitic rocks and dacitic dykes-stocks. Hydrothermal solutions which developed during the emplacement (intrusion) caused hydrothermal alteration and partly sulphide mineral formations. In alteration zones, silicification and carbonitization are widespread and epidotization, sericitization, chloritization and argillization are also observed. This work reports the distribution of major, trace, rare earth element (REE) in the alteration zones. The result reveals that; a number of elements in the rocks are mobilized during alteration. The incoming fluids had low REE contents. In silicic alteration, all REE are equally strongly depleted. In some samples Ce, Eu were released selectively and the light rare earth elements (LREE) are relatively depleted whereas heavy rare earth elements (HREE) are quite immobile. The basaltic-andesitic rocks have negative anomalies of Nb, Zr, Y and Ti which suggest subduction-related magma. REE pattern also demonstrates volcanic arc basalt.

1. GİRİŞ

İnceleme alanı, Elazığ'ın yaklaşık 20 km kuzeydoğusunda Oymaağaç Köyü çevresinde yer almaktadır (Şekil 1).

İlgili olarak çok sayıda çalışma yapılmıştır (Bingöl, 1984, 1988; İnceöz, 1994; Bingöl ve Beyarslan, 1996; Bölükç ve Sağiroğlu, 1997; Beyarslan, 2000).



Şekil 1. İnceleme alanının yerbulduru ve jeoloji haritası (Bölükç ve Altunbey 2001'den değiştirilerek).

İnceleme alanında Üst Kretase yaşı Elazığ Magmatitleri'ne ait granitik, dasitik ve bazaltik - andezitik kayaçlar yüzeylemektedir.

Doğu Toroslar'da geniş yayılım sunan Üst Kretase yaşı bu magmatik kayaçlarla

Elazığ Magmatitleri ile Keban Metamorfitleri'nin dokanaklarında skarn (Altunbey ve Çelebi, 1997), Elazığ Magmatitleri'nin değişik birimlerinin içerisinde ise damar (Sağıroğlu, 1986), volkano - sedimanter (Bölükç vd., 2000)

OYMAAĞAÇ (ELAZIĞ) ÇEVRESİNDE MAGMATİK KAYAÇLAR İÇİNDEKİ HİDRÖTERMAL ALTERASYON ZONLARINDA ELEMENT DAĞILIMI

ve metasomatik (Bölükçük ve Altunbey, 2001) tipte gelişmiş çeşitli cevherleşmeler bulunmaktadır.

Bu çalışmada inceleme alanında magmatitlerin bazik ve asidik bileşimli türleri arasında gelişmiş olan metasomatik cevherleşmelerin çevresindeki alterasyonlar ve bunun element dağılımına etkisi incelenmiştir. Bölükçük ve Altunbey (2001)'in bölgedeki kayaçların jeotektonik ortamını belirlemeye kullandıkları verilerden ana oksitler, alterasyondan etkilenme açısından yeniden değerlendirilmiş ve bölgedeki kayaçlarda nadir toprak element (REE) ve diğer bazı iz element dağılım şekilleri irdelemiştir.

İnceleme alanında alınan örneklerin analizleri ACME laboratuarlarında yapılmıştır. Ana oksit ve Ba, Ni, Sc ve S içerikleri; 0,2 gr örnek LiBO_2 ile ergitilerek çözeltiye alınmış; cevherleşme ile ilişkili elementler ise 0,5 gr örnek 3 ml 2:2:2 oranında $\text{HCl}:\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{O}$ karışımı ile 95°C 1 saat muameleye tabi tutulmak suretiyle leach edilerek ICP-ES ile analiz edilmiştir. Diğer iz elementler ise LiBO_2 ile ergitş yapılarak ICP-MS ile analiz edilmişlerdir. Bu çalışmada değerlendirmeye alınan analiz sonuçları Çizelge 1, 2 ve 3'de verilmiştir.

2. GENEL JEOLOJİ

İnceleme alanındaki en yaşlı birim, Üst Kretase (Senonyen) yaşlı Elazığ Magmatitleri'dir. Bölgede oldukça geniş yayılımlar sunan magmatik kayaçlar, granitik (granit, granodiyorit ve tonalit), bazaltik - andezitik (bazalt, bazaltik andezit) ve dasitik (dasit, andezit ve andezit) ve dasitik (dasit,

riyolit) bileşimli kayaçlarla temsil edilmektedir (Şekil 1). Bu magmatitler; Oymaağac Köyü'nün kuzeyinde ve güneydoğusunda konglomera, kumtaşı ve marnlardan oluşan Orta Eosen – Üst Oligosen yaşlı Kırkçeşit Formasyonu üzerine tektonik dokanakla gelirken, Adidi Dere boyunca bunları uyumsuz olarak örtmektedir (Şekil 1). Kırkçeşit Formasyonu tabanda konglomeralarla başlayıp üste doğru kumtaşı - marn ardalanması ile devam etmekte ve marnlarla son bulmaktadır.

Bölgedeki cevherleşmeler magmatik kayaçların dokanaklarında ve bazaltik ve dasitik kayaçların içerisinde gözlenmektedir. Bu cevherleşmelere ileri derecede gelişmiş alterasyonlar eşlik etmektedir.

3. PETROGRAFİ

Bu çalışma magmatik kayaçlar ve bunlarla ilişkili cevherleşme ve alterasyonların üzerinde yoğunlaşlığı için sadece bu kayaçların mineralojik ve petrografik özelliklerine yer verilmiştir.

Granitik (granit, granodiyorit ve tonalit) ve muhtemelen bunların farklılaşma ürünü olan dasitik kayaçlar (dasit - riyolit), bazaltik - andezitik kayaçları (bazalt, bazaltik andezit, spilitik bazalt) keserek dokanaklarında metasomatizma ve damar tipi hidrotermal cevherleşmelerin oluşumunu sağlamıştır. Genellikle granüler doku gösteren granitik kayaçlar değişik oranlarda kuvars, K - feldispat, plajiyoklas ve hornblend içermektedir. Tali bileşenlerini opak mineral, sfen ve apatit oluşturmaktadır. Bu kayaçlarda

Cizelge 1. Değişik kayaç ve cevherli örneklerin ana oksit ve bazı iz element değerleri.

(%)	Bazaltik-Andezitik Kayaçlar							Dasitik Kayaçlar			Granitik Kayaçlar			Cevherli Örnekler			
	P1	P3	P13	P14	P34	P37	P39	P61	P23	P40	P51	P7	P12	P26	P2	P5	P20
SiO ₂	54,40	42,40	55,00	46,60	49,70	62,70	57,20	52,90	76,50	74,31	75,50	73,90	58,20	74,00	10,70	80,10	74,60
Al ₂ O ₃	15,80	16,70	10,60	13,80	10,80	16,00	12,70	15,30	12,60	13,38	13,20	13,10	15,80	13,10	3,59	3,24	3,83
Fe ₂ O ₃	10,20	10,10	16,80	10,40	13,30	7,18	12,70	13,40	1,71	2,54	1,88	2,40	7,17	2,61	82,80	9,33	12,20
MgO	4,06	2,53	6,62	12,90	4,38	2,84	0,75	7,75	1,26	0,96	1,13	1,28	3,94	1,08	1,83	1,90	1,39
CaO	4,55	22,20	1,65	8,22	18,20	5,49	11,40	0,47	0,66	2,72	0,31	1,98	5,85	1,27	0,31	0,70	1,60
Na ₂ O	5,64	0,08	0,48	0,40	0,13	2,75	0,04	2,09	4,80	3,44	4,85	5,30	3,69	5,79	0,52	0,02	0,07
K ₂ O	0,21	<.04	<.04	<.04	<.04	0,20	<.04	0,26	0,48	0,59	0,22	0,30	0,22	0,44	0,10	0,09	0,10
TiO ₂	1,02	0,59	0,50	0,54	0,65	0,72	0,63	0,89	0,16	0,33	0,27	0,46	1,10	0,46	0,13	0,08	0,18
MnO	0,15	0,14	0,14	0,37	0,26	0,15	0,17	0,34	0,07	0,10	0,02	0,04	0,13	0,03	0,04	0,07	0,10
Cr ₂ O ₃	<.001	0,02	0,04	0,11	0,02	0,00	0,02	0,01	0,00	<.001	<.001	0,00	<.001	<.001	0,01	0,01	0,00
P ₂ O ₅	0,16	0,07	<.01	0,05	0,08	0,08	0,01	0,16	<.01	0,11	0,07	<.01	0,20	0,06	0,07	<.01	<.01
LOI	3,60	5,00	8,10	6,40	2,40	2,00	4,20	6,60	1,80	1,80	2,50	1,30	3,60	1,20	<.10	4,60	5,80
Toplam	99,90	99,80	100,00	99,80	99,90	100,00	99,90	100,00	100,00	100,30	100,00	100,00	99,90	100,00	100,20	100,00	99,90
(ppm)																	
Ba	55,0	<5,0	6,0	7,0	6,0	36,0	7,0	17,0	85,0	78,0	37,0	37,0	18,0	48,0	17,0	9,0	11,0
Ni	<20,0	39,0	82,0	233,0	71,0	<20,0	23,0	39,0	26,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	33,0	119,0	32,0	27,0
Sc	33,0	24,0	21,0	36,0	23,0	20,0	23,0	32,0	4,0	4,0	5,0	11,0	25,0	12,0	4,0	4,0	6,0
Co	23,8	8,9	33,1	43,9	23,3	14,7	20,4	18,1	2,0	1,8	0,9	2,6	14,7	1,9	51,5	24,5	29,6
Cs	0,4	0,1	0,1	0,2	<.1	0,3	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	0,4	0,7	0,1	0,1	0,5	0,2
Ga	17,8	22,3	22,6	14,0	15,1	17,3	19,1	22,8	11,8	9,7	13,0	15,5	16,4	13,4	14,1	5,5	7,3
Hf	2,5	1,1	2,9	0,9	1,1	3,1	1,1	2,1	3,2	3,4	3,6	4,9	2,9	5,1	<.5	<.5	0,8
Nb	1,7	0,5	1,3	<.5	0,6	1,5	0,6	1,4	2,0	2,1	2,0	2,5	2,1	2,6	<.5	<.5	0,7
Rb	2,3	<.5	0,7	* 1,1	0,6	2,4	0,9	2,9	5,4	7,9	2,6	3,2	5,0	3,4	1,5	1,7	3,3
Sr	230,0	482,0	47,0	162,0	281,0	230,0	341,0	36,3	91,3	193,8	85,3	124,0	165,0	96,0	13,7	22,3	52,7
Ta	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	0,1	<.1	<.1	0,1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1
Th	0,7	0,1	0,6	0,1	0,1	1,0	0,1	0,4	2,1	1,2	1,4	0,8	0,7	1,1	0,1	<.1	0,5
Tl	0,4	0,2	0,5	0,6	0,2	0,4	0,3	0,1	0,4	0,1	0,1	0,3	0,6	0,7	0,6	0,4	1,1
U	0,4	<.1	0,4	0,1	0,1	0,5	0,4	0,5	1,1	0,8	0,8	0,6	0,5	0,7	0,5	<.1	0,5
V	345,0	414,0	152,0	257,0	198,0	195,0	236,0	265,0	12,0	13,0	27,0	28,0	208,0	20,0	164,0	38,0	46,0
Zr	76,2	29,8	83,5	22,6	37,7	92,4	37,4	62,7	80,1	107,6	118,0	149,0	88,3	155,0	8,8	8,0	40,8
Y	24,3	15,4	15,1	12,6	14,1	22,2	28,4	27,2	24,7	22,7	19,6	39,2	30,0	32,8	2,5	2,3	12,9
Zr/Y	3,14	1,94	5,53	1,79	2,67	4,16	1,32	2,31	3,24	4,74	6,03	3,79	2,94	4,73	3,52	3,48	3,16

İkincil bileşen olarak epidot, kuvars, klorit ve kalsit bulunmaktadır. İkincil bileşenlerden kuvars, klorit ve kalsit yer yer K – feldispat, plajiyoklas ve hornblend gibi minerallerin alterasyon ürünleri şeklinde ortaya çıkmıştır. Çoğunlukla mikroporfirik, mikrolitik ve intersertal, ender olarak da traktitik ve intergranüler doku gösteren bazaltik - andezitik kayaçlar, esas olarak plajiyoklas ve piroksenlerden (klinopiroksen,

ortopiroksen) oluşmaktadır. Kuvars, kalsit, klorit ve epidot ikincil mineral olarak bulunmaktadır. Tali bileşen olarak opak minerallere rastlanmaktadır. Dasitik kayaçlar, esas olarak mikroporfirik doku göstermektedir. Esas bileşenlerini kuvars, plajiyoklas ve daha az oranlarda bulunan biyotit oluşturmaktadır. İkincil mineral olarak kuvars, klorit ve kalsit yaygındır. Bunlara yer yer epidot da eşlik etmektedir. Diğer magmatik kayaçlarda olduğu gibi

*OYMAAĞAÇ (ELAZIĞ) ÇEVRESİNDE MAGMATİK KAYAÇLAR İÇİNDEKİ
HİDRÖTERMAL ALTERASYON ZONLARINDA ELEMENT DAĞILIMI*

Çizelge 2. Bazı kayaç ve cevherli örneklerin nadir toprak element içerikleri.

(ppm)	Bazaltik-Andezitik Kayaçlar							Dasitik Kayaçlar			Granitik Kayaçlar			Cevherli Örnekler			
	P1	P3	P13	P14	P34	P37	P39	P61	P23	P40	P51	P7	P12	P26	P2	P5	P20
La	6,70	2,60	3,80	1,30	0,50	8,00	7,20	6,60	13,70	10,50	6,30	9,70	8,50	9,90	1,00	0,90	4,50
Ce	16,10	6,80	9,40	3,8	0,90	18,50	16,10	15,60	29,20	23,80	14,30	25,20	20,50	21,80	1,40	2,40	9,20
Pr	2,36	1,13	1,36	0,64	0,24	2,57	2,40	2,24	4,02	3,16	1,92	3,73	2,90	3,12	0,16	0,33	1,31
Nd	11,40	5,90	6,50	3,6	2,30	11,50	12,20	10,90	17,20	14,20	7,60	17,70	13,60	14,20	1,00	1,40	5,70
Sm	3,40	1,90	2,00	1,4	1,30	3,10	3,90	3,40	4,20	3,30	1,80	4,90	3,80	4,20	0,30	0,40	1,90
Eu	0,99	0,60	0,66	0,53	0,42	0,97	1,86	1,20	0,79	1,09	0,58	1,37	1,25	0,77	0,11	0,10	0,63
Gd	3,74	2,41	2,07	1,9	2,09	3,42	4,87	4,31	3,69	3,33	2,25	5,50	4,43	4,24	0,45	0,39	1,51
Tb	0,63	0,39	0,37	0,31	0,38	0,56	0,82	0,73	0,61	0,57	0,43	0,96	0,77	0,80	0,06	0,05	0,30
Dy	4,55	2,83	2,99	2,51	2,78	4,32	5,34	5,39	4,30	4,20	3,21	6,94	5,92	5,87	0,52	0,48	2,11
Ho	1,01	0,61	0,63	0,54	0,59	0,88	1,15	1,10	0,99	0,89	0,70	1,46	1,23	1,36	0,13	0,09	0,46
Er	2,92	1,82	1,83	1,53	1,71	2,82	3,04	3,47	2,94	2,73	2,37	4,53	3,66	4,07	0,43	0,28	1,34
Tm	0,40	0,27	0,25	0,22	0,24	0,45	0,38	0,47	0,44	0,39	0,34	0,61	0,50	0,59	0,05	0,05	0,20
Yb	3,07	1,95	2,20	1,71	1,77	3,27	2,45	3,40	3,49	3,07	2,89	4,69	3,49	4,58	0,34	0,34	1,41
Lu	0,43	0,29	0,37	0,2	0,26	0,46	0,32	0,44	0,50	0,45	0,40	0,68	0,52	0,68	0,05	0,03	0,20
T. NTE	57,70	29,50	34,43	20,19	15,48	60,82	62,03	59,25	86,10	71,68	45,09	87,97	71,07	76,18	6,00	7,24	30,77
Eu/Eu*	0,85	0,86	0,99	0,99	0,78	0,90	1,31	0,96	0,61	1,01	0,88	0,81	0,93	0,56	0,92	0,77	1,14
Ce/Ce*	0,97	0,95	1,00	1,00	0,63	0,98	0,93	0,98	0,95	0,99	0,99	1,01	0,99	0,94	0,84	1,06	0,91
(La/Yb) _N	1,47	0,90	1,16	0,51	0,19	1,65	1,98	1,31	2,65	2,31	1,47	1,39	1,64	1,46	1,98	1,78	2,15
(La/Sm) _N	1,24	0,86	1,20	0,58	0,24	1,62	1,16	1,22	2,05	2,00	2,20	1,25	0,41	1,48	2,10	1,42	1,49
(Gd/Yb) _N	0,98	1,00	0,76	0,90	0,95	0,84	1,60	1,02	0,85	0,88	0,63	0,95	1,02	0,75	1,07	0,93	0,86

dasitik kayaçlarda da ikincil bileşenler kısmen alterasyon ürünleri şeklinde gelişmiştir. Opak mineraller kayacın tali bileşeni şeklinde bulunmaktadır. Skarn zonlarının mineral parajenezi; piroksen, epidot, granat, kuvars, kalsit, klorit, tremolit / aktinolit, apatit ve opak mineraller şeklindedir (Bölükçük ve Altunbey, 2001).

4. JEOKİMYA

Bu çalışmada bölgedeki alterasyon, cevherleşme ve element dağılımları irdelemekte ve özellikle nadir toprak elementlerinin (REE) dağılımları üzerinde durulmaktadır. Çalışmada kullanılan ana oksit ve bazı iz elementlere ait değerler daha önce Bölükçük ve Altunbey (2001)

tarafından farklı amaçlarla kullanılmıştır.

4.1. Ana Oksit - Alterasyon İlişkisi

Bölgede hidrotermal alterasyon oldukça yoğun olarak görülmektedir. Genel olarak silisleme ve karbonatlaşma baskın alterasyonlardır. Ayrıca epidotlaşma, serizitleşme, killeşme ve kloritleşme türü alterasyonlar da yer yer belirlenebilmektedir. Bu alterasyonlara bazen sülfitleşme eşlik etmektedir.

İnceleme alanında alınan örneklerin ana oksit ve bazı iz element içerikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Arazide iki farklı lokasyonda (Şekil 2 a,c) dokanaklar boyunca alınan örneklerin ana element değişimleri; örneklerin element içerikleri, ait oldukları kayaçların ortalama ana oksit

Çizelge 3. Bazı kayaç ve cevherli örneklerin toplam S, As, Au ve diğer bazı element içerikleri.

(ppm)	Bazaltik-Andezitik Kayaçlar						Dasitik Kayaçlar			Granitik Kayaçlar			Cevherli Örnekler				
	P1	P3	P13	P14	P34	P37	P39	P61	P23	P40	P51	P7	P12	P26	P2	P5	P20
Mo	<1,0	<1,0	13,0	<1,0	<1,0	<1,0	13,0	1,0	<1,0	1,0	2,0	<1,0	<1,0	<1,0	3,0	11,0	1,0
Cu	65,0	9,0	5,0	271,0	19,0	2,0	88,0	355,0	161,0	13,0	7,0	2,0	7,0	2,0	839,0	45,0	8,0
Pb	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	4,0	4,0	<3,0
Zn	83,0	8,0	83,0	110,0	26,0	29,0	29,0	176,0	191,0	22,0	18,0	7,0	35,0	22,0	72,0	57,0	41,0
Ni	6,0	15,0	64,0	214,0	26,0	7,0	16,0	33,0	10,0	2,0	1,0	2,0	8,0	2,0	50,0	27,0	15,0
As	<2,0	2,0	<2,0	2,0	<2,0	8,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	6,0	<2,0	2,0	2,0	6,0	2,0
Cd	0,4	<2	<2	<2	<2	<2	<2	0,3	<2	0,3	0,2	<2	<2	<2	<2	0,2	0,2
Sb	1,2	2,4	<.5	<.5	1,6	1,0	1,0	1,4	<.5	<.5	<.5	<.5	0,5	<.5	<.5	1,8	2,2
Bi	1,6	0,6	<.5	<.5	1,0	0,5	2,4	<.5	<.5	<.5	<.5	<.5	0,6	<.5	<.5	1,3	1,7
As	-	-	3,2	-	-	-	11,2	-	-	-	-	-	-	-	-	8,5	3,5
Au (ppb)	-	-	3,0	-	-	-	10,0	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	4,0
Top. S (%)	0,01	0,01	1,93	0,01	0,02	0,01	1,04	2,41	0,01	0,07	0,03	0,01	0,01	0,03	0,15	3,61	7,08

değerlerine oranlanarak karşılaştırıldığında (Şekil 2 b,d); küküt miktarındaki artış ile K, Na ve Mg derişimi arasında negatif korelasyon ilişkisi olduğu görülmektedir. Yani sülfidleşme sırasında bu elementler ortamdan uzaklaşmıştır. Ca ve Mg oranında da bir kaç istisna dışında, benzer durum söz konusudur. S – FeO - LOI arasında ise pozitif yönde bir bağıntı gözlenmektedir.

4.2. Nadir Toprak Element (REE)

Dağılımı

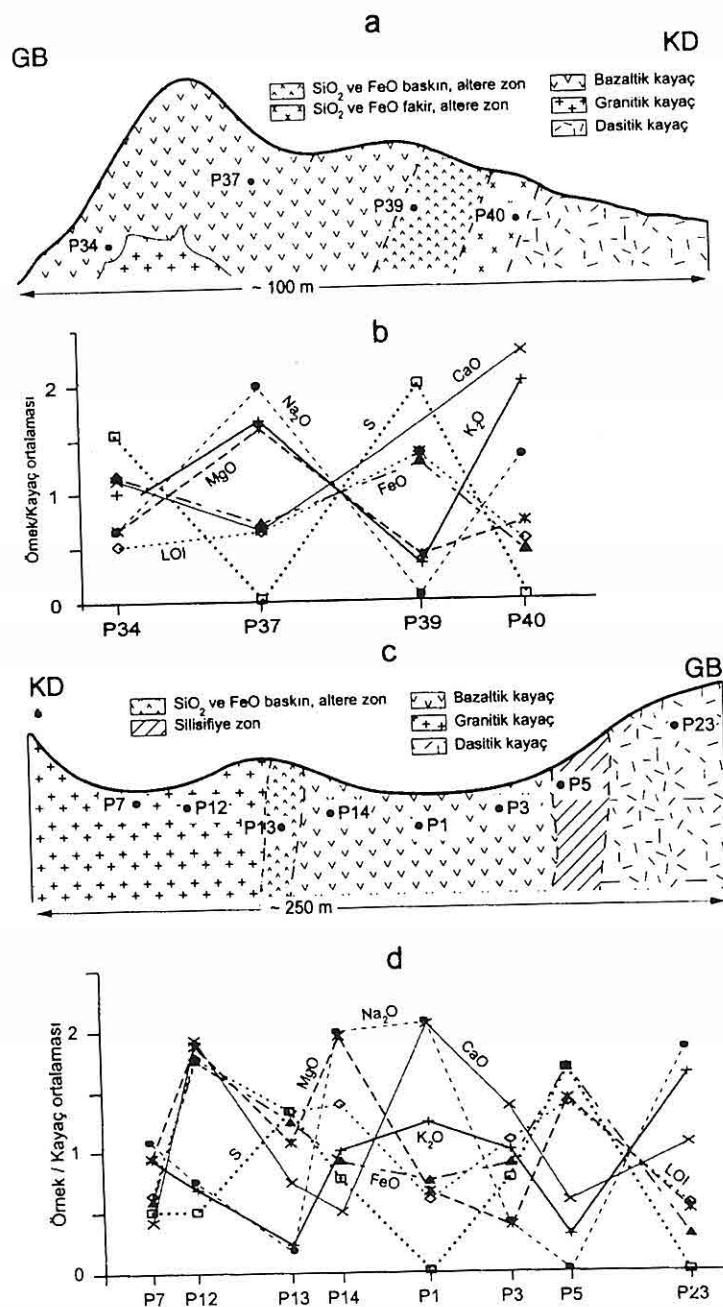
Bazaltik - andezitik, dasitik ve granitik kayaçlara ait REE değerleri incelenliğinde bölgedeki kayaçların REE değerlerinin genel olarak düşük olduğu görülmektedir (Çizelge 2). Bazı örneklerin (P2, P3, P5, P13, P14, P20, P34) REE içeriği bölgedeki kayaçların ortalamasından belirgin bir şekilde azdır

(Çizelge 2). Bu durum bölgedeki bazı kayaçlarda REE açısından bir tüketilmeyi ifade etmektedir.

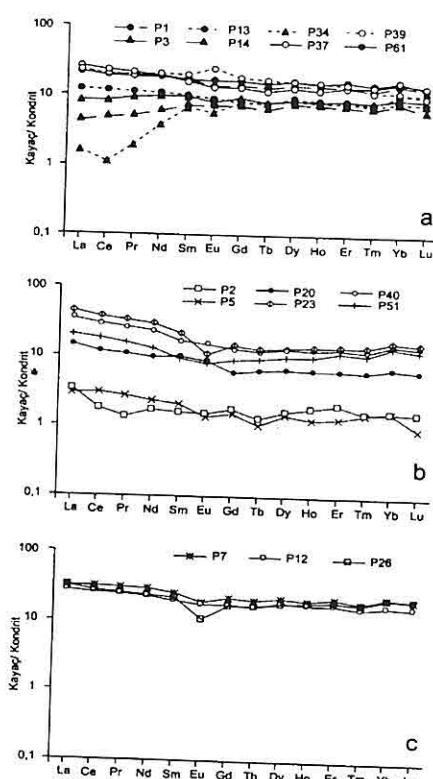
Kayaçların REE değerleri Boynton (1984) tarafından verilen kondrit değerleri kullanılarak normalleştirilmiştir. Genel olarak La değerleri kondrite göre ortalama 19 kat (1,6-44,2) zenginleşirken, Lu değerleri ortalama 11 kat (0,9-21,1) zenginleşme göstermektedir. Ancak bazı örneklerde (P2, P3, P5, P13, P14, P20, P34) La ortalama 7 (1,6-14,5), Lu ise ortalama 6 kat (0,9-11,5) zenginleme göstermektedir. P2, P5 ve P20 nolu örneklerde ise bütün elementler bakımından bir fakirleşme gözlenmektedir (Şekil 3).

Ağır nadir toprak element (HREE) değerleri yaklaşık yatay eksene paralel şekilde gözlenmektedir. Bazı örneklerde 1'e yakın değerlerde olmasına rağmen 0,63-1,60 arasındaki $(Gd/Yb)_N$ değerleri

*OYMAAĞAC (ELAZIĞ) ÇEVRESİNDE MAGMATİK KAYAÇLAR İÇİNDEKİ
HİDRÖTERMAL ALTERASYON ZONLARINDA ELEMENT DAĞILIMI*



Şekil 2. Bazı lokasyonlarda (a, c) ana oksit, S ve ateş kaybının (LOI) dağılımı (b, d).



Şekil 3. Bazaltik-andezitik (a), dasitik ve cevherli (b), granitik (c) kayaçların kondrite normalleştirilmiş (Boynton, 1984) nadir toprak element dağılım dokuları.

kismi bir farklılaşmayı göstermektedir.

Hafif nadir toprak elementlerinde (LREE) genellikle bir zenginleşme görülürken metasomatizma etkisindeki bazı kayaç örneklerinde (P3, P12, P14, P34) diğerlerine göre bir tükenme ve kendi aralarında bir farklılaşma gözlenmektedir. Özellikle P3, P14 ve P34 nolu bazaltik kayaç örnekleri ile 12 nolu

granitik kayaç örneginde bir farklılaşma bulunmaktadır. 34 nolu örnekte Sm'dan La'a doğru bir azalma gözlenmektedir.

34 nolu örnek belirgin negatif Ce anomalisi ($Ce/Ce^* = 0,63$) göstermektedir. Ayrıca P2 nolu manyetitli örnek ve S bakımından zengin P20 nolu örnekte sırasıyla ($Ce/Ce^* = 0,84$) ve ($Ce/Ce^* = 0,91$) gibi hafif negatif Ce anomalisi gözlenmektedir. Bazı örneklerde belirgin bazlarında ise çok hafif olarak negatif Eu anomaliği vardır. 39 nolu örnek ise pozitif Eu anomalisi göstermektedir (Şekil 3, Çizelge 2).

4.3. Diğer Eser Elementlerin Dağılımı

İnceleme alanı cevherleşme açısından çok ümit verici gözükmemektedir. Birkaç örnekte (P23: 161 ppm, P14: 271 ppm, P61: 355 ppm, P2: 839 ppm) az oranda bakır değerlerine rastlanmaktadır, ancak üretim tenörünün çok altında kalmaktadır. 39 nolu örnek 10 ppb kadar Au içermektedir (Çizelge 3).

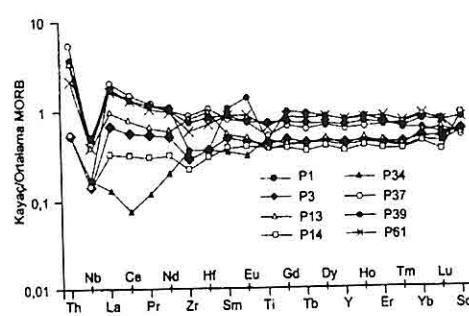
İnceleme alanında hidrotermal alterasyon etkin olduğu için önceki çalışmalarda Ti, Zr, Y, Nb, V gibi hidrotermal şartlar altında, deniz tabanındaki bozusmada ve orta derecede metamorfik şartlar altında duraylı olan elementlerin yer aldığı diyagramlar kullanılmış ve inceleme alanındaki bazaltik - andezitik kayaçların toleyitik; dasitik ve granitik kayaçların ise kalkalkalen karakterli yay magmatizması ürünleri olduğu belirlenmiştir (Bölücek ve Altunbey, 2001).

Bu çalışmada diğer duraylı elementlerin yanında bütün REE de

OYMAAĞAÇ (ELAZIĞ) ÇEVRESİNDE MAGMATİK KAYAÇLAR İÇİNDEKİ HİDRÖTERMAL ALTERASYON ZONLARINDA ELEMENT DAĞILIMI

değerlendirmeye alınmış ve bazaltik - andezitik kayaçlardaki dağılımları belirlenmeye çalışılmıştır.

Bazaltik - andezitik kayaçların içерdiği element derişimleri Hoffman (1988) tarafından verilen ortalama MORB'a oranlanmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Bazaltik - andezitik kayaçların ortalama MORB'a (Hofmann, 1988) normalleştirilmiş iz element diyagramı.

Diyagramda HREE ortalama MORB'a göre çok az bir fakirleşme göstermeyecektir, ancak, P34 no'lu örnek hariç, yatay bir çizgi halinde uzanmaktadır. LREE'nde ise göreceli olarak bir zenginleşme gözlenmektedir. Bu diyagramda hidrotermal alterasyondan fazla oranda etkilenen 34 nolu örnekte LREE genel gidişe aykırı bir durum sunmaktadır. Bu örnekte LREE diğerlerine göre tüketilmiş olarak ortaya çıkmaktadır.

Şekil 4 ve Çizelge 1 incelendiğinde örneklerde (P3, P14, P34 hariç) Th bakımından bir zenginleşme, Nb değerlerinde ise bir tüketim söz konusudur. Zr değerleri, Nb kadar

belirgin olmasa da hafif bir tüketme göstermektedir. Bölgedeki kayaçların Zr/Y oranı ortalama 3,44'tür (değişim aralığı: 1,3–6,0). 39 no'lu örnekte MORB'a göre Eu bakımından bir zenginleşme görülmektedir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Bölgedeki bazaltik - andezitik kayaçları; granitik ve dasitik kayaçların kesmesi sürecinde, pirometasomatizma ve hidrotermal işlevlerle bazı alterasyonlar ve cevherleşmeler gelişmiştir. Bu süreçler sırasında ana oksit, nadir toprak elementleri ve bazı metallerin dağılımları incelenmiştir; ayrıca spider diyagramları yardımıyla jeotektonik ortam belirlenmesinde katkı sağlamıştır.

Kükürt miktarındaki artış ile K, Na ve Mg derişimleri arasında ters yönde bir ilişki gözlenmektedir. Ca ve Mg oranında da bir kaç istisna dışında benzer bir durum söz konusudur. Bu durum, sülfütleşme sırasında bu elementlerin ortamdan uzaklaşmasından kaynaklanmış olmalıdır. S ile FeO ve LOI arasında ise pozitif yönde bir korelasyon ilişkisi bulunmaktadır.

Önceki yıllarda birçok petrolojik çalışmada genel olarak hareketsiz olarak kabul edilmesine rağmen; hidrotermal çözeltilerin nadir toprak element (REE) içerikleri ile ilgili bazı çalışmalar (Michard, 1989; Meen, 1990; Lewis vd., 1997; Fulignati vd., 1999) ve cevherleşme - alterasyon ilişkisini irdeleyen bir çok çalışmada (Taylor ve Fryer, 1982; Palacios vd., 1986; Hopf, 1993; Arribas vd., 1995) belirli şartlar altında REE'nin

hidrotermal alterasyon sırasında hareket edebileceğini göstermektedir.

CO_3^{2-} , F^- , Cl^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} gibi kompleks oluşturan iyonların baskın olduğu, yüksek su/kayaç oranına sahip ve düşük pH değerleri gösteren hidrotermal çözeltilerde REE hareketliliği oldukça yüksek olmaktadır (Lottermoser, 1989, 1992). REE'nin asidik koşullarda özellikle Cl^- ve SO_4^{2-} ile kompleks oluşturarak taşıdığı bilinmektedir (Haas vd., 1995).

İnceleme alanında sülfid oluşumunun yoğun olduğu ve silislemenin baskın olduğu örneklerde (P2, P5, P20) REE'nin tüketildiği görülmektedir. Fulignati vd. (1999), Aeolian adalarında Vulcano aktif magmatik hidrotermal sistemin alterasyon fasıyesinde REE davranışlarını incelemiştir. Çalışma alanındaki benzer olarak burada da magmatik sıvıların sisteme girmesi ile volkanik ve yarı derinlik kayaçlarda yüksek sıcaklıkta rekristalizasyon ve metasomatizma gerçekleşmektedir. Araştırmacılar silisik alterasyon fasıyesinde REE'nin eşit oranda tüketildiğini belirtmişler ve kuvvetli REE tüketilmesinin düşük pH ve esas olarak çözeltideki SO_4^{2-} iyonu bolluğu ile ilişkili olduğunu saptamışlardır.

Genel olarak örnekler çok hafif negatif Ce anomalisi göstermektedir. Bu tür minör Ce anomalileri volkanik yay kayaçları için tipiktir. Negatif Ce anomalileri dalan levhada az miktarda sedimentin olduğuna işaret etmektedir (Gill, 1981; Hole vd., 1984) ve dalan levhanın dehidrasyonu sonucu türeyen suların fraksiyonlaşmasından (White ve Patchett, 1984) veya deniz ortamda deniz suyunun

sirkülasyonu ile oluşan hidrotermal alterasyon sonucu (Menzies, vd., 1977; Brouxl vd., 1987) oluşabilmektedir.

Cevherli P2 ve alterasyonun yoğun olduğu P34 nolu örneklerde sırasıyla 0,84 ve 0,63 gibi yüksek negatif Ce anomalileri hidrotermal alterasyona işaret edebilir. Ayrıca yüzeye yakın ortamlarda sadece yükseltgen şartlar altında Ce'nin diğer REE'nden fraksiyonlaşlığı (Meen, 1990) göz önüne alınarak süperjen alterasyonun da etkili olabileceği düşünülebilir.

Bazı örneklerde az, bazlarında ise daha fazla olmak üzere negatif, iki örnekte ise pozitif Eu anomalisi (P20, P39) gözlenmektedir. Eu jeokimyasal olarak Sr'a benzer özellikler göstermekte ve plajiyoklaslar içerisinde yoğunlaşmaktadır (Lottermoser, 1989). Piroksenlerde ve onun alterasyon ürünü olan kloritte LREE ve ortaç nadir toprak elementleri (MREE) tüketilmektedir. Bu tüketilme özellikle Eu açısından etkili olabilmektedir. Negatif Eu anomalisi birincil plajiyoklas mineralerinin bozusması ile de oluşabilmektedir. Pozitif Eu anomalisi ise epidot oluşumu ile gerçekleşebilmektedir (Palacious vd., 1986). Pozitif Eu anomalisi plajiyoklasların yerel zenginleşmesi ile de oluşabilmektedir (Reynaud vd., 1999).

LREE metasomatizmanın etkin olduğu örneklerde (P3, P14, P34) tüketilmiş gözükmemektedir. Genel olarak LREE'nin diğerlerine göre azlığı LREE bakımından tüketilmiş granat içermeyen kaynaktan türemeyi ifade eder (Weaver ve Tarney, 1981). Ancak LREE bakımından önemli ölçüde tüketilmiş olan P34 nolu örnekte piroksen, epidot ve granat gibi kontakt

OYMAAĞAÇ (ELAZIĞ) ÇEVRESİNDE MAGMATİK KAYAÇLAR İÇİNDEKİ HİDRÖTERMAL ALTERASYON ZONLARINDA ELEMENT DAĞILIMI

metamorfizmayı işaret eden minerallerin bulunması, örnekteki LREE tüketilmesinin metasomatizmaya bağlı olarak gelişmiş olabileceğini işaret edebilir. Kontakt metamorfizma sırasında LREE hidrotermal çözelti ile farklı alanlara taşınmış olabilir.

İnceleme alanında hidrotermal alterasyon etkin olmasına rağmen, bazı örnekler dışında, bazaltik - andezitik kayaçların yüksek Th, düşük Nb, Zr ve Zr/Y oranı ve MORB'a normalleştirilmiş REE dağılımı dalma ile ilişkili bir magma oluşumunu işaret etmektedir.

Bölgede silisleşme, sülfidleşme, kloritleşme, epidotlaşma gibi alterasyon ürünleri ile kendini gösteren hidrotermal çözeltiler bazı alanlarda saçınımlı halde pirit ve az oranda kalkopirit ve manyetit cevherleşmelerine neden olmuşlardır. Tüm örneklerde Au analizi yapılmamıştır. Ancak P39 nolu örnekte 10 ppb'ye ulaşan Au değerleri, daha sonra yapılacak çalışmalarda benzer örneklerin incelenmesi açısından değerlendirilebilir.

6. KATKI BELİRTME

Yazarlar, Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Bölümü Öğretim Üyesi Sn. Prof. Dr. Ahmet SAĞIROĞLU'na arazi çalışmaları sırasında katkılarından ve önerilerinden dolayı teşekkür ederler.

7. KAYNAKLAR

Altunbey, M. ve Çelebi, H., 1997. Kanatburun (Pertek-Tunceli) yöresindeki skarn kayaçlarının mineralojik ve

jeokimyasal özellikleri; Selçuk Üniv. 20. Yıl Jeoloji Semp. (Ed. S. Temur), Bildiriler, 45-58.

Arribas A. Jr., Cunningham, C. G., Rytuba, J. J., Rye, R. O., Kelly, W. C., Podwisocki, M. H., McKee, E. H. and Tosdal, R. M., 1995, Geology, geochronology, fluid inclusions, and isotope geochemistry of the Rodalquilar gold alunit deposit, Spain; Econ. Geol., 90, 795-822.

Beyarslan, M., 2000, Serince-Harput (Elazığ) çevresindeki granitik kayaçlar ve kökeni; Yerbilimleri (Geosound), 37, 105-115.

Bingöl, A. F., 1984, Geology of the Elazığ area in the Eastern Taurus Region; The geology of the Taurus Belt, Intern. Symp. Proceedings (Ed. O. Tekeli and M. C. Göncüoğlu), 209-216.

Bingöl, A. F., 1988, Petrographical and petrological features of intrusive rocks of Yüksekova Complex in the Elazığ Region (Eastern Taurus, Turkey); Journal of Fırat University, Science and Technology, 3 (2), 1-17.

Bingöl, A. F. ve Beyarslan, M., 1996, Elazığ Magmatitleri'nin jeokimyası ve petrolojisi; Karadeniz Teknik Üniv. 30. Yıl Jeoloji Semp., Bildiriler, c.1, 208-224.

Boynton, W. V., 1984, Cosmochemistry of the rare earth elements: Meteorite studies; Rare Earth Element Geochemistry (Developments in Geochemistry) (Ed. P. Henderson), 63-114.

Bölükçük, C., Akgül, M., Türkmen, İ. ve Sağıroğlu, A., 2000, Elazığ Magmatitleri'nde volkano-sedimanter cevherleşmelere ilk örnek: Derince

- cevherleşmeleri, Keban, Elazığ; 53. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri, 21-23.*
- Bölükçek, C. ve Altunbey, M., 2001, *Oymaağaç (Elazığ) yöresinde Elazığ Magmatitleri'nin petrografik-petrolojik ve metalojenik özellikleri; Yerbilimleri (Geosound), 39, 39-54.*
- Bölükçek, C. ve Sağiroğlu, A., 1997, *Hacı Mustafa (Baskıl – Elazığ) cevherleşmelerinin özellikleri ve kökeni; Selçuk Üniv. 20. Yıl Jeoloji Semp. (Ed. S. Temur), Bildiriler, 149-157.*
- Brouxl, M., Lapierre, H., Michard, A. and Albarade, F., 1987, *The deep layers of a Paleozoic arc: Geochemistry of the Coply-Balaklala series, northern California; Earth Planetary Sci. Let., 85, 386-400.*
- Fulignati, P., Gioncada, A. and Sbrana, A., 1999, *Rare-earth element (REE) behaviour in the alteration facies of the active magmatic-hydrothermal system of Vulcano (Aeolian Islands, Italy); Volcanology and Geothermal Research, 88, 325-342.*
- Gill, J. B., 1981, *Orogenic andesites and plate tectonics; Springer, Berlin, 390 pp.*
- Haas, J. R., Shock E. L., and Sassani, D. C., 1995, *Rare earth elements in hydrothermal systems: Estimates of standard partial molal thermodynamic properties of aqueous complexes of the rare earth elements at high pressures and temperatures; Geochim. Cosmochim. Acta, 59, 4329-4350.*
- Hole, M. J., Saunders, A. D., Mariner, G. F. and Tarney, J., 1984, *Subduction of pelagic sediments: implications for the origin of Ce anomalous basalts from the Mariana Islands; The Geol. Soc., 141, 453-472.*
- Hoffman, A. W., 1988, *Chemical differentiation of the Earth: the relationship between mantle, continental crust, and oceanic crust; Earth and Planetary Sci. Let., 90, 297-314.*
- Hopf, S., 1993, *Behaviour of rare earth elements in geothermal systems of New Zealand; Geochim. Exp., 47, 333-357.*
- Inceöz, M., 1994, *Harput (Elazığ) yakın kuzeyi ve doğusunun jeolojik özellikleri; Doktora Tezi, Fırat Üniv. Fen Bilimleri Enst. 112 s (yayınlanmamış).*
- Lewis, A. J., Palmer, M. R., Sturchio, N. C., and Kemp, A. J., 1997, *The rare earth element geochemistry of acid-sulphate and acid-sulphate-chloride geothermal systems from Yellowstone National Park, Wyoming, USA; Geochim. Cosmochim. Acta, 61, 695-706.*
- Lottermoser, B. G., 1989, *Rare earth element behaviour associated with strata-bound scheelite mineralisation, Broken Hill, Australia; Chemical Geology, 78, 119-134.*
- Lottermoser, B. G., 1992, *Rare earth elements and hydrothermal ore formation processes; Ore Geology Reviews, 7, 25-41.*
- Meen, J. K., 1990, *Negative Ce anomalies in Archean amphibolites and Laramide granitoids, southwestern Montana, U.S.A.; Chemical Geology, 81, 191-207.*
- Menzies, M., Blanchard, D. and Jacobs, J., 1977, *Rare earth and trace*

OYMAAĞAÇ (ELAZIĞ) ÇEVRESİNDE MAGMATİK KAYAÇLAR İÇİNDEKİ
HİDRÖTERMAL ALTERASYON ZONLARINDA ELEMENT DAĞILIMI

- element geochemistry of metabasalts from the Point Sal ophiolite, California; *Earth and Planetary Sci. Let.*, 37, 203-215.
- Michard, A., 1989, Rare earth element systematics in hydrothermal fluid; *Geochim. Cosmochim. Acta*, 53, 745-750.
- Palacious, C. M., Hein, U. F. and Dulski, P., 1986, Behaviour of rare earth elements during hydrothermal alteration at the Buena Esperanza copper-silver deposit, northern Chile; *Earth and Planetary Sci. Let.*, 80, 208-216.
- Reynaud, C., Jaillard, E., Lapierre, H., Mamberti, M. and Mascle, G. H., 1999, Oceanic plateau and island arcs of southwestern Ecuador: Their place in the geodynamic evolution of northwestern South America; *Tectonophysics*, 307, 235-254.
- Sağiroğlu, A., 1986, Kızıldağ (Elazığ) cevherleşmelerinin özellikleri ve kökeni; *Jeoloji Mühendisliği*, 29, 13-20.
- Taylor, R. P., and Fryer, B. J., 1982, Rare earth element geochemistry as an aid to interpreting hydrothermal ore deposits; *Metallization Associated with Acid Magmatism* (Ed. A. M. Evans), 357-365.
- Weaver, B. L., and Tarney, J., 1981, The Scourie dyke suite: Petrogenesis and geochemical nature of the Proterozoic sub-continental mantle; *Contrib. Mineral. and Petrol.*, 78, 175-188.
- White, W. M. and Patchett, J., 1984, Hf-Nd-Sr isotopes and incompatible element abundances in island arcs: Implications for magma origin and crust mantle evolution; *Earth and Planetary Sci. Let.*, 67, 167-185.

İSAHOCALI (KIRŞEHİR) VE FEKE (ADANA) FLUORİTLERİNDE NADİR TOPRAK ELEMENTİ(NTE) JEOKİMYASI

Yusuf URAS, Servet YAMAN

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

Fevzi ÖNER

Me.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mersin/Türkiye

ÖZET: İsaocalı (Kirşehir) fluorit cevherleşmeleri siyenit ve alkali siyenit gibi kayaçların kırık ve çatlaklarında, çeşitli kalınlıkta damarlar şeklinde gözlenmektedir. Feke (Adana) fluoritleri açık gri renkli, orta tabaklı yer yer yumrulu kireçtaşları içinde damar şeklinde yer almaktadır. Fluoritler yeşil, beyaz, mor ve sarı renklerdedir.

İsaocalı (Kirşehir) fluoritleri nadir toprak element içerikleri 0,2-174,1 ppm arasında değişirken Feke (Adana) fluoritlerinin 0,01-2,8 ppm arasında değişmektedir. İsaocalı (Kirşehir) fluoritlerinin NTE içeriği Feke (Adana) fluoritlerine göre daha yüksek bir orana sahip olduğu saptanmıştır. Tb/La-Tb/Ca diyagramında İsaocalı (Kirşehir) fluoritleri hidrotermal, Feke (Adana) fluoritleri de sedimenter alana düşmektedir. Elde edilen bu bulgular arazi gözlemleri ile de büyük uyumluluk göstermektedir.

GEOCHEMISTRY OF RARE EARTH ELEMENT (RRE) IN İSAHOCALI (KIRŞEHİR) AND FEKE (ADANA) FLUORITES

ABSTRACT: İsaocalı (Kirşehir) fluorite mineralization observed in crack and fissure in syenite and alchaline syenite rock as vein with various thickness. Feke (Adana) fluorites are placed in pale grey coloured, medium bedded locally nodular limestone as a vein. The fluorites are green, white, purple and yellow colored.

While rare earth element contents in İsaocalı (Kirşehir) fluorites changes between 0.2-174.1 ppm and it changes between 0.01-2.8 ppm in Feke (Adana) fluorites. It is determined that NTE contents of İsaocalı (Kirşehir) fluorites are higher than Feke (Adana) fluorites. Feke (Adana) fluorites is placed in sedimentary section and İsaocalı (Kirşehir) fluorites is placed in hydrothermal section in Tb/La-Tb/Ca diagram. Obtaining inventions are largely concordant with field observations.

1. GİRİŞ

Fluoritlerin içerdikleri nadir toprak elementlerinin dağılımlarına yönelik olarak yapılan bu çalışma kapsamında İsahtocalı (Kırşehir) ile Adana ili Feke İlçesi bölgeleri çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 1.2). İsahtocalı (Kırşehir) fluoritleri, siyenit ve alkali siyenit, gabro ve kuvarsitler içinde Feke (Adana) fluoritleri kireçtaşları içinde damarlar olarak gözlenmiştir.

Bu çalışmada, İsahtocalı (Kırşehir) ve Feke (Adana) fluoritlerinin NTE içerikleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu karşılaştırma ile NTE ile kökenlerinin benzer veya farklı olduğu belirlenmeye çalışılmıştır. İsahtocalı (Kırşehir) ve Feke (Adana) fluoritleri, yatakları ve kökenleri açısından oldukça farklılık sunmaktadır.

İnceleme alanlarından alınan fluorit örnekleri analizlerinin NTE analizleri Acme (Vancouver-CANADA) laboratuvarlarında LiBO₂ FUSION ICP/MS yöntemi ile yapılmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANLARININ JEOLOJİSİ

2.1. Feke (ADANA) ve Çevresinin Jeolojisi

Çalışmanın konusunu oluşturan fluorit cevheri, Doğu Toroslarda, Feke-Horzum sınırları içerisinde yer alan Akkaya köyünün yaklaşık 1,5 km. doğusundaki Katlar Sırtı'nda gözlenir. Bölgede Kambriyen yaşı kireçtaşları içerisinde yer alan fluorit cevheri, Torid kuşağında ilk defa damar şeklinde gözlenmiştir (Şekil 1) (Özüş ve Yaman 1986).

İnceleme alanında yüzeylenen en yaşlı

birim açık gri renkli, orta tabaklı kireçtaşı-yumrulu kireçtaşıdır. Büyük bölümü neritik karbonatlardan oluşur. Üst düzeyi şeyl ara katkılıdır. Altta üst doğru dolomit-dolomitik kireçtaşı, neritik kireçtaşı ve ince şeyl ara katkılı, yumrulu görünüslü kireçtaşı düzeylerini kapsar (Özgül ve Kozlu 2002). Demirtaşlı (1967) tarafından Değirmentaşı (Kd) olarak isimlendiren bu birim mikrosparitik özellikte olup bünyesinde % 2-5'i geçmeyen kuvars ve albit taneleri içermektedir. İnceleme alanı içindeki yüzeyleşmelerinde yumrulu kireçtaşı katmanlarında kırıklı trilobit kavaklılarının izleri görülebilmektedir. Ancak yeniden kristalleşme nedeniyle fosiller, genellikle ayrıntılı yaş belirlemeye elverişli değildir (Özgül ve Kozlu 2002). Fosil içermeyen birimin yaşı Özgül ve diğerleri, (1973), Metin ve diğerleri (1983) tarafından Amanoslar ve Orta Toroslarda yüzeylenen benzer kaya türü ve stratigrafi özelliği gösteren birimlerle denetirmeye dayanılarak Kambriyen olarak verilmiştir. İncelenen fluorit cevheri bu birim içerisinde yer almaktadır.

Üzerinde uyumlu olarak, ilk kez Demirtaşlı (1967) tarafından Armutludere Formasyonu (Oa) olarak isimlendirilen şeyl birimi gözlenir. Başlıca kuvarsvoke türünden kırıntılı kayaları kapsayan kumtaş-şeyl ardaşığından oluşur. Alt düzeylerinde çok seyrek olarak kuvarsarenit arakatkılıdır (Özgül ve Kozlu 2002). Açık kahverenkli, çok ince tabaklı, çoğulukla laminaltı, çok kırılgan ve dayanıksız olan bu istif bölgesinde geniş düzlikler halinde yüzeylenmektedir.

Mikroskopik çalışmalarda % 50-60 oranında klorit-serisitten oluşmuş hamur, %30-40 oranında kuvars-feldispat taneleri ve % 2-5 oranında da özçekilli opak mineraller (pirit) saptanmıştır (Özüş ve Yaman 1986). Birimin yaşı Özgül ve diğerleri (1973) ve Metin ve Diğerleri (1983) tarafından Ordovisiyen olarak belirtilmiştir.

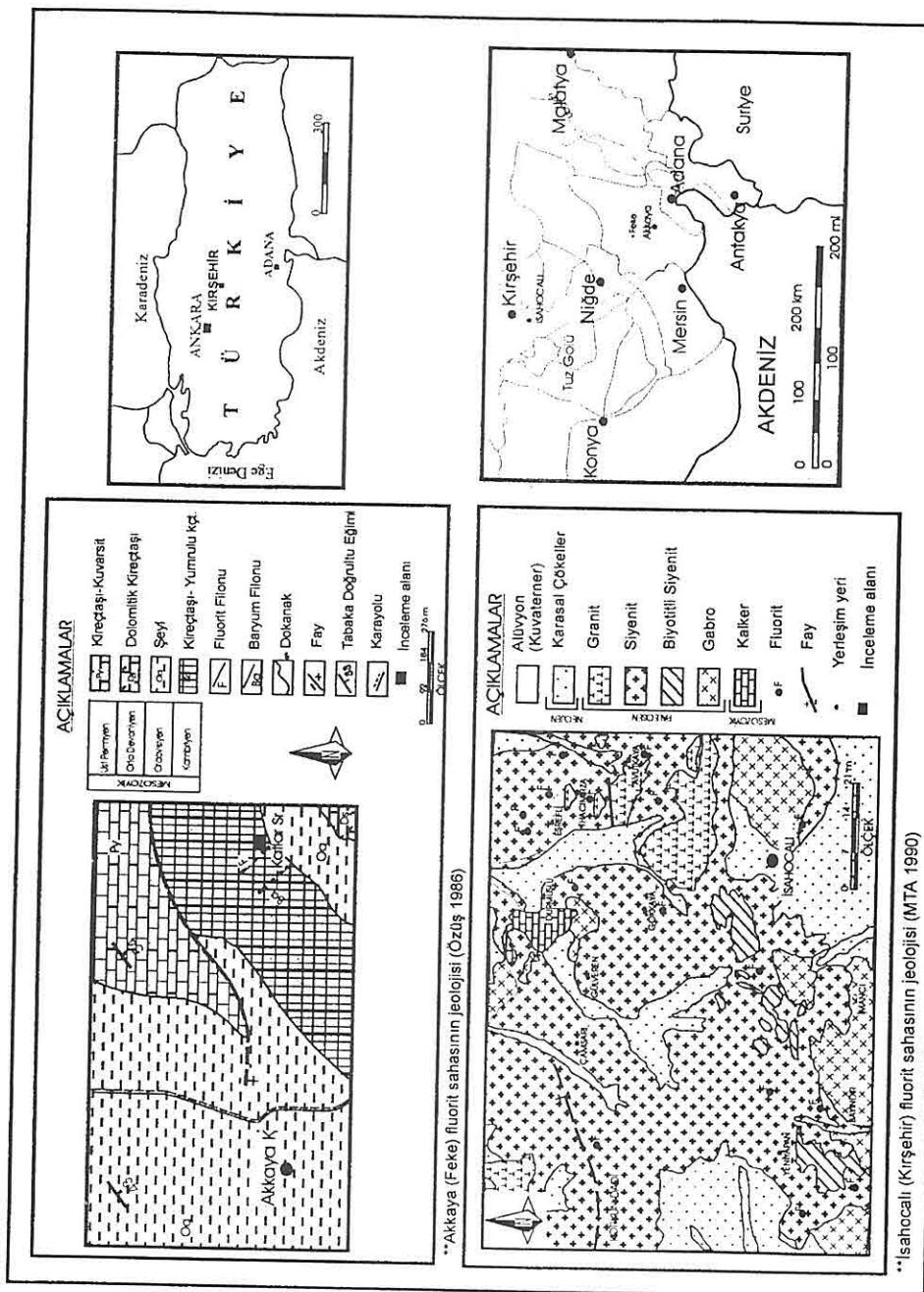
Dolomitik kireçtaşından oluşan ve Demirtaşlı (1967) tarafından Şafaktepe kireçtaşı (Dş) olarak isimlendirilen birim Ordovisiyen yaşlı şeyller üzerinde uyumsuzdur. Siyah-koyu gri renkli, orta kalın tabaklı ve bünyesinde %10 oranında kuvars-feldispat taneleri içermektedir. Yaşı Özgül ve dig. (1973), Metin ve dig. (1983) tarafından Orta Devoniyen olarak verilmiştir.

Kireçtaşı ve kuvarsitten oluşan ve ilk kez Demirtaşlı (1976) tarafından Yığılıtepe Formasyonu (Py) olarak isimlendirilen kayaç topluluğu ise çalışma sahası içerisinde Üst Devoniyen ile dokanağı görülmemesine karşın Tutkun (1984) tarafından Saimbeyli civarında bu litostratigrafik birimlerin uyumsuz oldukları belirtilmiştir. Büyük bir bölümü ile mikritik- biyomikritik türü neritik kireçtaşından oluşan formasyon, değişik düzeylerinde koyu renkli şeyl arakatkılıdır (Özgül ve Kozlu 2002). Kireçtaşları koyu gri-siyah renkli, orta-kalın tabaklı ve mikrit - biyomikritik türdedir. Birimin alt sınırını çizmede ayırtman seviye olarak kullanılan ve yanal devamlılık sunan kuvarsit üyesi ise, beyazımsı-sarımtırak renkte ve %80-90 oranında kuvars, % 5-10 oranında da kil ve opak minerallerden

oluşmuştur. Yaşı Özgül ve dig. (1973), Metin ve dig. (1983) ve Tutkun (1984) tarafından Üst Permiyen verilmiştir.

2.2. İsahtocalı (Kırşehir) ve Çevresinin Jeolojisi

İncelemenin konusunu oluşturan fluorit cevheri, İsahtocalı Köyü'nün 8 km KB'sında yer almaktadır. İsahtocalı (Kırşehir) ve çevresi jeolojik açıdan değerlendirildiğinde dört farklı litolojik birim gözlenmektedir. Bu birimlerin en yaşlısını oluşturan ve inceleme alanının güneyinde geniş yüzleklere veren metamorfik kristalin, Seymen (1981a,b) tarafından "Kaman Takımı" adı altında ayrıntılı olarak incelenmiştir. Çalışma alanlarının büyük bir kısmı gabro, siyenit ve türevlerinden oluşan taneli kristalleşmiş kayaçlardan meydana gelmiştir (Şekil 1). Yaygın olan siyenitik kayalar Kaman Takımının metamorfik temelini kesen Buzlukdağ plütonuna aittir. Bu birimler bölgedeki muhtemelen Üst Paleosen'deki en son sokulumu ifade eder (Seymen, 1981). Topografyalı masifler oluşturan bu kayaçlar bölgenin batısında yatay konumlu karasal fasiyeste gelişmiş Neojen formasyonları ile örtülümleridir. Filonlar çevresinde gabro, alkali siyenit, biotitli siyenit ve bunlara ait çeşitli damar kayaçları görülür. Gabro ve siyenitler filonlar civarında birbirlerinden normal dokanaklarla ayrılırlar. Ancak siyenitler içerisinde yer yer gözlenen gabro anklavlari bunların bölgedeki ilk sokulum kayaçları olduğunu gösterir. Çalışma alanında oldukça küçük bir mostra veren andezitler de bulunmaktadır. Görünüşü ve



Sekil 1. Isahocalı (Kirşehir) ve Akkaya Köyü (Fekе) dolaylarının jeoloji haritası.

yapısı itibariyle dayk şeklindedirler. Spilitler ise bölgede geniş sahalara yaygın bulunmaktadır. Spilitik formasyonlar riodasit içinde yeşilimsi ve yeşil-kahve renklerde bulunur. İsahtocalı doğusunda tamamen siyenit intrüzyonu içerisinde bulunur. Bu gruptaki spilitler klorit albit ile birlikte feldispatça da zengindirler. Çalışma alanı içerisinde plütonik kayaçlarında belirgin fay hatları görülmeyecektir.

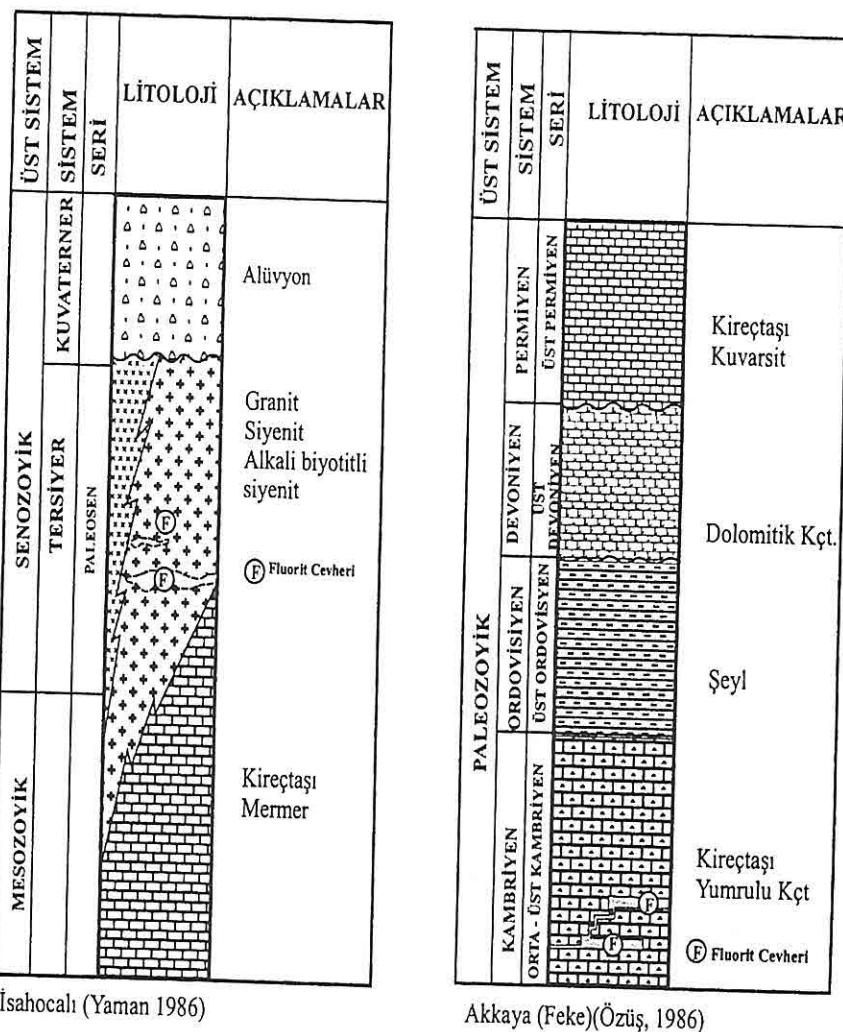
3. FLUORİT YATAKLARI

Fluorit CaF_2 bileşiminde, saydam veya yarı saydam, sarı, yeşil, mor, mavi, kırmızı, kahverengi veya rensiz bir mineraldir. İnceleme alanlarında gözlenen fluoritler Feke'de beyaz, İsahtocalı'da ise yeşil ve morun değişik tonlarında gözlenmiştir.

Çalışma alanının konusunu oluşturan fluorit yatakları arazi çalışmalarıyla ayrıntılı olarak incelenip, konumları harita üzerinde işaretlenmiştir. Fluorit filonları doğrultu, uzunluk, kalınlık, derinlik, parajenez, morfoloji, yan kayaç, yan kayaç yaşı, jenez özellikleri ile Çizelge 1 de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 1. Fluorit filonlarının geometrik özellikleri (Q: Kuvars, S:Siyenit, F:Fluorit, B:Barit, K: Kalsit)

	Doğrultu	Uzunluk (m)	Kalınlık (m)	Derinlik (m)	Parajen.	Morf.	Yan Kayaç	Yan Kayaç Yaşı	Jenez
İsahtocalı	KD-GB KB-GD	270	5-10	-	S-Q-F-K	Filon	Siyenit	Ü.Paleo.	Hidroterm. ve Pegmatitik (Yaman 1985b)
Feke	KB-GD	60	0.4-2	-	Q-B-F-K	Filon	Kireçtaşı- Yumrulu kçt.	Kamb.	Sedimanter (Özüs ve Yaman 1986)



Şekil 2. İnceleme alanlarının ölçeksiz genelleştirilmiş stratigrafik kesitleri.

4. NADİR TOPRAK ELEMENTLERİ (NTE) JEOKİMYASI

İsahocalı ve Feke cevherleşmelerine ait 24 adet fluorit örneğinin analiz sonuçları Çizelge 2 de görülmektedir.

Bu değerlere göre Isahocalı fluoritlerinin NTE içerikleri 0,2-174,1 ppm aralığında değişmekte olup yüksektir.

Elde edilen veriler kondrit değerleri ile normalleştirilerek Şekil 3 ve 4 hazırlanmıştır. Isahocalı fluoritleri Ce/Yb oranları fluoritlerin hafif nadir toprak elementlerince (HNT) zenginleşme gösterdiklerini ortaya koyar. Isahocalı

İSAHOCALI (KIRŞEHİR) VE FEKE (ADANA) FLUORİTLERİNDE NADİR TOPRAK ELEMENTİ (NTE) JEOKİMYASI

fluorit örneklerinin normalleştirilmiş NTE diyagramlarında (Şekil 3) hafif nadir toprak elementleri bakımından bir zenginleşme gösterir. Ce negatif bir anomaliyi Eu ise pozitif anomaliyi gösterir (Çizelge 2). Bu durum bize oksijenli ortamın yüksek olduğunu gösterir (Constantopoulos, 1988). İncelediğimiz fluorit örneklerine ait Ce/Ce* ve Eu/Eu* oranları Çizelge 2'de gösterilmektedir. Evensen 1978'se göre normalleştirilmiş lantanid diyagramları değerlendirildiğinde İsahtocalı fluoritleri hafif nadir toprak elementleri (HNTE) bakımından zenginleşme gösterirken ağır nadir toprak elementlerince (ANTE) yataya yakın bir eğim gösterdiği söylenebilir (Şekil 3).

Scheider ve diğerlerinin (1975) pegmatitik, hidrotermal ve sedimanter fluoritler için gerçekleştirdiği Tb/Ca ve Tb/La diyagramlarında, İsahtocalı fluoritleri hidrotermal bölgede yer aldığı görülür (Şekil 5).

Akkaya (Feke) köyünün yaklaşık 1,5 km doğusunda bulunan Katlar sırtından alınan fluorit örneklerinin NTE değerleri Çizelge 2 de verilmiştir. Feke fluoritlerinin NTE içeriklerinin düşük (0,01-2,8 ppm) oluşu dikkati çeker. Elde edilen veriler kondritik değerler ile normalleştirilerek Şekil 4 hazırlanmıştır. Feke fluoritleri Ce/Yb oranları fluoritlerin hafif nadir toprak elementlerince (HNTE) zenginleşme gösterdiklerini ortaya koyar. Ce negatif bir anomaliyi Eu ise pozitif ve negatif anomali gösterirler (Constantopoulos, 1988) (Çizelge 2). Eu'ca pozitif anomali mineralleştirici

çözeltilerin Eu'ca zengin feldispat gibi minerallerin alterasyonu sonunda olusabileceğini işaret eder. Negatif anomali ise ortamda pozitif anomaliyi kolaylıkla değiştirebilen lantanidlerle duyarlı CaCO_3 gibi etkenlerin bir yansımıası olarak alınabilir. Bu durumda Feke fluoritleri bir yandan Eu'ca pozitif anomali veren bir çözelti, diğeri ise Eu'ca negatif anomali veren ikinci bir çözeltinin beraber bulunduğu bir ortamda olmuş olabilir (Özüş ve Yaman, 1986). Normalleştirilmiş lantanid diyagramları değerlendirildiğinde (Evensen 1978) Feke (Adana) fluoritlerinin hafif nadir toprak elementlerinin (HNTE) içerikleri ağır nadir toprak elementleri (ANTE) içeriklerine oranla daha fazla zenginleştiği görülmektedir (Şekil 4).

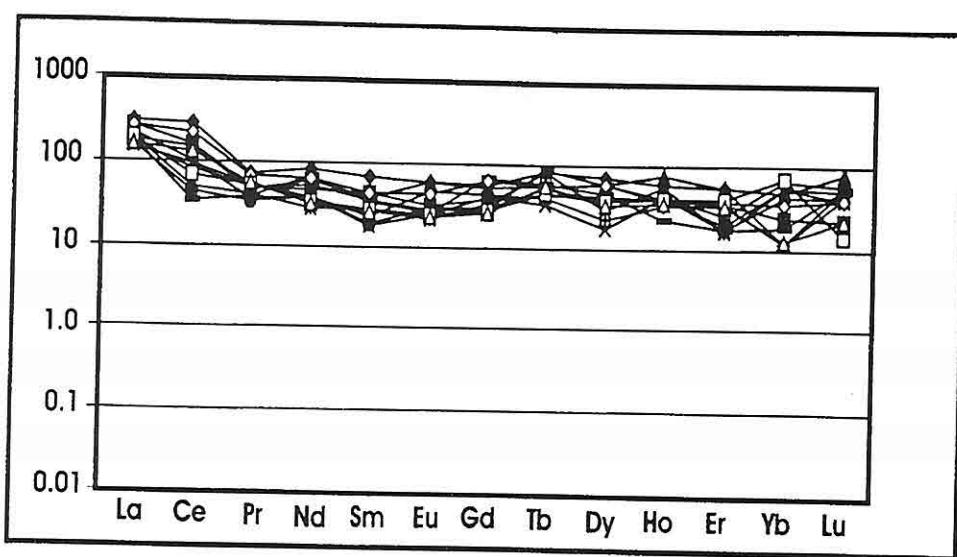
Normalleştirilmiş lantanid diyagramları değerlendirildiğinde Feke (Adana) fluoritlerinin HNTE içerikleri ANTE içeriklerine oranla daha fazla zenginleştiği görülmektedir. (Evensen 1978)

Scheider ve diğerlerinin (1975) pegmatitik, hidrotermal ve sedimanter fluoritler için gerçekleştirdiği Tb/Ca ve Tb/La diyagramlarında, Feke fluoritlerinin sedimanter kökenli bölgede yer aldığı görülür (Şekil 5).

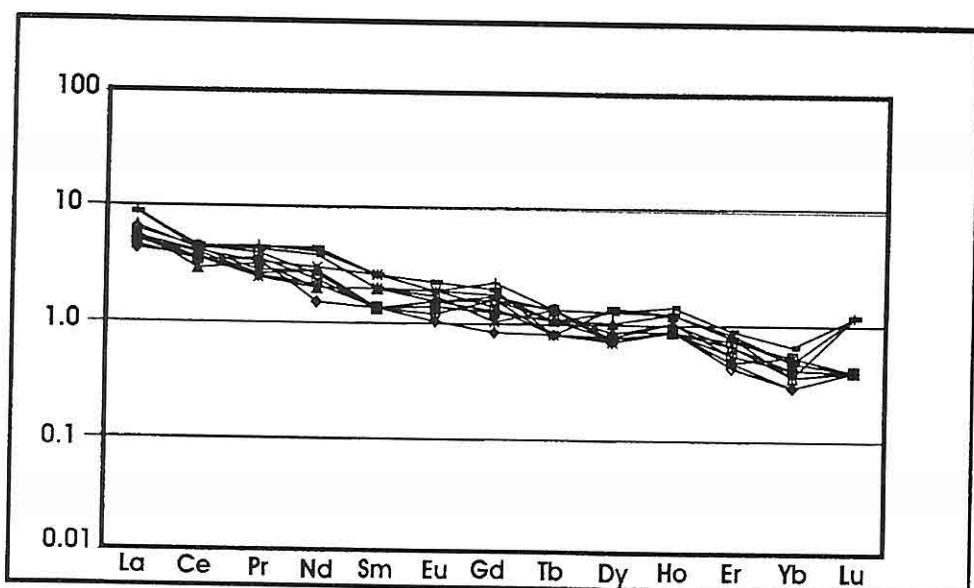
5. SONUÇLAR

İsahtocalı fluorit yataklarının NTE içerikleri yüksek (0,2-174,1 ppm) iken, Feke (ADANA) fluoritlerinin NTE içeriği daha düşüktür (0,01-2,8 ppm).

Normalleştirilmiş lantanid diyagramları üzerinde Feke fluoritlerinin HNTE içeriklerinin ANTE içeriklerine oranla



Şekil 3. İsahtocalı (Kırşehir) Fluorit örneklerinin normalleştirilmiş NTE diyagramı.

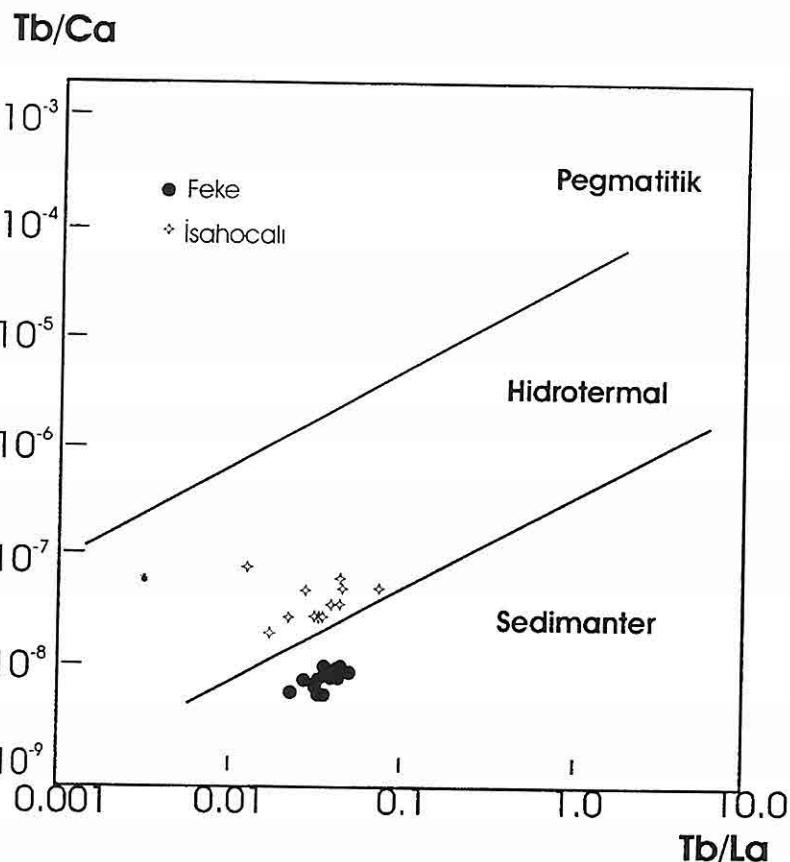


Şekil 4. Feke(Adana) Fluorit örneklerinin normalleştirilmiş NTE diyagramı.

İSAHOCALI (KIRŞEHİR) VE FEKE (ADANA) FLUORİTLERİNDE NADİR TOPRAK ELEMENTİ(NTE) JEOKİMYASI

Çizelge 2. Fluoritlerin nadir toprak elementi(NTE) içerikleri.

	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Ce/Yb	Tb/La	Ca	Tb/Ca *10 ⁻³	Ce/Ce*	Eu/Eu*	TopREE
İsa-1	70	174	68	38	103	3.5	1.4	3.12	17.9	3.45	9.02	0.2	1.1	870.5	0.045	50.9	61.27	0.59	0.98	410.2
İsa-2	65	100	48	21.3	6.5	1.83	7.57	1.6	10.6	2.23	5.8	0.4	0.57	250.0	0.025	50.1	31.96	0.42	0.8	271.4
İsa-3	42	94.7	45	27.3	5.9	3.4	10.3	2.12	14.7	4.32	8.9	0.8	2.01	118.4	0.050	49.9	44.48	0.51	1.33	261.4
İsa-4	36	59.2	50	18.3	2.7	1.42	8.3	1.21	4.48	2.5	2.84	0.7	1.12	84.6	0.034	48.4	43.37	0.33	0.92	188.8
İsa-5	45	30.5	39	13.2	4.3	1.19	6.7	3.07	7.54	3.12	2.7	0.9	1.01	33.9	0.068	45.3	15.29	0.17	0.68	158.2
İsa-6	38	28.1	31.4	18.2	2.9	1.7	6.07	1.95	9.34	2.45	4.26	1.1	1.52	25.5	0.051	50.1	18.98	0.19	1.24	147.0
İsa-7	52	62	34	17.3	3.5	2.67	8.74	1.48	5.85	1.87	5.91	0.2	1.38	310.0	0.028	47.8	10.03	0.35	1.48	196.9
İsa-8	38	50.8	47	25	5.5	1.54	6.12	3.2	15	2.21	3.21	0.9	1.3	56.4	0.084	46.1	43.30	0.28	0.81	199.8
İsa-9	42	21.5	37	32	5.1	1.48	14	2.22	11.3	1.25	2.82	0.3	1.4	71.7	0.053	49.7	44.20	0.13	0.54	172.4
İsa-10	63	135	65	29	6.7	2.5	12.5	2.13	14.8	2.08	6.29	0.6	1.01	225.0	0.034	50.0	25.90	0.5	0.84	340.4
İsa-11	45	42.9	50	15.8	4.2	1.35	5.42	1.73	9.7	2.29	6.57	1.2	0.37	35.8	0.038	48.8	14.96	0.21	0.87	186.6
İsa-12	37	84	52	15	3.9	1.3	5.3	2.12	8.5	1.97	5.5	0.21	0.58	400.0	0.057	49.6	25.62	0.45	0.88	217.4
Fk-1	1,1	2,1	0,33	0,7	0,2	0,06	0,17	0,03	0,18	0,05	0,08	0,05	0,01	42	0,027	75,3	5,57	1,13	0,81	5,06
Fk-2	1	2,3	0,24	1	0,2	0,07	0,33	0,03	0,19	0,05	0,07	0,05	0,01	46	0,03	71,4	5,88	1,15	0,83	5,54
Fk-3	2,2	2,7	0,43	1,9	0,4	0,11	0,46	0,05	0,33	0,07	0,13	0,06	0,03	45	0,023	72,1	9,7	0,68	0,78	8,87
Fk-4	1,4	1,8	0,31	0,9	0,3	0,09	0,26	0,04	0,26	0,07	0,14	0,08	0,01	22,5	0,029	74,2	7,54	0,67	0,99	5,66
Fk-5	1,3	2,2	0,23	0,9	0,3	0,1	0,21	0,05	0,18	0,05	0,08	0,09	0,01	24,4	0,038	72,3	9,67	0,98	1,22	5,7
Fk-6	1,5	2,7	0,38	1,2	0,2	0,07	0,33	0,05	0,19	0,05	0,09	0,07	0,01	38,6	0,033	72,2	9,7	0,88	0,83	6,84
Fk-7	1,2	2,4	0,25	1,3	0,2	0,09	0,35	0,05	0,21	0,06	0,11	0,07	0,01	34,3	0,042	74,9	9,35	1,07	1,04	6,3
Fk-8	2,1	2,8	0,4	1,8	0,3	0,11	0,36	0,04	0,32	0,08	0,15	0,11	0,03	25,5	0,019	71,6	7,82	0,75	1,03	8,6
Fk-9	2,1	2,6	0,42	2,1	0,4	0,13	0,41	0,03	0,35	0,07	0,13	0,08	0,03	32,5	0,014	72,4	5,8	0,68	0,98	8,85
Fk-10	1,3	2,5	0,32	1,4	0,4	0,11	0,28	0,03	0,2	0,06	0,09	0,07	0,01	35,7	0,023	72,2	5,81	0,95	1,01	6,77
Fk-11	1,2	2,1	0,34	1,1	0,2	0,08	0,25	0,04	0,19	0,05	0,12	0,09	0,01	23,3	0,033	73,2	7,64	0,81	1,09	5,77
Fk-12	1,6	2,6	0,27	1,3	0,2	0,09	0,32	0,04	0,22	0,05	0,11	0,06	0,01	43,3	0,025	73,6	7,6	0,97	1,09	6,87
C1	0,2	0,61	0,1	0,47	0,15	0,06	0,21	0,04	0,25	0,06	0,17	0,01	0,03							



Şekil 5. Fluoritlerin Tb/Ca - Tb/La grafiği (Schneider et al., 1975; Möller et al., 1976).

daha fazla olduğu, İsaocalı fluoritlerinin ise HNTE bakımından zenginleşme gösterirken ANTE'ce yatağa yakın bir eğim gösterdiği söylenebilir.

İsaocalı fluoritlerinde gözlenen negatif Ce ve pozitif Eu anomalileri fluorit çökelten hidrotermal akışkanların oksijen fugositelerinin yüksek olduğunu göstermektedir. Feke fluoritlerinde ise Ce negatif, Eu ise pozitif ve negatif anomaliyi göstermektedir.

Tb/La ve Tb/Ca oran diyagramları göz önüne alındığında; İsaocalı (KIRŞEHİR)

fluorit yatakları hidrotermal kökenli, Feke (ADANA) fluorit yatakları ise sedimanter kökenli fluoritlere özgü alanlarda konumlanmışlardır.

6. KAYNAKLAR

Constantopoulos,J., 1998. Fluid inclusion and rare earth element geochemistry of fluorite from south-central idaho. *Economic Geology*, vol.83, pp.626-636

Demirtaşlı, E 1967, Pınarbaşı-Sarız-Mağara ilçeleri arasındaki sahanın

İSAHOCALI (KIRŞEHİR) VE FEKE (ADANA) FLUORİTLERİNDE NADİR TOPRAK ELEMENTİ (NTE) JEOKİMYASI

- litostratigrafi birimleri ve petrol imkanları M.T.A. Enst. Derleme Rap. No. 4389, Ankara
- Demirtaşlı, E 1973, Bolkar Dağlarının Jeolojisi. Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğleri Sayfa 42-58
- Doğan,R.,AYAZ, E., Önenç, İ.,Uçar, K.Zimitoğlu, O., Kırşehir kuzeyindeki magmatik kayaçlar ve maden yatakları. 55.Türkiye Jeoloji Kurultayı s:72, MTA Ankara
- Evensen, N.M., Hamilton, P.J., and O'nions, R. K., 1978, Rare earth abundances in chondritic meteorite. *Geochim. Cosmochim.Acta*, 42,1199-1212.
- Fluorit 1979. Türkiye Sinai Kalkınma Bankası Araştırma Müdürlüğü Kimya Sektör Araştırma Yayınları, no:4 İstanbul. 100 s.
- Koç, Ş.,Özmen, 1998 Alişar (Kaman-Kırşehir) Fluoritlerinin Nadir Toprak Elementi (NTE) Jeokimyası Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Eğitimin 20. yılı Sempozyumu sf. 461-471
- Metin, S., Demirtaşlı, E., ve Ayhan., 1983 Autochthons, paratochthons and ophiolites of the eastern Taurus and Armanos mountains: International symposium on the geology of the Taurus Belt, field guide book, pp 7-12
- Möller, P., Parekh, P.P and Schneider, H.-J., 1976 The application of Tb/Ca-Tb/La abundance ratios to fluorspar genesis. *Mineralium Deposita*, vol. 11, pp.111-116
- Möller, P. and Morteani, G., 1983. On the chemical fractionation of rare earth elements during the formation of Ca-minerals and its application to problems of the genesis of ore deposits. In: Augustitthis SS (ed) source, transport and deposition of metals. Balkema, Rotterdam, pp: 91-94.
- Özgül,N.,Metin.,S., Göger, E., Bingöl, Erdoğan, B., 1973: Tufanbeyli dolayının Kambriyen ve Tersiyer kayaları T.J.K. bülteni cilt 16/1 82-100 s.
- Özgül, N., Kozlu, H., 2002, Kozan-Feke (Doğu Toroslar) yörensinin stratigrafisi ve yapısal konumu ile ilgili bulgular, TPJD Bülteni, Cilt 14, Sayı 1, s1-36, Ankara
- Özüş, A.S.1985. Akkaya köyü (Feke-Adana) Florit-Barit Mineralleşmeının Metalojenik İncelenmesi: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enst.Master Tezi, 70s, Adana
- Özüş, A S.ve Yaman, S.,1986 Akkaya (Feke-Adana) Florit-Barit mineralleşmesi ve köken sorunları: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 29,2,35-42
- Schneider, H.-J., Möller, P. and Parekh, P.P., 1975. Rare earth elements distribution in fluorites and carbonate sediments of the East-Alpine mid-Triassic sequences in the Nordliche Kalkalpen. *Mineralium Deposita*, vol. 10pp.330-344.
- Seymen, İ.,1981 a, Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir Masifinin Stratigrafisi, Türkiye Jeol. Kur. Bült., 24, 101-108,1981.
- Seymen, İ., 1981b, Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir masifinin metamorfizması T.J.k.35. Bilimsel ve Teknik Kurultayı "İç Anadolunun Jeolojisi sempozyumu" 12-15.
- Seymen, İ., 1982, Kaman dolayında

- Kırşehir masifinin jeolojisi: Doçentlik Tezi, İ.T.Ü. Maden Fak., İstanbul 164 s.
- Tutkun, S.Z., 1984 Saimbeyli (Adana) yörenesinin stratigrafisi C.Ü. Müh.Mim. Fak. Dergisi Cilt 1 Sayı: 1 31-41 S.Sivas.
- Yaman, S.,(1984) Bayındır (Kaman) Florit filonlarının termo optik analizi. Yerbilimleri - 11,23 - 30.
- Yaman,S., (1985a); Akçakent (Çiçekdağı-Kırşehir) yörenesi Fluorit yataklarının jeolojisi ve sıvı kapanım çalışmaları. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni c.22, s.73-78.
- Yaman, S., (1985b) Bayındır (Kaman) Florit filonlarında nadir toprak elementleri Jeokimyast. jeoloji mühendisliği, 25,39-44.

SİVAS BÖLGESİ OLİGOSEN-MİYOSEN YAŞLI JİPSLERİN STATİK ELASTİK VE DİNAMİK ELASTİK ÖZELLİKLERİİN BELİRLENMESİ

Ahmet Turan ARSLAN, Yalçın KOCA, Zafer AKÇIĞ

D.E.Ü., Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi, Tinaztepe, İzmir/Türkiye

Taner AYDOĞMUŞ

TU Bergakademie Freiberg Institut für Geotechnik, 09596, Freiberg/ DEUTSCHLAND

ÖZET: *Doğada yaygın bir şekilde bulunan evaporitik kayaçlardan olan jips ve anhidrit başta su yapıları olmak üzere tüneller, bina temelleri, demiryolları gibi çeşitli mühendislik uygulamalarında çözünme, şışme, dayanım azalması, farklı oturma, karstlaşma, borulanma ve beton dayanımını azaltma gibi ciddi sorunlar oluşturmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar göstermiştir ki, iyi bir alan araştırması ve evaporitik kayaç ortamının jeomühendislik özelliklerinin ayrıntılı bir şekilde belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması durumunda bu sahalara mühendislik yapıları inşa edilebilecektir. Özellikle Sivas gibi son yıllarda hızlı bir gelişme ve kalkınma süreci içine girmiş bir ilin büyük bir kısmı jipsli seriler ile örtülüdür. Bu ilde yapılması planlanan mühendislik yapılarında da benzer çeşitli sorunlarla karşılaşılması kaçınılmazdır. Bu nedenle, yöre jipslerinin ayrıntılı bir şekilde incelenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Sivas kenti ve yakın civarında yer alan jipslerin statik elastik ve dinamik elastik parametrelerinin araştırılması ve elde edilen verilerin mühendislik jeolojisi açısından değerlendirilip yorumlanması amaçlanmıştır.*

DETERMINATION STATIC-ELASTIC AND DYNAMIC-ELASTIC PROPERTIES OF OLIGOCENE-MIOCENE AGED GYPSUM OF SİVAS REGION

ABSTRACT: *Serious geotechnical problems are encountered in the engineering structures such as water art treatments, tunnels, railroads and foundations of buildings etc. built on gypsum and anhydrite bearing rocks that are constituted of evaporitic rocks extensively existing in nature. These problems are swelling, loosing of strength, differential settlement, karstification and piping. Engineering structures can be built on the grounds covered with gypsum bearing rocks by means of determining detailed geotechnical properties of the evaporitic rocks; performing a good ground investigation and taking obligatory preventive measures against the problems mentioned above. Recently, Sivas, majority of which is covered with gypsum bearing rocks, is one of the fast growing and developing cities in Turkey. Same geotechnical problems experienced in the engineering structures, the conditions of which are planned in future in Sivas, are*

not avoided. Because of this, detailed investigation of engineering properties of gypsum is really important. At the end of this investigation, to analyze static-elastic and dynamic-elastic parameters of gypsum in Sivas and its surroundings and the interpretation of obtaining parameters for the engineering geological assessment are quite important. On the other hand, performing these paths form the purpose of this study.

1. GİRİŞ

Doğada yaygın bir şekilde bulunan evaporitik kayaçlardan olan jips ve anhidrit başta su yapıları olmak üzere tüneller, bina temelleri, demiryolları gibi çeşitli mühendislik uygulamalarında çözünme, şişme, dayanım azalması, oturma, karstlaşma, borulanma ve beton dayanımını azaltma gibi ciddi sorunlar oluşturan kayaçlardır. Bu nedenle, bu kayaçların bulunduğu sahalarda çok ekonomik bile olsa mühendislik yapılarının inşaatından kaçınılmış ve kaçınılmaktadır. Ancak 1960'lı yıllarda bugüne kadar yapılan çalışmalar göstermiştir ki iyi bir alan araştırması, evaporitik kayaç ortamının jeomühendislik özelliklerinin ayrıntılı bir şekilde belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması durumunda bu kayaçların geniş yayılım gösterdiği sahalara da çeşitli mühendislik yapılarının inşa edilmesi söz konusu olacaktır.

Evaporitik kayaçlar ülkemizde de geniş alanlar kaplamakta ve büyük çoğunluğu jipslerden oluşmaktadır. Özellikle Sivas gibi son yıllarda hızlı bir gelişme ve kalkınma süreci içine girmiş bir ilin büyük bir kısmı jipsli serilerle örtülüdür. Bu ilde yapılması planlanan mühendislik yapılarında benzer çeşitli sorunlarla karşılaşılması kaçınılmazdır. Tüm bunlara

rağmen, bu ilde jipslerin jeomekanik özelliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar az ve yetersizdir. Bu nedenle, yore jipslerinin ayrıntılı bir şekilde incelenmesi büyük önem taşımaktadır.

Yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı bu çalışmada Sivas kenti ve yakın civarı kayaç zeminlerinin önemli bir kısmını oluşturan jipslerin statik-elastik ve dinamik-elastik parametrelerinin araştırılması ve elde edilebilen verilerin mühendislik jeolojisi açısından değerlendirilip yorumlanması amaçlanmıştır.

Jips örneklerinin statik gerilmeler altında ilksel ve teget elastisite modülleri, Poisson oranı, rijidite ve sıkışabilirlik modülleri belirlenmiştir. Elastisite modülü değerleri, gerilme – deformasyon eğrilerinden elde edilmiştir. Tek eksenli sıkışma dayanımı deneyi ASTM 2939-79'a (1980) göre yapılmıştır. Deneyler için hazırlanan karot örnekleri NX çaplı olup standartlara uygun olarak hazırlanmıştır. Ayrıca Karaçalı üyesi jipsleri üzerinde üç eksenli deneyler ASTM 2664-67'ye (1980) göre yapılmıştır. Deneylerde bilgisayar kontrollü MTS 815 pres kullanılmıştır. Deneyler TU Bergakademie Freiberg Institut für Geotechnik laboratuuarlarında gerçekleştirilmiştir.

SİVAS BÖLGESİ OLİGOSEN-MİYOSEN YAŞLI JİPSLERİN STATİK ELASTİK VE DİNAMİK ELASTİK ÖZELLİKLERİİN BELİRLENMESİ

Çalışma alanı içindeki jipslerin V_p ve V_s dalga hızlarını belirlemeye sismik çözümleyici (Seismic analyzer) kullanılarak ultrasonic pulse yöntemi ile belirlenmiştir. P ve S dalgalarının örneği bir uçtan diğer bir uca geçmeleri için gerekli süreler bulunduktan sonra aşağıdaki basit ilişki ile dalga hızları hesaplanmıştır:

$$V = \frac{L}{t}$$

Bu ilişkide;

V : V_p ve V_s dalga hızı (m/sn)

L : Dalga tarafından geçen uzunluk veya örnek uzunluğu (m)

t : Dalganın örneği geçmesi için gerekli zaman (sn)

Jipslerin dinamik elastik katsayıları V_p ve V_s dalga hızlarından yararlanılarak belirlenmiştir. Hesaplamlarda elastisite teorisinden çıkarılmış olan Lama ve Vutukuri (1978)' den alınan aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır.

$$Ed = \frac{G \cdot (3V_p^2 - 4V_s^2)}{(V_p^2 - V_s^2)}$$

$$v = \frac{(V_p^2 - 2V_s^2)}{2(V_p^2 - V_s^2)}$$

Bu eşitliklerde;

Ed : Elastisite modülü (Pa)

G : Rigidite (makaslama) modülü (Pa)

v : Poisson oranı

V_p : P dalga hızı (m/sn)

V_s : S dalga hızı (m/sn)

Çalışma alanındaki jipslerin mühendislik amaçlı kaya sınıflaması, tek eksenli sıkışma dayanımı ve elastisite modülü değerleri göz önüne alınarak Deere ve Miller (1966)' ya göre, elastisite modülü, Poisson oranı (E/v) – tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) değerleri dikkate alınarak da Türk ve Dearman (1985)' e göre yapılmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında, Ceyhan (1987) tarafından yapılmış jeoloji haritası temel alınarak inceleme alanındaki jipsleri iyi karakterize edebilen onbeş lokasyondan toplam kırkbeş blok örnek alınmıştır (Şekil 1). Çalışmanın ikinci aşamasında, alınan jips bloklarından Hacettepe ve Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Kaya Mekanığı laboratuvarlarında karot örnekleri hazırlanmış ve bu karot örnekleri üzerinde deneyler yapılmıştır.

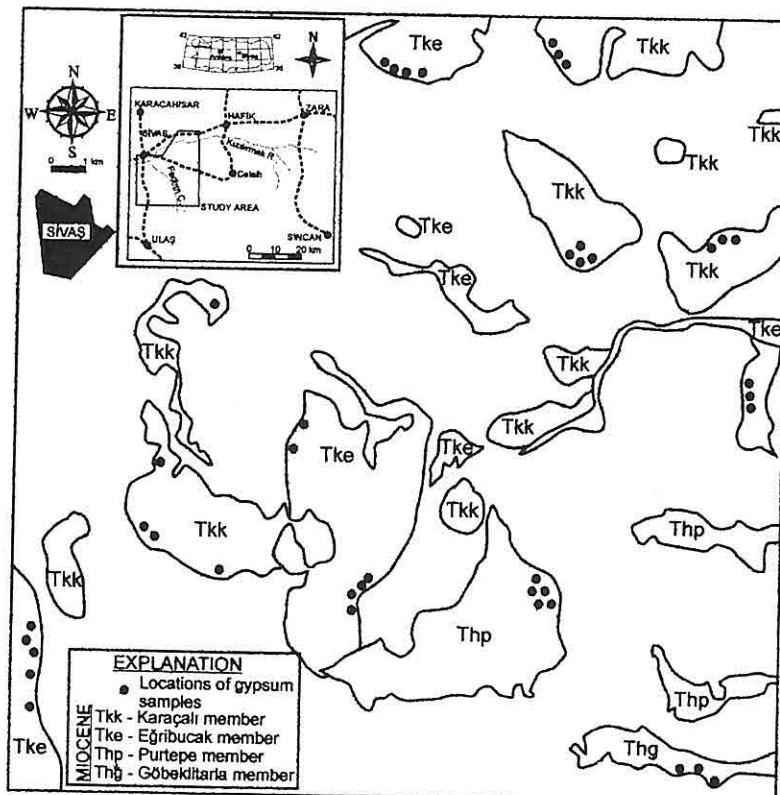
2. ÇALIŞMA ALANININ JEOLOJİSİ

Çalışma alanı ve yakın civarının jeolojisi bugüne kadar birçok araştırcı tarafından incelenmiştir. Çalışma alanı ve yakın civarında bugüne kadar yapılan önemli sayılabilen bazı jeolojik çalışmalar; Kurtman (1973), Ceyhan (1987), Gökçe ve Ceyhan (1988), Yılmaz (1994), Poisson ve diğ. (1996), Gürsoy, Temiz ve Poisson (1992)' dir. Sivas ve çevresinin mühendislik jeolojisi incelemesine yönelik önemli sayılabilen bazı çalışmalar ise, H.Ü.T.E. (1978), İrfan ve Özka (1981), Ülker (1982), Yüksel Proje A.Ş. (1986), Karacan (1989, 1990, 1992, 1994), Yılmaz (1994) ve Karacan ve Yılmaz (2000) olarak sıralanabilir. Bu

çalışmalardan en kapsamlı olanı Ceyhan (1987) tarafından yapılmış ve bu çalışmada da baz olarak kullanılmıştır. Ceyhan (1987)'ye göre çalışma alanındaki kaya birimleri Miyosen yaşı Hacıalı ve Karayün formasyonları, Pliyosen yaşı Karatepe çökelleri ile Kuvaterner yaşı eski ve yeni alüvyonlardan oluşmaktadır (Şekil 1).

Göbeklitarla, Aktaş ve Purtepe üyeleri şeklinde beş üyeye ayrılmaktadır. Formasyonda yer alan jipsler, Göbeklitarla ve Purtepe üyeleri içerisinde marnlarla ardalanmalı olarak bulunmaktadır.

Karayün formasyonu, Hacıalı formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmekte ve Karatepe çökelleri tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir.



Şekil 1. İnceleme alanının jeoloji haritası ve örneklemeye yerleri (Karacan, 1989' dan değiştirilerek)

Hacıalı formasyonu Oligosen ve daha yaşılı birimler üzerine uyumsuzlukla gelmektedir. Bu formasyon alttan üstे doğru Kuyuyüzü Tepe, Boynuzözü,

Karayün formasyonu kayaç türleri gözönüne alınarak, Şahbey, Yusufağilleri, Eğribucak, Karaçalı ve Güneyler Tepe üyeleri olarak beş üyeye ayrılmışlardır.

SİVAS BÖLGESİ OLİGOSEN-MİYOSEN YAŞLI JİPSLERİN STATİK ELASTİK VE DİNAMİK ELASTİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Formasyondaki jipsler Eğribucak ve Karaçalı üyelerinde yer almaktadır. Eğribucak üyesi jipsleri, marnlarla ardalanmalı olarak gözlenmekte iken, Karaçalı üyesi jipsleri ise masif jipsler olarak bulunmaktadır.

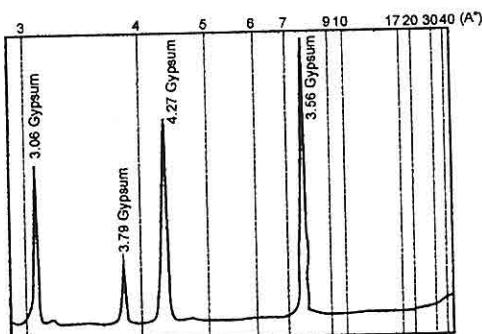
Karatepe çökelleri boz-açık kahverengi konglomera, kumtaşı, silttaşları ardalanması ve marnlardan oluşmaktadır. Çökellerin yaşı Pliyosen olup, Karayün formasyonu üzerine açısal uyumsuzlukla gelmektedir.

Genç çökeller, çalışma alanında Kızılırmak ve bu ırmağa boşalan küçük akarsu vadilerinde, yer yer geniş yayılmışlara sahip alüvyonlarla temsil edilmektedirler. Bu çökeller bölgedeki çeşitli kayaç birimlerinden türemiş çakıllar ile kum, silt ve kil boyu malzemelerden oluşmuştur. Bu araştırmmanın konusunu oluşturan jipsler, bölgede yukarıda tanımlanan formasyonlar içerisinde dört ayrı üye içerisinde yer almaktadır.

3. MİNERALOJİ VE BAZI İNDEKS ÖZELLİKLERİ

Jips örnekleri üzerinde yapılan mikroskopik incelemeler, jipslerin genel olarak masif ve çok düşük kil, kalsit ve anhidrit içeriğine sahip olduğunu göstermiştir. Mikroskopik çalışmalar, ISRM (1978) tarafından önerilen kurallara göre yapılmış ve değerlendirilmiştir. İnceleme alanındaki jipslerde çok az porphiroblast tipde jips gözlenmesine karşın alabastrin tip olarak sınıflandırılmışlardır (Karacan, 1989; Karacan, 1990; Karacan ve Yılmaz, 2000)

Toz haline getirilmiş tüm jips örneklerinde X-ray difraktometre analizleri yapılmıştır. Karakteristik X-ray diffraktogramı Şekil 2' de sunulmuştur. Örneklerde eser miktarda anhidrit, kalsit ve kil minerallerine rastlanmıştır. Jips içeriği, X-ray difraktometre analizlerine göre yaklaşık % 100 olup eser mineraller ihmali edilebilir düzeydedir. Jipslerin özgül ağırlıkları ve yoğunlukları ISRM (1978)' e göre belirlenmiştir.



Şekil 2. Jiplere ait karakteristik X-ray diffraktogramı

4. MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

4.1. Jipslerin İndeks ve Mekanik Özellikleri

Jipsler üzerinde toplam gözeneklilik, etkili gözeneklilik, kuru birim hacim ağırlık, tane özgül ağırlığı, tek eksenli basınç dayanımı, çekme dayanımı, makaslama dayanımı gibi mekanik ve indeks özellikler Karacan (1989) tarafından belirlenmiş olup elde edilen bu özellikler toplu olarak Çizelge 1 ve Çizelge 2' de sunulmuştur. Bu çalışmada, jipslerin özgül ağırlıkları 2.35 – 2.42 aralığında belirlenmiş olup deneye tabii

tutulan tüm örneklerin kuru yoğunlukları $2.07 - 2.18 \text{ gr/cm}^3$ mertebesinde olup IAEG (1981) sınıflamasına göre "düşük yoğunluklu" olarak sınıflandırılmıştır. Jips içeriği dışındaki diğer bileşenlerin çok düşük düzeyde olması nedeni ile jipslerin özgül ağırlık veya kuru yoğunluk değerlerinde dikkate değer değişimlere rastlanmamıştır. Jips örneklerinin etkili poroziteleri bir hava porozimetresi kullanılarak belirlenmiştir. Jips örneklerinin tümü hem etkili hem de mutlak porozite değerleri bakımından IAEG (1981) sınıflamasına göre "orta poroziteli" kayaçlar olarak sınıflandırılmışlardır.

Jipslerin ortalama toplam porozite değerleri dikkate alındığında (Çizelge 1 ve 2); Purtepe üyesine ait jipslerinde bazı değerler % 5' den küçük olmasına karşın

genelde porozite değerleri tüm üyeler için % 5 - % 15 arasındadır. Anon (1979a)'ya göre tüm yöre jipsleri "orta poroziteli kayaç" grubuna girmektedir. Jipslerin kuru yoğunlukları dikkate alındığında, Anon (1979a)'ya göre "düşük kuru yoğunluklu kayaçlar" olarak sınıflandırılırlar. Tek eksenli sıkışma dayanımlarına göre, Purtepe üyesine ait jipsler Deere ve Miller (1966) tarafından önerilen sınıflamaya göre "düşük dayanımlı", diğer üyelere ait jipsler ise "çok düşük dayanımlı kayaçlar" olarak sınıflandırılmışlardır.

Ayrıca bilgisayar kontrollü MTS 815 pres üç eksenli basınç dayanımı deneylerinde kullanılmış olup, deneyler Arslan (2003) tarafından TU Bergakademie Institut für Geotechnik laboratuarlarında gerçekleştirilmiş, elde

Çizelge 1. Çalışma alanı içindeki jipslere ait bazı indeks özellikler (Karacan, 1989).

	ÜYE											
	Karaçalı			Eğribucak			Purtepe			Göbeklitarla		
	min	max	ort	min	max	ort	min	max	ort	min	max	ort
Toplam porozite n_t (%)	5.65	13.00	8.00	12.50	16.00	14.16	4.90	8.40	6.62	6.50	14.70	9.80
Etkili porozite n_e (%)	1.58	10.95	4.84	10.00	14.10	1.90	1.43	7.86	4.70	2.98	12.08	7.18
Kuru birim hacim agr. (gr/cm^3)	2.10	2.24	2.18	2.07	2.10	2.08	2.19	2.21	2.20	2.06	2.18	2.13
Özgül ağırlık (Gs)	2.36	2.40	2.38	2.39	2.48	2.42	2.34	2.36	2.35	2.36	2.38	2.37

**SİVAS BÖLGESİ OLİGOSEN-MİYOSEN YAŞLI JİPSLERİN STATİK ELASTİK VE
DİNAMİK ELASTİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

edilen sonuçlar ise Çizelge 3’ de yük düzeylerinde ölçülmüştür.
Elastisite modülü değerleri hem teget sunulmuştur.

Çizelge 2. Çalışma alanı içindeki jipslere ait bazı mekanik özellikler (Karacan, 1989).

ÜYE	T.E.B.D. (MPa)			Çekme Dayanımı (MPa)			Makaslama Dayanımı (MPa)		
	min	max	ort	min	max	ort	min	max	ort
Karaçalı	12.30	52.20	22.40	2.65	3.86	3.16	5.30	10.16	7.80
Eğribucak	21.70	50.60	32.50	2.78	3.71	3.24	8.33	9.85	9.11
Purtepe	28.30	52.70	35.57	2.31	4.62	3.75	6.10	9.85	7.63
Göbeklitarla	16.50	21.70	18.05	2.20	3.78	2.86	4.16	8.30	5.96

T.E.B.D. = Tek eksenli basınç dayanımı

Çizelge 3. Karaçalı üyesi jipslerine ait içsel sürtünme açısı ve kohezyon değeri

Üç eksenli basınç deneyi sonuçları		
ÜYE	Kohezyon (MPa)	İçsel sürtünme açısı (°)
Karaçalı	11.77	32.00

4.2. Jipslerin Statik ve Elastik Özellikleri

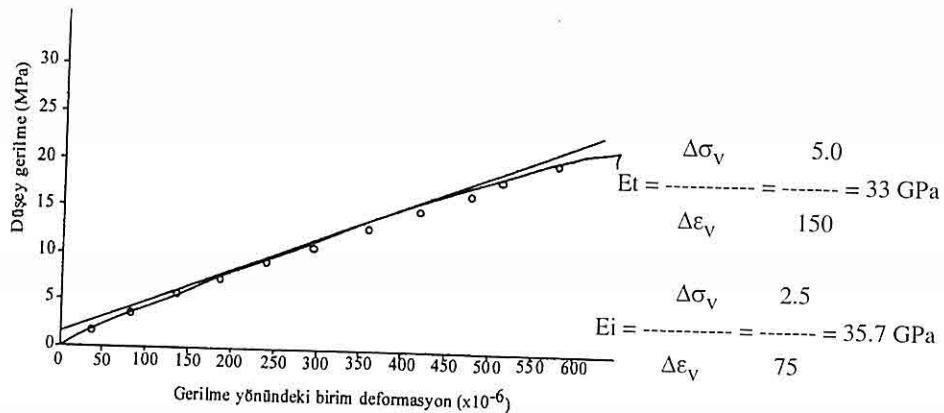
Jips örneklerinin statik gerilmeler etkisi altında, ilksel elastisite modülü (E_i), teget elastisite modülü (E_t), Poisson oranı (ν), rigidite (makaslama) (G) ve sıkışabilirlik modülü (K) şeklinde dört elastik parametresi belirlenmiştir.

Elastisite modülü ve Poisson oranı değerlerinin hesaplanması gerekliliğinde değişik yük düzeylerindeki yatay ve düşey birim deformasyon (ϵ_h ve ϵ_v) değerleri standartlara göre hazırlanmış karot örnekler üzerinde birbirini 180° lik bir açıda görebilen iki ayrı noktaya yapıştırılan 120Ω (ohm) dirençli birim deformasyon ölçerler ile en az beş değişik

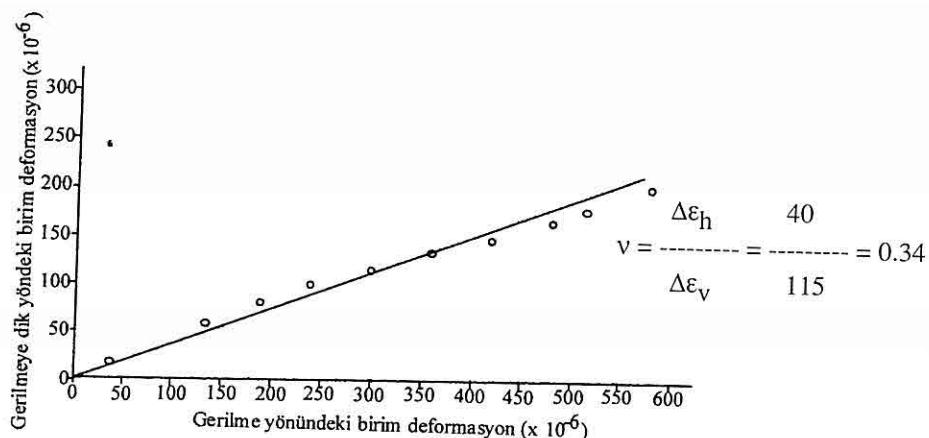
elastisite modülü (E_t) hem de ilksel elastisite modülü (E_i) olarak her bir deney için çizilen düşey gerilme - düşey birim deformasyon (σ_v - ϵ_v) eğrileri üzerinde hesaplanmıştır (Şekil 3).

Poisson oranı (ν) değerleri ise aynı gerilme düzeylerinde, yatay birim deformasyon - düşey birim deformasyon (ϵ_h ve ϵ_v) eğrileri üzerinde hesaplanmıştır (Şekil 4).

Rijitide modülü (G), basit bir kesmede, kesme gerilmesinin (shear stress) kesme birim deformasyonuna (shear strain) oranı olarak bilinmekte olup aşağıdaki formüldeki gibi elastisite modülü ve Poisson oranına bağlı olarak hesaplanabilmektedir.



Sekil 3. Eğribucak üyesine ait karot örnekleri üzerinde, düşey gerilme (σ_v) - düşey birim deformasyon (ϵ_v) eğrisi üzerinde ilksel (E_i) ve teget (E_t) elastisite modülü değerlerinin hesaplanması.



Sekil 4. Eğribucak üyesine ait karot örnek üzerinde yatay birim deformasyon - düşey birim deformasyon (ϵ_h ve ϵ_v) eğrisi üzerinde Poisson oranının (v) hesaplanması

Rigidite modülü

$$G = \frac{E}{2(1+v)} ; \quad \text{Judd (1963)}$$

Sıkışabilirlik modülü hesaplamalarında kullanılan formül de aşağıdaki gibidir.

Sıkışabilirlik modülü

$$K = \frac{E}{3(1-2v)} ; \quad \text{Judd (1963)}$$

*SİVAS BÖLGESİ OLİGOSEN-MİYOSEN YAŞLI JİPSLERİN STATİK ELASTİK VE
DİNAMİK ELASTİK ÖZELLİKLERİİN BELİRLENMESİ*

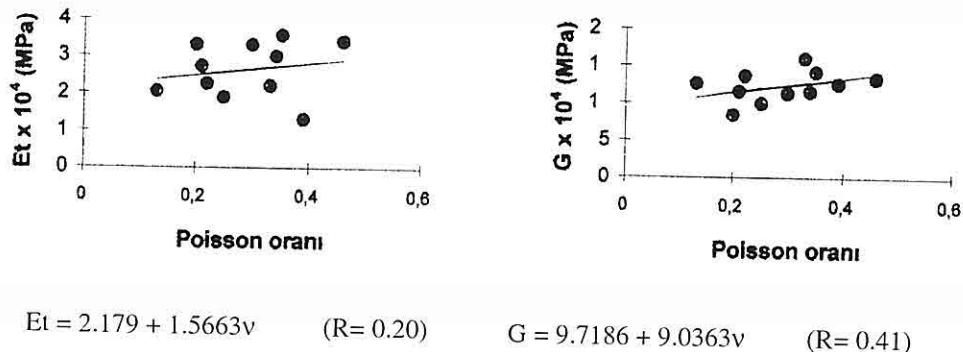
Değişik üyelerden alınan jipsler üzerinde yapılan deneyler sonucunda bulunan statik elastik katsayılar Çizelge 4 de toplu olarak sunulmuştur.

Çizelge 4. Çalışma alanı içindeki jipslere ait statik elastik parametreleri toplu sonuçları

	ÜYE											
	Karaçalı			Eğribucak			Purtepe			Göbeklitarla		
	min	max	ort	min	max	ort	min	max	Ort	min	max	Ort
İlkSEL Elastisite Modülü (E _i) (GPa)	7	37	27	36	44	40	25	35	29	21	25	22
Teğet Elastisite Modülü (E _t) (GPa)	3	30	20	33	36	34	22	33	27	13	22	19
Sıkışabilirlik Modülü (K) (GPa)	1	33	14	34	15	74	12	32	19	7	17	13
Rigidite modülü (G) (GPa)	1	11	8	12	12	12	9	12	11	5	9	7
Poisson oranı	0.11	0.35	0.21	0.34	0.46	0.39	0.13	0.33	0.22	0.20	0.30	0.25

Jips karot örnekleri üzerinde statik gerilmeler etki ettirilerek elde edilen teğet elastisite modülü (E_t) ve Poisson oranı (v) değerleri kullanılarak hesaplanan rigidite modülü ile Poisson oranı değerleri arasında regresyon analizi yapılmış ve elde edilen grafikler ve regresyon denklemleri Şekil 5' de verilmiştir. Gerek Poisson oranı - elastisite modülü arasında gerekse de rigidite modülü - Poisson oranı arasında herhangi bir ilişki elde edilememiştir. Elastisite modülü ve Poisson oranı değerleri birbirinden bağımsız iki ayrı parametre olmasına karşın, rigidite modülü, elastisite modülü ile doğru, Poisson oranı ile ters orantılıdır.

V_s dalga hızları sismik çözümleyici (Seismic Analyzer) kullanılarak Ultrasonic Pulse yöntemi ile belirlenmiştir. Bu çalışmada 40 adet jips örneği üzerinde yapılan V_p ve V_s dalga hızı ölçümleri sonucunda saptanan hız değerleri Çizelge 5' de sunulmuştur. Ortalama V_p dalga hızları dikkate alındığında Göbeklitarla jipsleri hariç diğer tüm jipsler IAEG (Anon, 1979a) sınıflamasına göre "yüksek" sonik hızı sahiptirler. Göbeklitarla jipsleri ise "orta" sonik hızı sahip kaya ($3500 < V_p < 4000$ m/sn) olarak sınıflandırılabilirler.



$$E_t = 2.179 + 1.5663v \quad (R= 0.20)$$

$$G = 9.7186 + 9.0363v \quad (R= 0.41)$$

Şekil 5. Çizilen regresyon doğrularına göre teğet elastisite modülü - Poisson oranı ve rijidite modülü - Poisson oranı değerlerinin karşılaştırılması

Çizelge 5. Jipslerin V_p ve V_s dalga hızları değerleri

Örneklerin aldığı üye	V_p dalga hızı (m/sn)			V_s dalga hızı (m/sn)		
	min	max	ort	min	max	ort
Karaçalı	3805	4814	4263	2115	2500	2289
Eğribucak	3918	4655	4427	2333	2477	2409
Purtepe	4537	4800	4691	2334	2666	2455
Göbeklitarla	3297	3956	3650	2007	2350	2198

Jipslerin dinamik elastik katsayıları V_p ve V_s dalga hızlarından yararlanılarak belirlenmiştir. Hesaplamalarda elastisite teorisinden çıkarılmış olan Lama and Vutukuri (1978)' den alınan eşitlikler kullanılarak bulunan jipslere ait dinamik elastik katsayılar Çizelge 6' da gösterilmiştir.

Jipslerin P ve S dalga hızları kullanılarak belirlenen V_p , V_s , dinamik elastisite modülü (E_d), rijidite modülü (G)

ve Poisson oranı (v) değerleri arasında regresyon analizleri yapılmış olup, elde edilen grafikler ve regresyon denklemleri Şekil 6' da toplu olarak sunulmuştur. $E_d - V_s$, $v - V_s$, $v - E_d$ ve $v - G$ arasında lineer artan doğrusal bir ilişkinin varlığı Şekil 6' da sunulan grafiklerden anlaşılmaktadır.

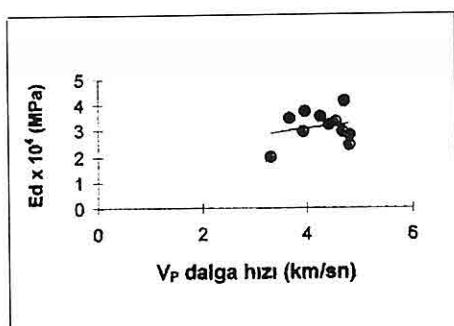
4.4. Jipslerin Mühendislik Amaçlı Kaya Sınıflaması

Çalışma alanındaki jipslerin

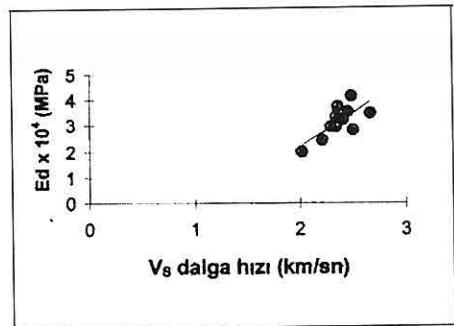
*SİVAS BÖLGESİ OLİGOSEN-MİYOSEN YAŞLI JİPSLERİN STATİK ELASTİK VE
DİNAMİK ELASTİK ÖZELLİKLERİİN BELİRLENMESİ*

Çizelge 6. Jipslerin dinamik elastik katsayıları değerlerinin toplu sonuçları

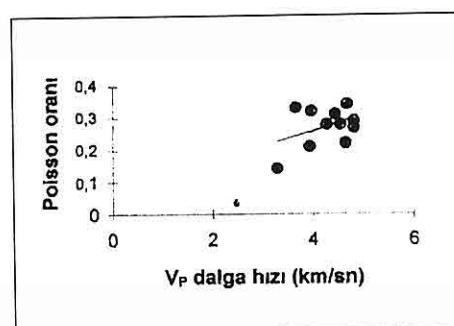
Üye	Elastisite Modülü (Ed) $\times 10^4$ (MPa)			Rigidite Modülü (G) $\times 10^4$ (MPa)			Poisson oranı (v)		
	min	max	ort	min	max	ort	min	max	Ort
Karaçalı	2.58	3.72	2.98	9.84	14.13	11.53	0.25	0.32	0.29
Eğribucak	2.96	3.51	3.24	11.70	13.50	12.66	0.21	0.33	0.28
Purtepe	3.37	4.12	3.57	12.53	16.15	13.66	0.28	0.34	0.31
Göbeklitarla	2.00	2.80	2.42	8.33	11.42	10.03	0.14	0.27	0.22



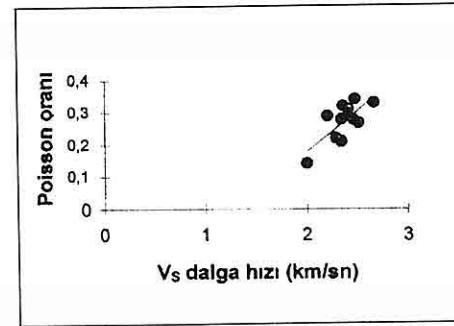
$$E_d = 2.1258 + 0.2405V_p \quad (R= 0.20)$$



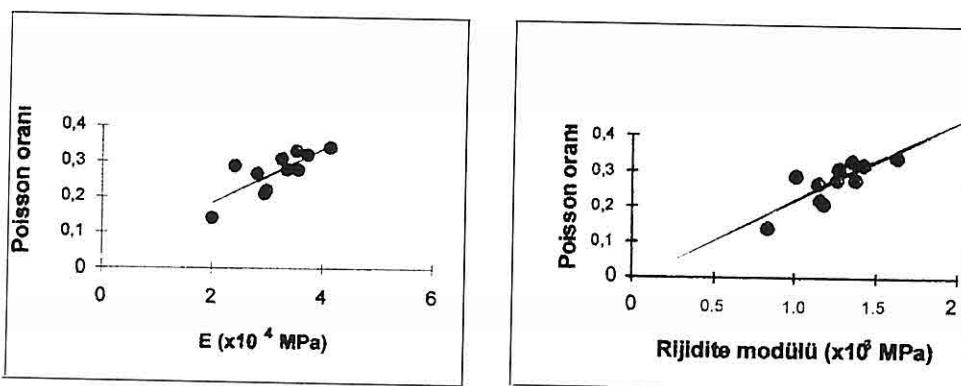
$$E_d = -2.8423 + 2.5352V_s \quad (R=0.71)$$



$$v = 0.0631 + 0.0488V_p \quad (R= 0.41)$$



$$v = -0.3396 + 0.2585V_s \quad (R= 0.73)$$



$$v = 0.0289 + 0.0770Ed \quad (R= 0.77)$$

$$v = -0.0089 + 0.0228G \quad (R= 0.79)$$

Şekil 6. Vp, Vs, dinamik elastisite modülü (Ed), rigidite modülü (G) ve Poisson oranı (v) değerleri arasında yapılan regresyon analizi sonuçları

mühendislik sınıflamaları tek eksenli sıkışma dayanımı ve elastisite modülü değerleri göz önüne alınarak Deere ve Miller (1966)'a göre, elastisite modülü/Poisson oranı ve tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri dikkate alınarak da Türk ve Dearman (1985)'a göre yapılmıştır (Şekil 8).

Deere ve Miller (1966) sınıflamasında jipslerin Karacan (1989) tarafından saptanan tek eksenli basınç dayanımı (σ_c) değerleri kullanılmıştır. Deere ve Miller (1966) sınıflamasında jipslerin modül oranı değerleri (σ_c / E_t) dikkate alınmış ve elde edilen noktalar Şekil 7' de gösterilen abak üzerine işaretlenmiştir.

Türk ve Dearman (1985) sınıflama abacı üzerinde, yatay eksen; E/v oranları GN/m^2 olarak, düşey eksen ise tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri MN/m^2 (MPa) olarak bulunmaktadır. Log-log abak üzerine jipslere ait değerler Şekil 8' de

sunulmuştur.

Türk ve Dearman (1985) kaya sınıflamasına göre Purtepe jipslerinin büyük bir kısmı hariç, genelde jipslerin "oldukça deform olmuş" kayaçlar olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca jipslerin ayırtma derecesi arttıkça E/v oranının yanı sıra gerilme değerleri de azalmaktadır.

Çalışma alanı içindeki jipslere ait örneklerin Türk ve Dearman (1985) tarafından önerilen sınıflama abacı üzerindeki dağılımları incelendiğinde; Eğribucak üyesi jipsleri ile Purtepe üyesi jipsleri DH grubu (düşük dayanımlı ve yüksek modül oranlı); Karaçalı üyesi jipsleri ile Göbeklitarla üyesi jipsleri EH (Çok düşük dayanımlı ve yüksek modül oranlı) kaya grubunda yer aldığı ve jipslerin genel olarak oldukça deform olmuş - zayıf kayaçlar olarak sınıflandırılabilecekleri anlaşılmaktadır.

SİVAS BÖLGESİ OLİGOSEN-MİYOSEN YAŞLI JİPSLERİN STATİK ELASTİK VE DİNAMİK ELASTİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

5. SONUÇLAR

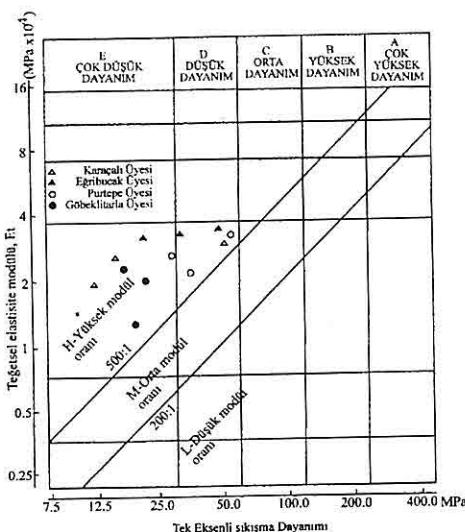
Bu çalışmada laboratuvar deneylerinden saptanan verilerin birlikte değerlendirilmesi ile elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1. Jips karot örnekleri üzerine statik gerilmeler etki ettirilerek elde edilen teget elastisite modülü ve Poisson oranı ve rijidite modülü-Poisson oranı değerleri arasında ($R=0,41$) herhangi bir ilişki elde edilememiştir.

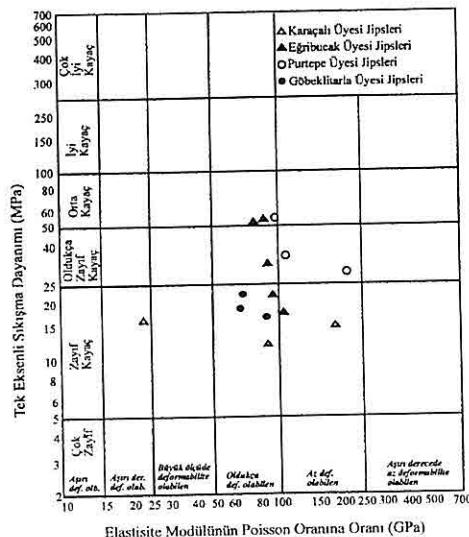
2. Jipslerin V_p ve V_s dalga hızları kullanılarak dinamik elastisite modülü (Ed), rijidite modülü (G) ve Poisson oranı değerleri arasında regresyon analizleri yapılmıştır. Bu analiz sonuçlarına göre; V_p dalga hızı ile Ed (dinamik elastisite modülü) ve v (Poisson oranı) arasında herhangi bir ilişki elde edilememiş olmasına karşın, $Ed-V_s$, $v-V_s$, $v-Ed$ ve $v-G$ veri çiftleri arasında doğrusal ilişkiler elde edilmiştir.

3. Laboratuvar deneyleri sonucunda statik ve dinamik elastisite modülü ve Poisson oranı değerleri belirlenmiştir (Çizelge 4 ve Çizelge 6). Bu değerlere göre; jipslerin yüksek elastisite modülü değerlerine sahip kayaçlar olduğu anlaşılmıştır.

4. Çalışma alanı içindeki jiplerlere ait örneklerin Deere ve Miller (1966) kaya sınıflaması abağı üzerindeki dağılımlarına göre; Eğribucak üyesi jipsleri ile Purtepe üyesi jipsleri DH grubu (düşük dayanımlı ve yüksek modül oranlı); Karaçalı ve Göbeklitearlara Üyesi jipslerini EH (çok düşük dayanımlı ve yüksek modül oranlı) kayaç grubunda yer aldıları; Türk ve Dearman (1985) tarafından önerilen



Şekil 7. Çalışma alanı içindeki farklı üyelere ait jipslerin Deere and Miller (1966)' in birleşik mühendislik sınıflaması abağı üzerindeki dağılımları



Şekil. 8. Çalışma alanı içindeki jipslerin Türk and Dearman (1985)' in sınıflama abağı üzerindeki dağılımları.

sınıflama abağı üzerindeki dağılımları dikkate alındığında ise jipslerin genel olarak "oldukça deform olmuş-zayıf kayaçlar" grubunda yer aldıkları belirlenmiştir.

6. KAYNAKLAR

A.S.T.M. Designation 2664-67, 1980, "Standart Method of Test for Triaxial Compressive Strength of Undrained Rock Core Specimens without Pore Pressure Measurements", Annual Book of A.S.T.M. Standards

A.S.T.M. Designation 2939-79, 1980, "Standart Method of Test for Unconfined Compressive Strength of Rock Core Specimens". Annual Book of A.S.T.M. Standards, Part 19, 440-443.

Anon 1979a, "Classification of rock and soil for engineering geological mapping. Part I-Rock and soil materials", Bull. Int. Ass. Eng. Geol., 19, 364-371.

Arslan, A.T. 2003, Experimentelle und theoretische Untersuchungen und Auswertungen der Kriech-eigen-schaften der Gipsfelsen, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geotechnik, 42 p. Freiberg, Deutschland

Ceyhan, F., 1987, Sivas güneydoğu'sundaki tuz ve jips yataklarının jeolojisi, oluşumu, kökeni ve ekonomik özellikleri: Yüksek lisans tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enst., Sivas, 107 s. (yayınlanmamış).

Deere, D.U., ve Miller, R.P., 1966, Engineering classification and index properties for intact rock. Tech. Report AFWL-TR-65-116, AF Special Weapons Center, Kirtland Air force Base, New

Mexico.

Gökçe, A., ve Ceyhan, F., 1988, Sivas güneydoğu'sundaki Miyosen yaşlı jipsli çökellerin stratigrafisi, yapısal özellikleri ve oluşumu: C.Ü. Müh. Fak. Derg., Seri A-Yerbilimleri C. 5, S 1, s 91-112.

Gürsoy, H., Temiz, H., and Poisson, A. M., 1992, Recent faulting in the Sivas area (Sivas, Basin, Central Anatolia-Türkiye): C. Ü. Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri C. 9, S.1, s. 11-17.

H.Ü.T.E., 1978, 4. Demir çelik işletmesi zemin etüd raporu: Hazırlayan H.Ü. Teknoloji Enst., IV. cilt, Ankara (yayınlanmamış).

I.S.R.M., 1978, Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses: Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests, Int. Jour. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr. V.15, pp. 319-368.

IAEG Commission on Engineering Geological Mapping, 1981, Rock and soil description and classification for engineering geological mapping, Bulletin of IAEG, 24: 2335-274.

İrfan, T.Y. ve Öz kaya, I., 1981, Engineering geological mapping of gypsiferous formations, Sivas, Central Eastern Turkey, Bulletin of IAEG, 24, 33-37.

Judd, W.R. 1963, Effect of Elastic Properties of Rocks on Civil Engineering Design. Eng. Geol. Case Histories Vol. 1, No:3, GSA.

Karacan, E. and Yılmaz, I., (2000), Geotechnical evaluation of Miocene gypsum from Sivas (Turkey). Geotechnical

**SİVAS BÖLGESİ OLİGOSEN-MİYOSEN YAŞLI JİPSLERİN STATİK ELASTİK VE
DİNAMİK ELASTİK ÖZELLİKLERİİNİN BELİRLENMESİ**

- and Geological Engineering, 18, 79-90.*
- Karacan, E., 1989, Sivas güneydoğusundaki jipslerin jeo-mühendislik özelliklerinin incelenmesi: Doktora Tezi, H.Ü. Fen Bil. Enst. Beytepe, Ankara, 99 s. (yayınlanmamış).
- Karacan, E., 1990, Sivas güneydoğusundaki jipslerin jeomekanik özellikleri: 2. Ulusal Kaya Mekanığı Sempozyumu bildiriler kitabı Ankara, s. 187-208.
- Karacan, E., 1992, Sivas güneydoğusundaki jipslerin çözünürlük özellikleri C.Ü. Müh. Fak. Derg., Seri A-Yerbilimleri C. 9, S 1, s. 67-74.
- Karacan, E., 1994, Sivas organize sanayii bölgesi inşaat alanı zeminlerinin jeoteknik özellikleri. C.Ü. Müh.Fak. Derg., Seri A-Yerbilimleri C.11, S 1, s. 79-86.
- Kurtman, F., 1973, Sivas Hafik, Zara ve İmranlı bölgesinin Jeolojik ve Tektonik Yapısı: MTA Derg. 80 1-33.
- Lama, R.D., and Vutukuri, V.S., 1978, Handbook on Mechanical Properties of Rocks. Trans Tech. Publications, V.4, 515 p.
- Poisson, A., Temiz, H., Gürsoy, H., 1992, Pliocene thrust tectonics in the Sivas Basin near Hafik (Turkey): Southward fore thrusts and associate back thrusts. C.Ü. Müh. Fak. Derg., Seri A, Yerbilimleri, 9, 19-26, Sivas.
- Poisson, A., Guezou, J.C., Temiz, H., Gürsoy, H., İnan, S., Öztürk, A., Kavak, K.Ş. and Özden, S., 1996, Tectonic setting and evolution of the Sivas Basin, Central Anatolia, Turkey: Int. Geol. Rev., Vol: 38, p. 838-853
- Türk, N., and Dearman, W.R., 1985, A new rock classification method for design purposes: 26 th U.S. Symp. On Rock Mechanics, Rapid City, USA, 81-88.
- Ülker, 1982, Sivas 4. demir çelik tesisleri alanındaki jipslerle ilgili jeoteknik araştırma raporu (yayınlanmamış).
- Yılmaz, I., 1994, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi kampüs alanı zeminlerinin jeo-mühendislik özelliklerinin incelenmesi: Yüksek lisans tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enst., Sivas, 63 s. (yayınlanmamış).
- Yüksel Proje A.Ş., 1986, Sivas-Tuzlahan çelikhane ve haddehane tesisleri zemin etüdleri raporu, 73 s.

**ORTA TOROSLAR'DA NAMARAS- EĞRİGÖL ARASINDA YÜZEYLEYEN
ANAMAS AKSEKİ İSTİFİ'NİN STRATİGRAFİSİ**

Erdem ÇÖREKÇİOĞLU

MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara/Türkiye

Cavit DEMİRKOL, Ulvi Can ÜNLÜGENÇ

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

ÖZET: *Orta Toroslar'ın batı kesiminde, Bozkır-Hadım ve Gündoğmuş ilçeleri arasında kalan çalışma alanında; stratigrafik ve yapısal özellikler açısından birbirinden farklı havzaları temsil eden otokton ve allokton konumlu birimler bulunmaktadır. Bu makalenin konusunu, bu yapısal birimlerden birisi ve otokton konumlu olan "Anamas-Akseki istifi"nin stratigrafik özellikleri oluşturmaktadır.*

Anamas-Akseki istifinin temelini Liyas-Dogger yaşı platform türü karbonatlarından oluşan Kurucaova formasyonu oluşturmaktadır. Malm yaşı killi kireçtaşlarından oluşan Akkuyu formasyonu bu birimin üzerinde uyumlu olarak bulunmaktadır. Akkuyu formasyonu üzerine neritik kireçtaşlarından oluşan Kretase yaşı Akseki kireçtaşı uyumlu olarak gelirken, platform tipi karbonatlar ve başlıca mikritik kireçtaşlarından oluşan Üst Kretase yaşı Seyrandağı kireçtaşı bu kayaçları yersel uyumsuzlukla örtmektedir. Bu birimlerin üzerine çörtlü mikritik kireçtaşları ve kumtaşlarından oluşan Üst Paleosen – Eosen yaşı Bakalasay formasyonu uyumsuzlukla gelirken, bu birimler flişoid çökellerden oluşan Orta Eosen yaşı Çaşır yayla formasyonu tarafından uyumsuzlukla üzerlenmektedir.

**STRATIGRAPHY OF ANAMAS-AKSEKİ SEQUENCE CROPPING OUT
AROUND NAMARAS-EĞRİGÖL IN CENTRAL TAURIDES**

ABSTRACT: *In Western part of Mid-Taurides, there are four structural units that lies among Bozkır-Hadım and Gündoğmuş counties. These structural units are tectonically interrelated with each other and represent different basins from the stratigraphical and structural points of view. This paper is about the stratigraphical features of "Anamas-Akseki unit" that belong to the stratification mentioned above.*

The basement of Anamas-Akseki autochthonous is formed by Kurucaova Formation of Liassic-Dogger age and platform typed limestones. The Akkuyu Formation of Malm

aged limestones conformably lies on Kurucaova Formation. While the Cretaceous aged Akseki limestone of neritic origin conformably lies on Akkuyu Formation the Upper Cretaceous Seyrandağı Limestone of platform typed, carbonaceous and mainly micritic limestones overlies these units disconformably. These units are overlaid by Upper Paleocene-Eocen aged Bakalasay Formation which is cherty, micritic limestones and sandstones. Finally these units are then overlain by Eocen aged Çaşıryayla Formation that is flyschoidal deposits.

1 GİRİŞ

Çalışma alanı, Orta Toroslar'ın batı kesiminde yer almaktadır. İncelenen alan kuzeyde Konya ilinin Bozkır ve Hadım ilçelerinin güney kesimleri ile Antalya'nın Gündoğmuş ilçesinin kuzey kesimleri arasında yer almaktadır (Şekil 1).

İnceleme alanında göreceli otokton konumlu olarak bulunan Anamas-Akseki istifi bölgede Jura-Kretase yaşılı karbonatlı ve Paleosen-Eosen yaşılı karbonatlı ve kırıntılı kayaçlar ile temsil edilmektedir (Şekil 2). Bölgede allokton konumlu olarak yüzeyleyen birimlerden Beyşehir-Hoyran-Hadım naplarına ait olan "Hadım napi", çalışma alanında Devoniyen - Permiyen yaşılı karbonat ve kırıntılı kayaçlardan oluşmaktadır. Hadım napi ile Anamas-Akseki istifi arasında tektonik dilimler halinde Üst Permiyen-Eosen aralığında gelişmiş karbonat, kırıntılı ve bazik kayaçlardan oluşan Eğrigöl napi yer alır. Antalya naplarına ait ve inceleme alanının güney kesiminde gözlenen Çataltepe napına ait Triyas-Jura yaşılı kayaçlar diğer tektonik birimlerde izlenen kaya birimlerine göre daha derin denizel koşulları yansıtır (Şekil 3).

2. ANAMAS-AKSEKİ İSTİFİ

Çalışma alanında Liyas-Eosen yaş

aralığında çökelmiş olan ve platform tipi karbonatlar ile kırıntılı kayaçlardan oluşan Anamas-Akseki istifi Kampaniyen-Maestrihtiyen dönemindeki göreceli derinleşmeye bağlı olarak derin denizel birimlere geçiş göstermekte ve birim Geç Paleosen-Lütesiyen yaşılı denizel çökeller ile sonlanmaktadır (Şekil 4).

Bölgede Anamas-Akseki istifi içerisinde Kurucaova formasyonu, Akkuyu formasyonu, Akseki formasyonu, Seyrandağı kireçtaşısı ve İbradı grubu (Bakalasay formasyonu ve Çaşıryayla formasyonu) yer almaktadır.

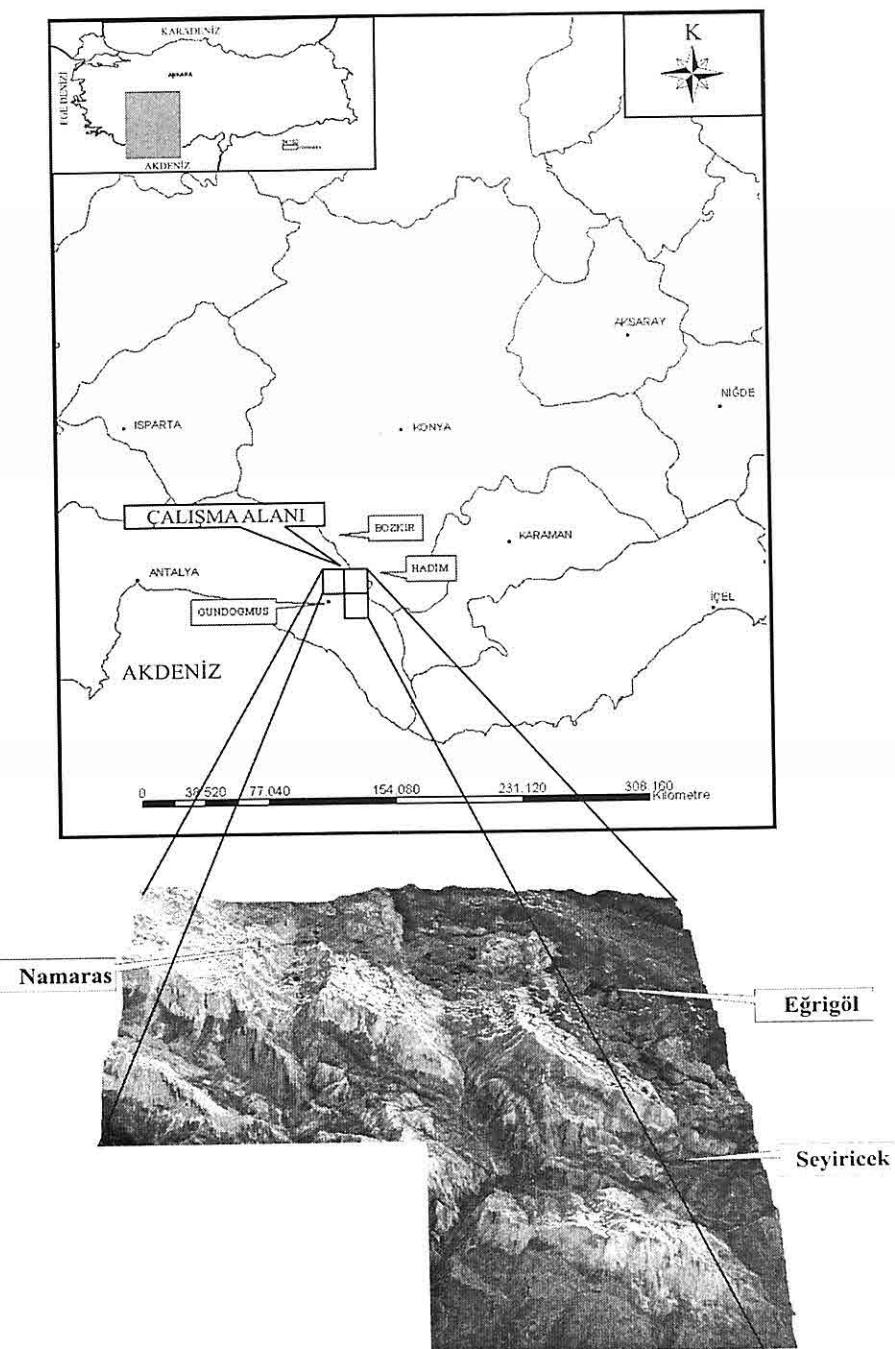
Orta Toroslar'da yer alan otokton konumlu bir istif olan Anamas-Akseki istifi, bölgeyi çeşitli dönemlerde etkileyen tektonik süreçlerin etkisiyle birincil konumunu kaybederek oldukça karmaşık bir yapı kazanmıştır. Daniyen'de ve Eosen sonrasında bölgeye yerleşen allokton kütelere bağlı olarak birbiri üzerine binik yapılar şeklinde konumlanmıştır.

2.1. Kurucaova formasyonu (Jk)

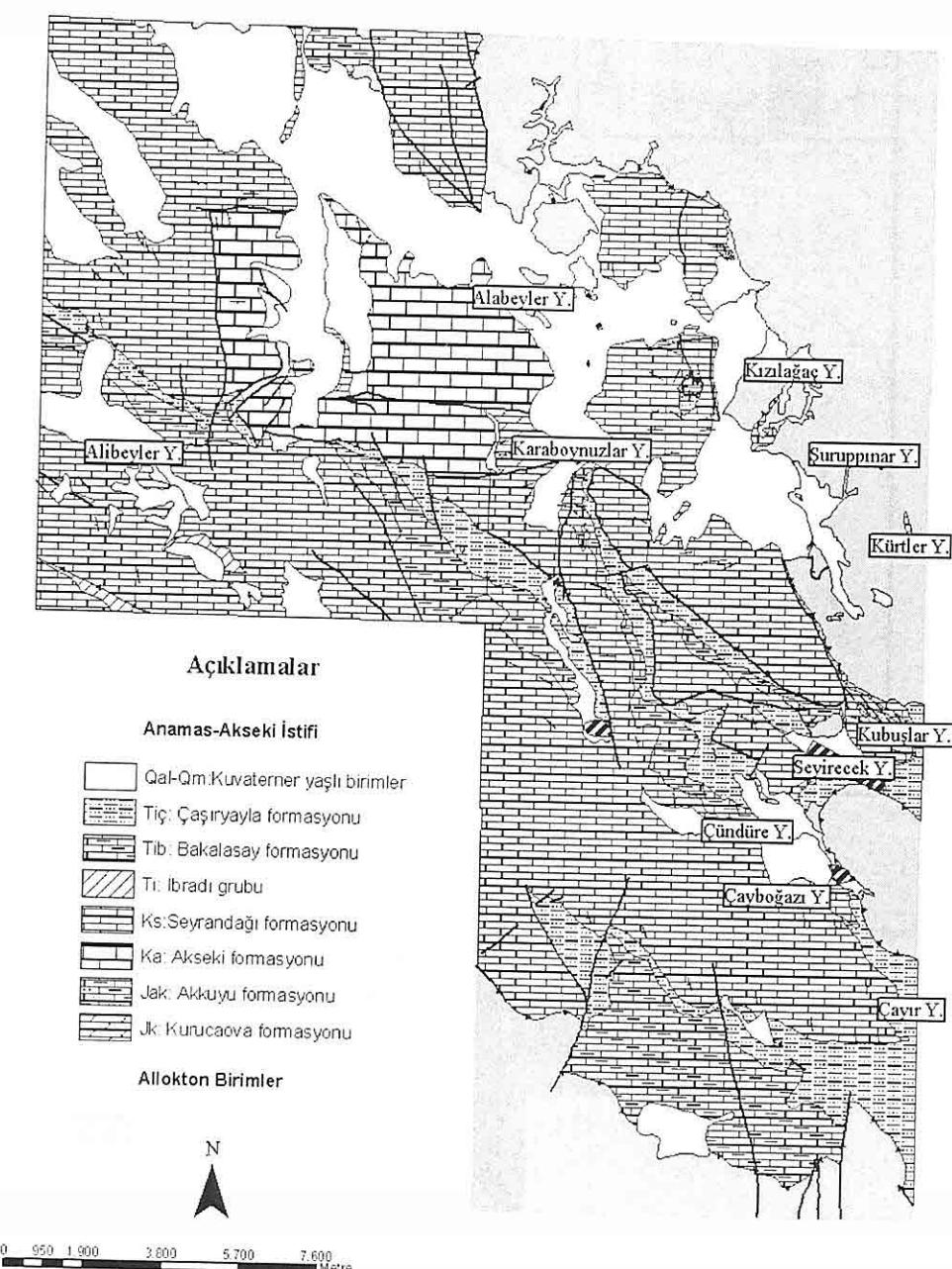
Liyas-Dogger yaşılı neritik karbonatlardan oluşan birim ilk olarak Şenel ve dig. (1992) tarafından adlandırılmıştır.

Birim alta gri-koyu gri renkli, orta-kalın tabakalı yaklaşık 100 m kalınlık

*ORTA TOROSLAR'DA NAMARAS-EĞRİGÖL ARASINDA YÜZEYLEYEN ANAMAS
AKSEKİ İSTİFİ'NİN STRATİGRAFİSİ*

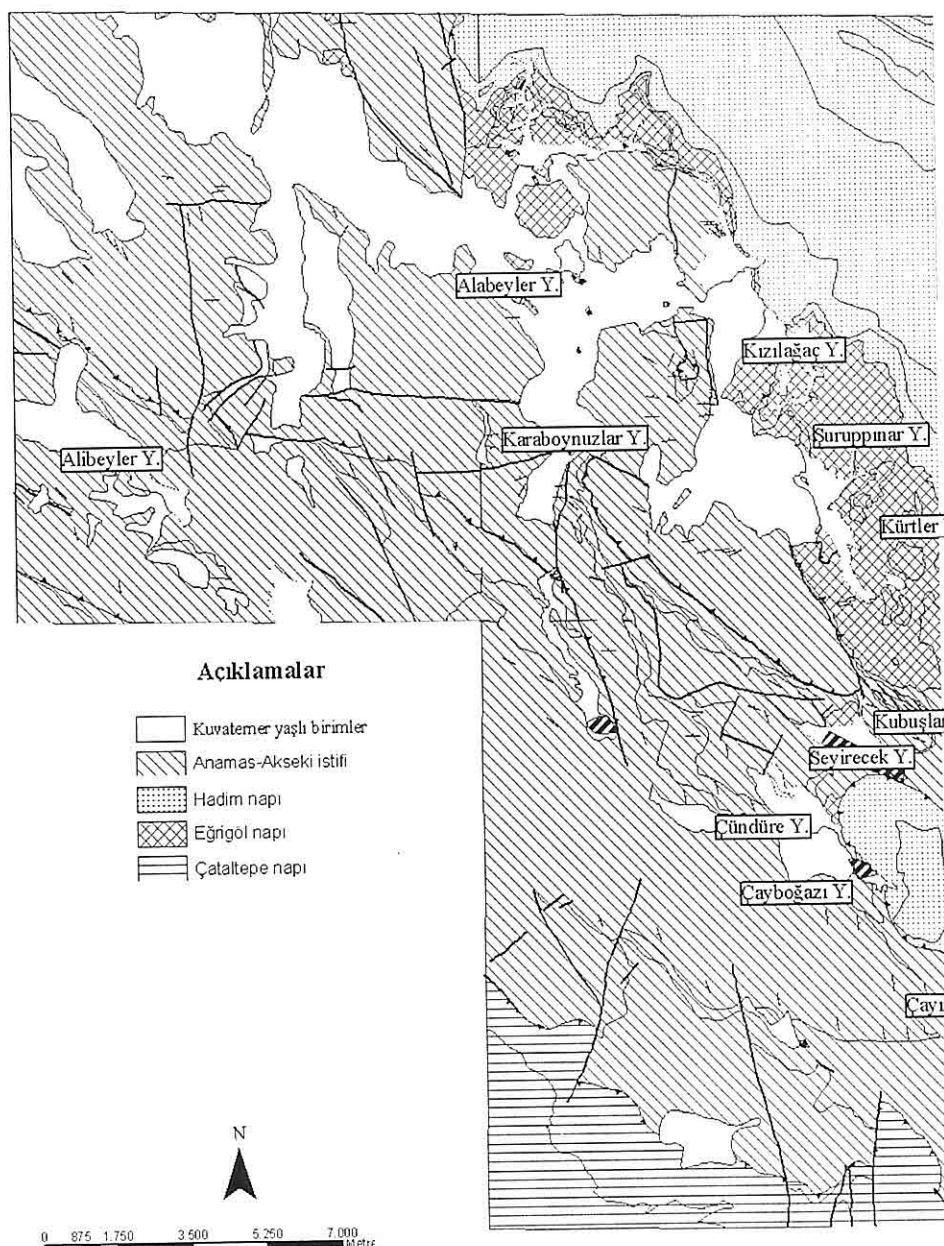


Şekil 1. İnceleme alanının bulduru haritası

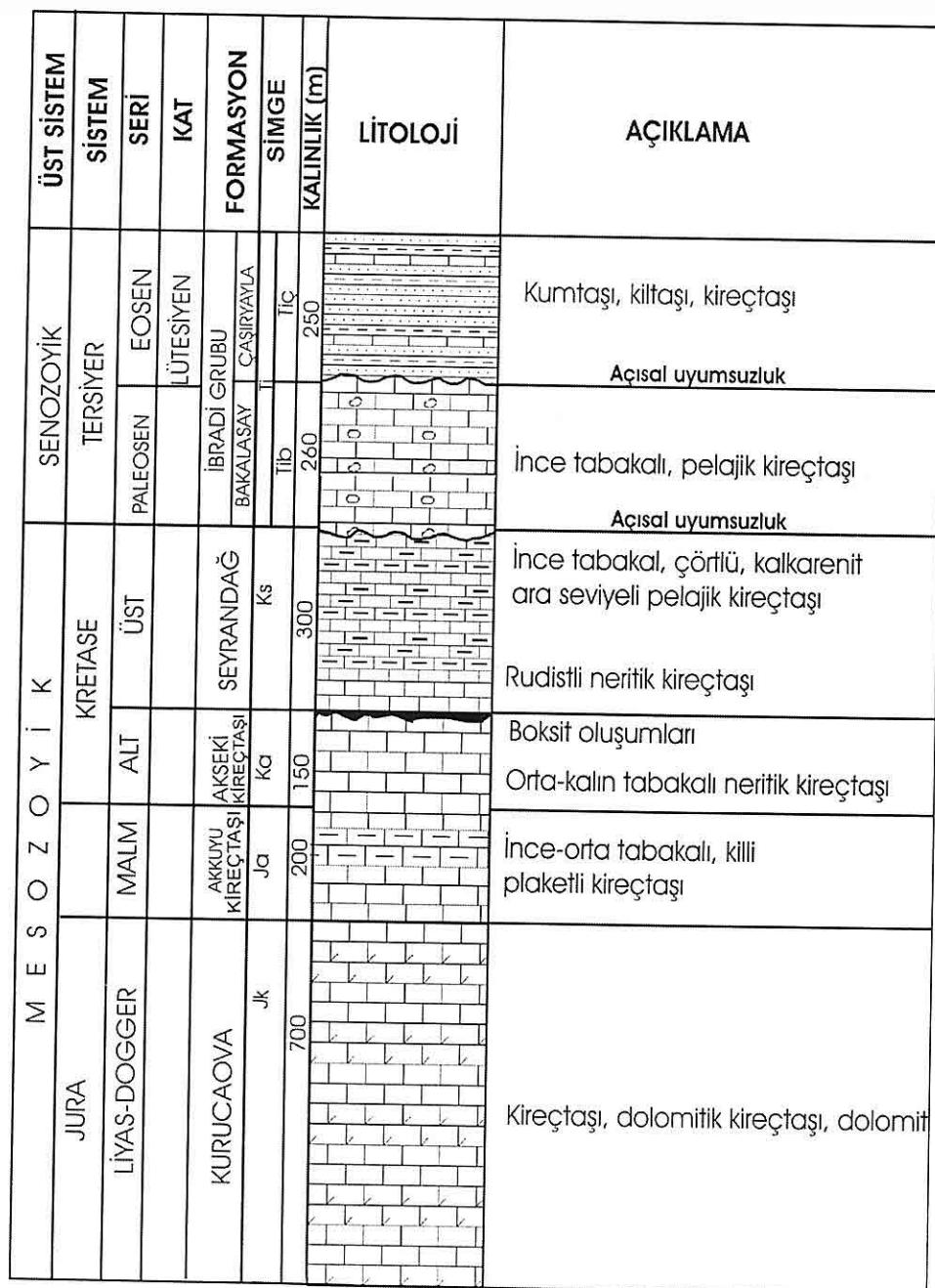


Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası.

*ORTA TOROSLAR'DA NAMARAS- EĞRİGÖL ARASINDA YÜZEYLEYEN ANAMAS
AKSEKİ İSTİFİ'NIN STRATİGRAFİSİ*



Şekil 3. İnceleme alanında yer alan tektonostratigrafik birimlerin dağılım.



Şekil 4. İnceleme alanının düşey stratigrafi kesiti.

sunan, orta-ince kristalli, dolomit ve dolomitik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Dolomit ve dolomitik kireçtaşları yanal yönde devamsız olup yer yer geçişli olarak gri ve krem-bej renkli, bol alaklı, ooidli, onkoidli kireçtaşlarına geçmektedir.

Kurucaova formasyonu inceleme alanında en iyi tanındığı yer olan Karaboznuzlar yayla batısında, altta masif görünümeli, yer yer orta-kalın tabakalı, gri-kırkı beyaz renkli, orta-iri kristalli dolomitlerle başlamaktadır. Oldukça kötü kokulu, erime boşluklu dolomitler yanal ve düşey yönde dolomitik kireçtaşlarına geçiş göstermektedir. Bu dolomit seviyelerinin üzerinde ayrılmış yüzeyinin rengi gri, siyahimsi gri, taze kırık yüzeyi krem-bej renkli, oolitli-pelletli, bol fosil izli yer yer alaklı kireçtaşları bulunur. Bu seviyelerde onkoidli ve oolitli kireçtaşı seviyeleri de oldukça yaygındır. Ayrıca bol miktarda gastropod, lamellibrans vb. makrofosil izleri sıkça izlenmektedir. Bu seviyelerin üzerinde orta-kalın tabakalı, açık gri-bej renkli, bol fosil kırtıltılı, genelde sparitik, yer yer mikritik dokulu kireçtaşları yer alır. Bu düzeyleri, krem-bej renkli bol Clypeina jurassica içeren kireçtaşları izlenmektedir. Formasyon, Clypeina jurassica'lı kireçtaşları üzerinde gri-bej renkli orta-kalın tabakalı, miliodili, yer yer kristalize kireçtaşları ile sonlanır.

Formasyonun alt sınır ilişkisi inceleme alanında gözlenemez. Ancak Şenel ve diğ., (1992) inceleme alanının batısında Kurucaova formasyonunun, Üzümdere formasyonu üzerine uyumlu olarak yer aldığı belirtmişlerdir. Bu çalışmaya göre

Kurucaova formasyonunun Dogger-Malm yaşı karbonatları Akkuyu formasyonu ile, Kretase yaşı karbonatları ise Akseki kireçtaşı ile yanal ve düşey yönde giriklik gösterir.

Tabanda transgresif özellikte bulunan Kurucaova formasyonunun fosil kapsamı ve kayatürü özellikleri, duraylı sığ karbonat platformu koşullarını yansımaktadır. Aşağıda belirtilen fosil topluluğu birimin çalışma alanında Liyas-Dogger yaşı kesiminin yüzeylediğini yansıtır.

Clypeina jurassica FAVRE
Pseudocyclammina sp.,
Nautiloculina sp.,
Nubecularia sp.,
Mesoendothyra sp.,
Trocholina sp.,
Favreina sp.,
Paruronina sp.
Valvulina sp.,

2.2 Akkuyu formasyonu

İlk olarak Martin (1969) tarafından adlandırılan birim adını Antalya- Akseki ilçesinin 18 km kuzeybatısındaki Akkuyu mevkiiinden almıştır.

Inceleme alanında en iyi gözlendiği yer olan Susamgölü vadisinde Kurucaova formasyonuna ait kireçtaşları üzerinde uyumlu olarak gözlenen Akkuyu formasyonu; gri-beyaz renkli, ince-orta tabakalı, bükülümcüklü, iyi tabakalanmalı, plaketli kireçtaşlarından oluşmaktadır. Tanimlandığı Akseki civarında bahsedilen bol ammonit içeriği (Martin, 1969; Monod, 1977) inceleme alanında gözlenemez. Ancak inceleme alanında bol

lamellibrans ve gastropod kavkı içeriği ile karakterize edilmektedir. Bu plaketli kireçtaşları arasında yer yer bitümlü şeyl seviyeleri de izlenmektedir. Kil içeriği yüksek olan bu kireçtaşları yoğun bitüm kokuludur.

Akkuyu formasyonu Kurucaova formasyonu üzerine uyumlu olarak gelirken Alt Kretase yaşı Akseki kireçtaşı tarafından yine uyumlu olarak üzerlenir (Resim 1).

Everticyclamina cf. *virguliana* (KOECHLIN),

Valvulina lugeoni SEPTFONTAINE

Paleodictyoconus sp.,

Tubiphytes sp.,

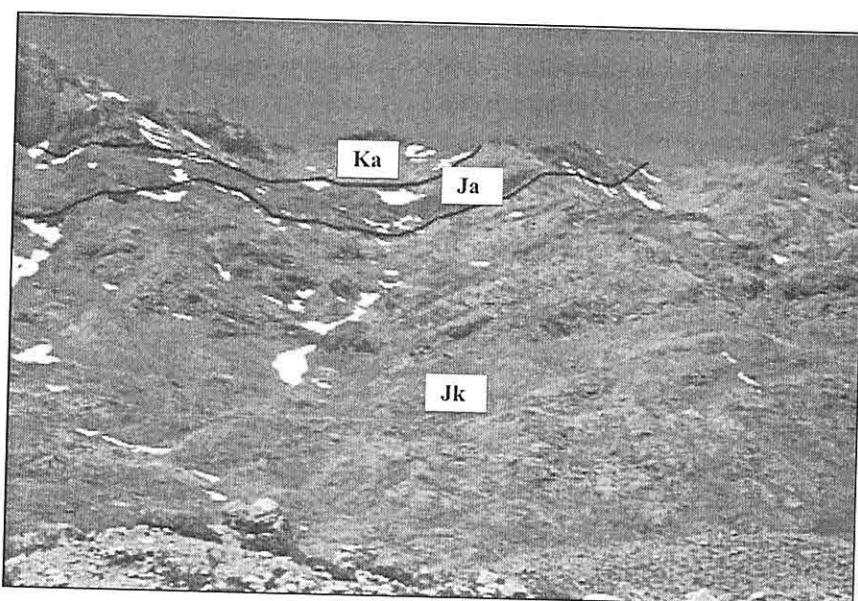
Thaumatoporella sp.

Lagenidae,

Textularidae,

Ophthalmididae,

Aptycus,



Resim 1. Kurucaova formasyonunun Karaboznuzlar Yayla batısındaki yüzeylemeleri (Bakış yönü doğuya doğrudur). Jk: Kurucaova formasyonu, Ja : Akkuyu formasyonu, Ka: Akseki formasyonu

Akkuyu formasyonu inceleme alanında en iyi gözlendiği yer olan Susamgölü vadisinde yaklaşık 100 m kalınlık sunmaktadır.

İnceleme alanından derlenen örneklerden aşağıdaki fosil toplulukları tayin edilmiştir.

Belirlenen fosil topluluğuna göre birim Malm yaşındadır. Akkuyu formasyonu düşük enerjili bir ortamda, resif gerisi bir lagünde çökelmiştir. Akkuyu formasyonu, Turan (1990)'ın Ovacık kireçtaşı ve Özgül (1997)'ün Polat kireçtaşı ile deneştirilebilir.

2.3. Akseki Kireçtaşı

Alt Kretase yaşılı neritik karbonatlardan oluşan birim ilk kez Demirtaşlı (1987) tarafından Antalya'nın Akseki ilçesi civarındaki yüzeylemeleri dikkate alınarak adlandırılmıştır.

Tip kesiti Antalya ili Akseki ilçesinin doğusunda gözlenen kireçtaşlarının (Demirtaşlı, 1987) inceleme alanı içerisindeki başvuru kesiti Akdağ civarında gözlenmektedir. Birim, Akkuyu formasyonuna ait plaketli kireçtaşları üzerine uyumlu olarak gelmektedir.

Akseki kireçtaşı genelde gri-koyu gri çoğunlukla koyu kül renkli orta-kalın tabakalanmalı, yer yer masif görünümlü, kireçtaşlarından oluşmaktadır.

Alt kesiminde daha ince ve düzgün tabakalı alaklı kireçtaşlarının yer aldığı birim üstte doğru kalın tabakalı, koyu gri, koyu külrengi, genelde mikritik, biyoklastik dokulu, yer yer yanal ve düşey yönde dolomitik kireçtaşı seviyelerine geçiş gösteren kireçtaşları ile devam etmektedir. En üstte ise koyu gri renkli, masif görünümlü çok kalın tabakalı, yer yer dolomitik miliolidli kireçtaşları ile son bulmaktadır.

Altında yer alan Akkuyu formasyonu ile geçişli dokanak ilişkisine sahip olan Akseki kireçtaşı üzerine Seyrandağı kireçtaşı uyumsuz olarak gelmektedir (Şenel ve diğ., 1992, 1998). Ancak inceleme alanında bu iki birim arasındaki dokanak ilişkisi tektoniktir. Akseki kireçtaşı Akkuyu formasyonu ve Kurucaova formasyonu ile yanal ve düşey yönde geçişli dokanak ilişkisine sahiptir.

Makro olarak gastropod, lamelli ve

mercan fosilleri içeren Akseki kireçtaşından derlenen numunelerden aşağıdaki fosil topluluğu tayin edilmiştir;

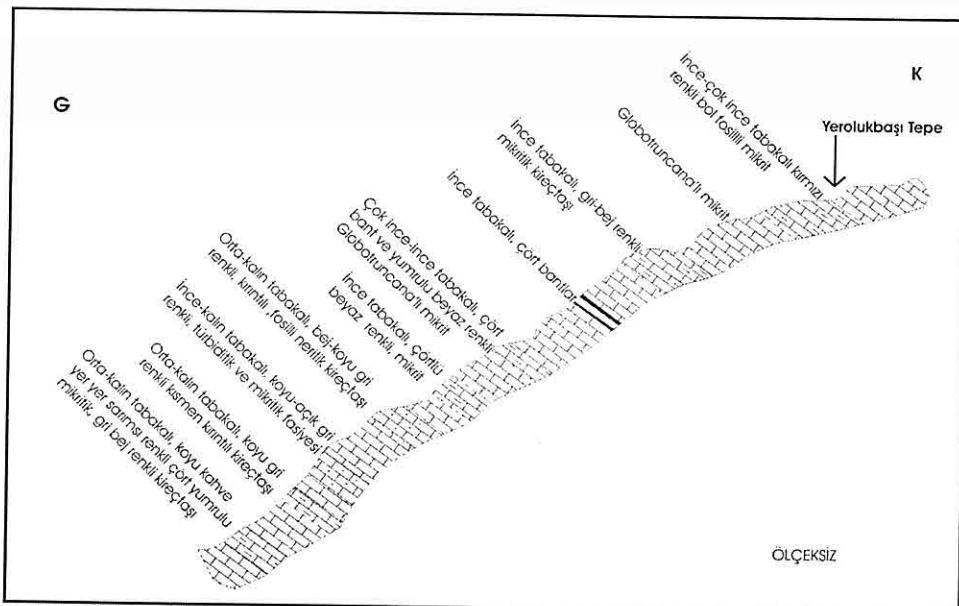
Actinoporella sp.,
Salpingoporella sp.,
Glomospira sp.,
Cuneolina sp.,
Ophthalmodiidae,
Miliolidae,
Valvulinidae,
Ostracoda.

İçerdiği fosil kapsamı ve stratigrafik özelliklerine göre birim Albiyen-Senonyen yaşındadır. Kayatürü özellikleri ve fosil kapsamı, Akseki kireçtaşının oldukça duraylı bir karbonat platformunda çökeldiğini yansıtmaktadır. Akseki kireçtaşı Şenel ve diğ. (1992) tarafından Kurucaova formasyonu ile yanal geçişli olarak değerlendirilerek bu birim içerisinde anlatılmıştır. Akseki kireçtaşı Özgül (1997) tarafından tanımlanan "Polat formasyonu" ile benzer özellikler göstermektedir.

2.4 Seyrandağı Kireçtaşı

Başlıca kireçtaşlarından oluşan birim, ilk kez Demirtaşlı (1987) tarafından adlandırılmıştır.

Anamas-Akseki istifinin inceleme alanındaki en yaygın yüzleklерini oluşturan birimdir. Üzerinde yer aldığı Akseki formasyonu ile olan ilişkisi inceleme alanının tamamında tektonik olarak gözlenen Seyrandağı kireçtaşı; inceleme alanında (Şekil 5) tabanda kirli beyaz-gri renkli, orta-kalın tabakalı yer yer kristalize, seyrek miliolidli kireçtaşları ile başlamaktadır. Yer yer dolomitik



Şekil 5. Seyrandağı kireçtaşına ait enine kesit (Yerolukbaşı mevkii).

kireçtaşları ara seviyelerinin de gözlendiği bu seviyelerin üzerinde resif döküntüsü karakterinde yoğun rudist kırıntılarının izlendiği kireçtaşları seviyeleri yer almaktadır. Bu seviyelerin üzerinde koyu kahve yer yer sarımsı renkli, orta-kalın tabakalı, çört yumrulu mikritik, gri-bej renkli kireçtaşları ve koyu gri renkli kısmen rudist kırıntıları kireçtaşları ardalanması gözlenmektedir. Yaklaşık 30 m kalınlığında izlenen bu ardalanmanın hemen üzerinde 10 m kalınlığında koyu-öpk gri renkli, ince tabakalı, türbiditik ve mikritik kireçtaşları ardalanması izlenmektedir. Daha üstte 25 m kalınlığında gri-bej renkli, orta tabakalı, yaklaşık 10 cm kalınlığında açık beyaz renkli çört bantları içeren yaygın orbitoid içerikli ve rudist kırıntıları kireçtaşları yer almaktadır. Bu kireçtaşlarının üzerindeki

köşeli ve düzensiz mikritik kireçtaşları çakılları içeren bol fosilli türbiditleri ince tabakalı çört bantları içeren beyaz renkli, killi-mikritik kireçtaşları izlemektedir. Yaklaşık 20 m kalınlık sunan bu seviyelerin üzerinde aralarında 15-20 cm kalınlığında çört düzeyleri içeren beyaz renkli, ince tabakalı, Globotruncana içeren killi mikrit-rudist kırıntıları kireçtaşları yer alır. Seyrandağı kireçtaşları en üstte beyaz renkli ince tabakalı yaklaşık 15 cm kalınlığa sahip çört ara seviyeli Globotruncana'lı mikritler ile sonlanmaktadır.

Altında yer alan Akseki kireçtaşları üzerine uyumsuzlukla gelen Seyrandağı kireçtaşının (Şenel ve diğ., 1992, 1998) alt sınır ilişkisi inceleme alanında Akseki kireçtaşısı ile tektonik dokanaklı olarak gözlenmektedir. Seyrandağı formasyonu

üstte İbradi grubunun Bakalasay formasyonu tarafından açısal uyumsuzlukla olarak örtülmektedir. Birim yanal yönde Dumanlı formasyonu ile geçişlidir (Şenel ve.đig.,1998).

Seyrandağı formasyonu inceleme alanında en iyi gözlendiği yer olan Yerolukbaşı tepede 300 m kalınlık sunmaktadır . Seyrandağı formasyonundan derlenen numunelerden yapılan paleontolojik tanımlamalar sonucu aşağıdaki fosiller saptanmıştır;

Cuneolina gr. pavonia HENSON,
Moncharmantia appeninica DE CASTRO,
Siderolites calcitropoides LAMARCK,
Orbitoides medius (D'ARCHAC),
Globotruncana bulloides VOGLER,
Globotruncana arca (CUSHMAN),
Globotruncana linneina (D'ORBIGNY),
Gansserina gansseri (BOLLI),
Globotruncana stuarti (DE LAPPARENT),

Rudist.

Bu fosil topluluklarına göre; Seyrandağı formasyonunun yaşı Üst Senonyen (Kampaniyen-Maestrihiyen) olarak belirlenmiştir.

Altında yer alan birimler üzerinde transgresif olarak gözlenen Seyrandağı kireçtaşının kayatürü ve fosil kapsamı istifin karbonat platformu koşullarında çökeldiğini işaret etmektedir. Birim üstte doğru resif önü - yamaç fasiyesi karakterini sunmaktadır. Bu özellik Seyrandağı kireçtaşının çökeldiği ortamın giderek derinleştiğini göstermektedir Seyrandağı kireçtaşı üzerine İbradi

grubuna ait birimler uyumsuzlukla gelmektedir (Resim 2). Birim Martin (1969) tarafından tanımlanan "Supraboksitik Kretase", Özgül (1997) tarafından tanımlanan "Çataloluk kireçtaşı", Turan (1990) tarafından tanımlanan "Saytepe formasyonu" ile benzer özellikler göstermektedir.

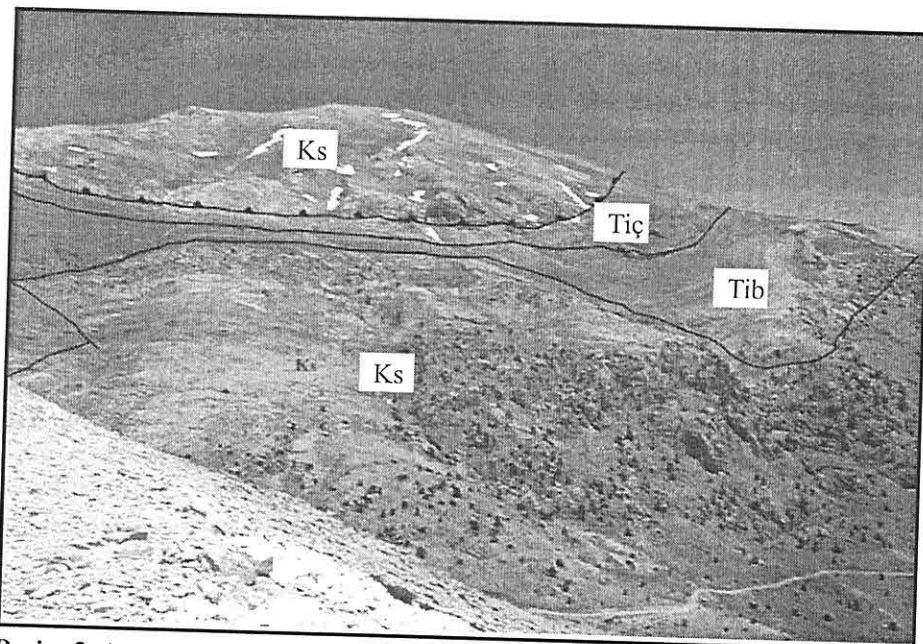
2.5. İbradi Grubu (Ti)

Anamas-Akseki istifinin en üst kesimini oluşturan Geç Paleosen-Orta Eosen yaşlı fliş niteliğindeki kayatürleri Şenel ve.đig. (1992) tarafından "İbradi grubu" olarak adlandırılmıştır. Birim daha önce Martin (1969) tarafından "İbradi fliş", Demirtaşlı (1987) tarafından ise "Gümüşdamla formasyonu" olarak adlandırılmıştır. İbradi grubu, tabanda karbonatların egemen olduğu "Bakalasay formasyonu" ile üstte daha çok kırıntılarının egemen olduğu "Çaşırıyla formasyonu" tarafından temsil edilmektedir.

2.5.1. Bakalasay formasyonu

Tabanda konglomeralar ile başlayıp, mikritik kireçtaşı, kumlu-killi kireçtaşı, marn ve kırıntılı ardalanmalarından oluşan birim ilk olarak Demirtaşlı (1987) tarafından adlandırılmıştır.

İbradi grubunun alt birimi olan Bakalasay formasyonu, altında yer alan Seyrandağı kireçtaşının üzerine inceleme alanında en iyi gözlendiği yer olan Bakalasay mevkiinde (Şekil 6) yaklaşık 1,5 m kalınlığına sahip orta-kötü boyalımlı, çakıltaları ile başlamaktadır. Polijenik olan bu çakıltaları başlıca

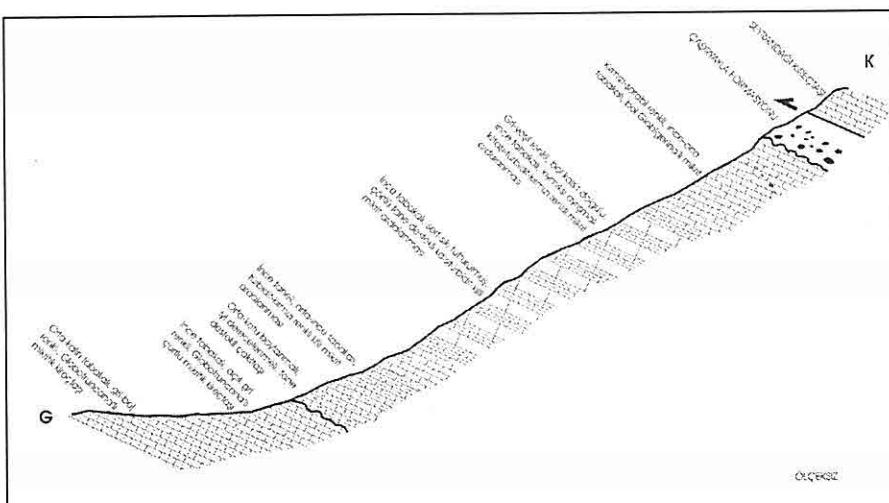


Resim 2. Anamas-Akseki otoktonunun Geyik Dağı güneyindeki yüzeylemeleri (Bakış yönü kuzeydoğuya doğrudur).

mikrit, kireçtaşı, serpentin, çört, bazik volkanit ve metamorfik kayaç parçalarından oluşmaktadır. Bu seviyelerin üzerinde ince taneli mika pulcukslu turbidit karakterinde kırıntıları yer almaktadır. Kırıntılı seviyelerin üzerinde ince tabakalı, çörtlü, gri renkli killi mikritik kireçtaşı, turbidit, kırmızı renkli killi mikrit ardalanması gözlenmektedir. Yaklaşık 6 m olarak izlenen bu seviyeleri 3 m kalınlığa sahip ince tabakalı, gri-açık yeşil, şarabi renkli killi mikritik kireçtaşları izlemektedir. Bu düzeyleri de ince tabakalı, sert-sıkı çimentolanılmış, çörtlü-tane destekli karbonat çimentolu ince-çok ince taneli kırıntıları, gri-bej renkli killi mikritik kireçtaşı ardalanması gözlenmektedir. 10 m kalınlığındaki bu düzeylerde yer alan turbiditler yoğun mika

pulcuksları içermektedir. Bunların üzerinde yaklaşık 10 m kalınlığında kırıntıları, yeşil renkli marn, killi-mikritik kireçtaşı ardalanması yer almaktadır. Bu düzeyleri kahverengi, mika pulcukslu, fosilli, 0,3-0,5 cm çapında çakıllar içeren kırıntıları izlemektedir. Bunların üzerinde şarabi renkli killi mikritik kireçtaşları yer almaktadır. Kireçtaşları üzerinde kaba taneli mikritik kireçtaşları ile başlayan gri-beyaz-bej renkli killi-mikritik kireçtaşlarına geçiş gösteren toplam 25 m kalınlığında 3 ayrı sekans gözlenmektedir. Her bir sekansın tabanında yer alan kumtaşı ve kiltaşları 1,5-2 m., kalan 5 m.lik kesim ise ince taneli kırıntılarından mikritlere geçiş göstermektedir. Turbidit karakterdeki kırıntılı tabakaları 4 cm-1 m arasında kalınlıklara sahipken mikritler 4-

ORTA TOROSLAR'DA NAMARAS- EĞRİGÖL ARASINDA YÜZEYLEYEN ANAMAS AKSEKİ İSTİFİ'NİN STRATİGRAFİSİ



Sekil 6. Bakalasay formasyonuna ait enine kesit (Bakalasay mevkii).

5 cm kalınlığında izlenmektedir. Yoğun çört bantları gözlenen mikritlerde bol miktarda mika pulcukları gözlenmektedir. Daha üstte yaklaşık 11 m kalınlığında, kaba taneli, kahverengi-bej turbiditler yer almaktadır. Bunların üzerinde ise iri taneli, iyi derecelenmeli, karbonat çimentolu, iyi yıkanmış, serpentin parçaları ve bol Nummulit fosili içeren ve üst kesimlerinde ince taneli mikritlere geçen 40 m'lik bir düzey gözlenmektedir. Yaklaşık 10 m kalınlığında ince-çok ince tabakalı yer yer kalsit dolgusu içeren mikritler bu seviyeleri örtmektedir. Daha üstte 20 m kalınlığında kirintılılar ve killi kireçtaşları ardalanmasından oluşan içinde üç ayrı sekansın izlendiği bir düzey yer almaktadır. Makro ölçekte tabanda kaba taneli, orta seviyelerde orta-ince taneli, üst seviyelerde ise ince taneli kirintılılardan marnlara geçiş gözlenmektedir. Bu üçlü sekansın üzerinde gri-bej-kahverenkli bol

çört sıvama ve bantlı marnlar ile kırıntıları yaklaşık 25 m kalınlığında izlenmektedir. Üstte 30 m kalınlığında gri-yeşil renkli, bol kalsit dolgulu, ince tabakalı-kiymiksı kırıklı mikrit, çört banlı, karbonat çimentolu ince taneli türbidit, gri-yeşil renkli kiltaşları, şarabi renkli kiltaşları, şarabi renkli bol fosilli kırmızı-bordo renkli mikritik kireçtaşları yer almaktadır. Bu istifin üzerinde 10 m kalınlığında şarabi renkli, ince-çok ince tabakalı, yeşil renkli marn, sarı-kahverengi ince taneli kumtaşı-kiltaşı ardalanması yer alır. Üstte orta-kalın tabakalı, açık gri renkli, bol kalsit dolgulu, plaket görünenlü, karbonat çimentolu kalsitürbiditler bulunmaktadır. Bununda üzerinde 15 m kalınlığında gri yeşil renkli, çört mercekleri içeren marnlar gözlenmektedir.

tabakalı, Globigerina'lı kireçtaşları yer almaktadır

Seyrandağı kireçtaşı üzerine açısal uyumsuzlukla gelen Bakalasay formasyonu Çasıryayla formasyonu tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir.

Bakalasay formasyonu tanımlandığı ve inceleme alanında en iyi gözlendiği yer olan Bakalasay mevkiinde 260 m kalınlık sunmaktadır.

Bakalasay formasyonundan derlenen numunelerden aşağıdaki fosil topluluğu tayin edilmiştir.

Morozovella gracilis (BOLLI),

Morozovella aequa (CUSHMAN ve YAKUT-KEY RENZ),

Morozovella aragonensis (NUTTALL),

Discocyclina seunesi (DOUVILLE),

Distichopla biserialis (DIETRICH),

Nummulites sp.,

Alveolina sp.,

Discocyclina sp.

Globigerina sp.,

Rotalia sp.

Bu fosil topluluklarına göre birimin yaşı Üst Paleosen-Alt/Orta Eosen olarak belirlenmiştir.

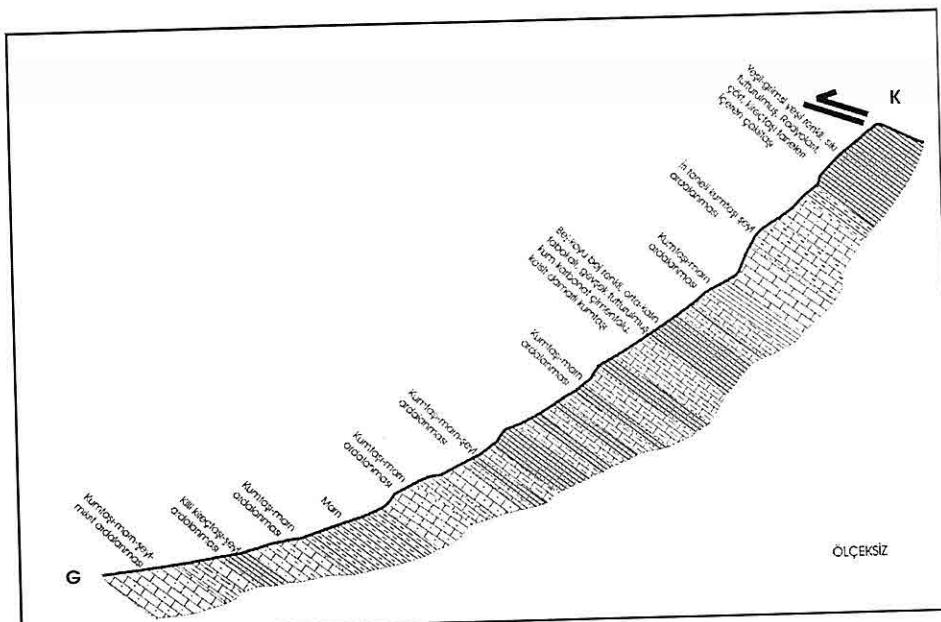
Transgresif özellikte olan Bakalasay formasyonunun fosil topluluğu ve sahip olduğu kaya türü özellikleri dikkate alındığında Bakalasay formasyonu, türbiditik akıntıların etkin olduğu denizel koşullarında çökelmiştir. Bentik foraminifer içeriği, Bakalasay formasyonunun çökelim alanının resifal ortamdan uzakta olmadığını vurgulamaktadır.

2.5.2 Çasıryayla formasyonu (Tiç)

İnceleme alanında tabanda konglomeralarla başlayıp, türbiditlerle devam eden ve fliş niteliğinde kaya türleri ile sonlanan birim ilk kez (Özgül, 1971, Şenel ve diğ., 1992'den) tarafından tanımlanmıştır.

Anamas-Akseki istifinin en genç birimi olan Çasıryayla formasyonu (Şekil 7) tabanda 25 m kalınlığa kadar ulaşan, kalın tabakalı, yuvarlak, köşeli çört, kireçtaşı, mikritik kireçtaşı vb. çakılları ile inceleme alanının güneyinde yüzeyleyen Alanya masifine ait olabilecek metamorfik kayalardan türeme çakıllar içeren konglomeralarla başlamaktadır. Karaboyuzlar yayla ile Çasıryayla yolunun kesiştiği yerde Kızılıkaya çeşmesinin doğusunda gözlenen bu konglomeralar içerisinde yoğun Nummulites fosilleri gözlenmektedir. Konglomeraların üzerinde ise ince-orta tabakalı (yaklaşık 10 cm) 20 m kalınlığa sahip gri-yeşil renkli, kalsit damarlı, karbonat cimentolu, sıkı cimentolanmış, radyolarit, çört, kireçtaşı, ofiyolit taneli türbiditik kumtaşları yer almaktadır. Bu türbiditik kumtaşlarının üzerinde breşik bol Nummulit'li, bryozoa ve ekinid parçaları içeren kireçtaşları bulunmaktadır. Kireçtaşlarının üzerinde çok kalın (15-20 cm) çört bantları içeren gri-yeşil-kırmızı renkli Globotruncana'lı mikritler ve türbiditik kumtaşlarından oluşan bir ardalanmalı düzey yer almaktadır. Yaklaşık 4 m kalınlığında sarımsı-bej renkli, karbonat cimentolu, bol organizma kirintili, ince taneli hafif limonitleşmelerin görüldüğü bir seviye ile devam eden istif

ORTA TOROSLAR'DA NAMARAS- EĞRİGÖL ARASINDA YÜZEYLEYEN ANAMAS, AKSEKİ İSTİFİ'NİN STRATİGRAFİSİ



Sekil 7. Casiryayla formasyonuna ait enine kesit (Kubuslar yayla).

üste 11 m kalınlığa sahip olan yeşilimsi gri-kırmızı renkli killi karbonat-kırmızı şeyl ardalanmasına geçmektedir. Bu seviyelerin üzerinde 50 m kalınlığında gri-bej-kahverenkli, orta-kalın tabakalı organizma kırıntılı, radyolarit, çört, serpantin ve karbonat taneleri içeren sıkı çimentolanmış, ince-orta taneli türbiditik kumtaşları yer almaktadır. Bu istif üstte 100 m kalınlığında karbonat çimentolu, kumtaşı-marn-şeyl ardalanmasına geçmektedir. Bu seviyelerin üzerinde 60 m kalınlığında, aralarında 5-10 cm kalınlığında kumtaşı bantları içeren, marnlardan oluşan tekrarlanmalı bir seviye yer almaktadır. Yaklaşık 25 m kalınlığında kumtaşı-şeyl-marn ardalanması ile devam eden istifin üzerine, 1 m. kalınlığında bordo renkli, ince tabakalı şeyller

gelmektedir. Şeyllerin üzerinde 2 m kalınlığında orta-kalın tabakalı, tabanda iri taneli, üstte doğru derecelenme göstererek şeyllere geçen bir istif yer almaktadır. Kumtaşısı; kireçtaşısı, radyolarit, çört, serpantin kökenli taneler içerisinde bol Nummulites kavaklıları da kapsamaktadır. İstif üstte 10 m kalınlığında kumtaşısı-marm-seyl ardalanması ile son bulmaktadır.

Anamas-Akseki istifinin en üst seviyesini oluşturan Çasıryayla formasyonu, Bakalasay formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelirken, inceleme alanının kuzeyinde Hadim napı ve Eğrigöl napına ait birimler, güney kesimde ise Çataltepe napına ait birimler tarafından tektonik olarak üzerlenmektedir. İnceleme alanının genelinde ise alüvyon ve morenler tarafından açısal uyumsuzlukla

üzerlenmektedirler.

Çaşırıayla formasyonu inceleme alanında 250 m'lik bir kalınlık sunmaktadır. Çaşırıayla formasyonundan derlenen numunelerden yapılan paleontolojik tanımlamalar sonucu aşağıdaki fosil toplulukları saptanmıştır;

Nummulites millecaput (BOUBEE),
Nummulites gallensis (HEIM),
Assilina exponens (SOWERBY),
Acarinina bulbrookii (BOLLI),
Fabiana cassis,
Nummulites sp.,
Assilina sp.,
Alveolina sp.,
Discocyclina sp.,
Asterodiscus sp.

Bu fosil topluluklarına göre birim Lütesiyen (Orta Eosen) yaşıdadır.

Çaşırıayla formasyonunun fosil içeriği ve kayatürü, resife çok uzak olmayan duraysız pek derin olmayan denizel ortam koşullarını yansımaktadır. Orta Eosen yaşlı bu birim Martin (1969) tarafından İbradı flişi, Demirtaşlı (1987) tarafından ise Bakalasay formasyonu içerisinde anlatılmıştır.

3. SONUÇLAR

İnceleme alanında; Anamas-Akseki istifi içerisinde Jura yaşlı neritik karbonatlarla temsil edilen Kurucaova formasyonu, ince-orta tabakalı, gri-beyaz renkli, büklümçülü, iyi tabakalanmalı plaket görünümlü kireçtaşlarından oluşan Akkuyu formasyonu, Erken Kretase yaşlı neritik karbonatlardan oluşan Akseki

168

formasyonu, Geç Senonyen yaşlı kireçtaşlarından oluşan Seyrandağı formasyonu, konglomeralar ile başlayıp, mikritik kireçtaşı, kumlu-killi kireçtaşı, marn ve türbidit ardalanmalarından oluşan Geç Paleosen-Orta Eosen yaşlı Bakalasay formasyonu ile fliş niteliğinde, konglomera, kumtaşı ve kilitaşlarından oluşan Lütesiyen yaşlı Çaşırıayla formasyonu olmak üzere 6 adet kayastratigrafi birimi ayrıtlanarak haritalanmıştır. Seyrandağı kireçtaşı ile Bakalasay formasyonu arasında bir açısal uyumsuzluk; ayrıca Çaşırıayla formasyonu tabanında da Üst Lütesiyen yaşlı bir uyumsuzluk tespit edilmiştir.

4. KATKI BELİRTME

Bu çalışma Ç.Ü. Araştırma Fonu desteğinde (FBE/96/88) Doktora tezinin bir bölümü olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma için gerekli desteği sağlayan Ç.Ü. Araştırma Fonu Başkanlığına, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğüne, Dr. Mustafa ŞENEL'e ve fosil tanımlamalarını yapan Prof. Dr. Sefer ÖRÇEN ile Kemal ERDOĞAN'a teşekkür ederiz.

5. KAYNAKLAR

Demirtaşlı, E., 1987, Batı Toroslar'da Akseki, Manavgat ve Köprülü arasında kalan bölgenin jeoloji incelemesi, MTA rap. No:8779 (yayınlanmamış), Ankara.

Martin, C., 1969, Akseki kuzeyindeki bir kısım Torosların stratigrafik ve tektonik incelenmesi. MTA Derg., 72, 158-175, Ankara.

Monod, O., 1977, Recherches

*ORTA TOROSLAR'DA NAMARAS- EĞRİGÖL ARASINDA YÜZEYLEYEN ANAMAS
AKSEKİ İSTİFİ'NİN STRATİGRAFİSİ*

- geologiques dans le Taurus occidental au sud de Beysehir (Turquie): Thése, Univ., Paris-Sud, Orsay, 442s.*
- Özgül, N., 1971, *Orta Torosların kuzey kesiminin yapısal gelişiminde blok hareketlerinin önemi: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 14/1, 85-101.*
- Özgül, N., 1976, *Torosların bazı temel jeolojik özellikleri: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 19/1, 65-77., Ankara.*
- Özgül, N., 1997, *Bozkır-Hadım-Taşkent (Orta Toroslar'ın kuzey kesimi) dolayında yer alan tektonostratigrafik birimlerin stratigrafisi: M.T.A. Dergisi, s.119, 113-173., Ankara.*
- Şenşenel, M., Dalkılıç, H., Gedik, İ., Serdaroğlu, M., Bölükbaşı, S., Metin, S., Esentürk, K., Bilgin, A.Z., Uğuz, F., Korucu, M., Özgül, N., 1992, *Eğirdir-Yenişarbadem-Gebiz-Geriş-Köprüülü (İsparta-Antalya) arasında kalan alanların jeolojisi, MTA Rapor No: 9390-* TPAO Rapor No: 3132 (yayınlanmamış), 559s., Ankara.
- Şenşenel, L., M., Akdeniz, N., Öztürk, E.M., Özdemir, T., Kadımkız, G., Metin, Y., Öcal, H., Serdaroğlu, M. ve Örçen, S., 1994, *Fethiye (Muğla)-Kalkan (Antalya) ve kuzeyinin Jeolojisi: MTA Rap. 9761,* (yayınlanmamış), Ankara.
- Şenel, M., 1997, *1/250000 ölçekli Türkiye Jeoloji haritaları, Fethiye paftası, No:2, MTA, Ankara*
- Şenel, M., Dalkılıç, H., Gedik, İ., Serdaroğlu, M., Metin, S., Esentürk, K., Bölükbaşı, A.S., ve Özgül, N., 1998, *Orta Toroslar'da Güzelsu koridoru ve kuzeyinin jeolojisi-Türkiye, MTA Derg. 120.*
- Turan, A., 1990, *Toroslar'da Hadım (Konya) ve Güneybatısının Jeolojisi, Stratigrafisi ve Tektonik gelişimi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Müh. Anabilim Dalı, Doktora tezi, 211s., Konya.*

**BERDAN NEHRİ (TARSUS) KEŞBÜKÜ-KULAKLI KÖYLERİ ARASI AĞIR
METAL ANALİZLERİ VE MEVSİMSEL HİDRO-JEOKİMYASAL
DEĞİŞİMLERİ**

Yusuf TOPAK, Servet YAMAN

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

ÖZET: *Dünyada insan nüfusunun hızla artmasına karşın tatlı su kaynakları sabit kalmaktadır. Bu durum mevcut kaynakların korunmasını ve bu kaynakların ekonomik olarak kullanılmasını gün geçtikçe daha zorunlu hale getirmektedir. Bu çalışmada Çukurovadan akarak Doğu Akdeniz'e dökülen Berdan nehrinin fiziksel ve kimyasal parametrelerinin değişimi ve olası kirlilik düzeyi saptanmaya çalışılmıştır. Bu amaçla Berdan nehri üzerinde belirlenen 6 örnekleme istasyonundan 12 ay süresince örnekleme yapılmış ve derlenen örnekler su kimyası ana bileşenleri ve ağır metal analizlerine tabi tutulmuştur. Yapılan analizler sonucunda, Koson dere'de anyon-katyon derişiminin, ana kol üzerinde Cr miktarının ve tüm istasyonlarda ise Pb miktarının yüksek olduğu belirlenmiştir. Elde edilen yüksek Cr ve Pb değerlerinin, suyun temasta bulunduğu ofiyolitik birimlerdeki Cr ve genel Toros kuşağı karbonatlarında görülen Pb cevherleşmelerinden, Koson dere'de gözlenen yüksek anyon katyon derişiminin ise yine suyun temasta bulunduğu lagün çökellerinden ve bu alanlarda kullanılan tarım gübre ve ilaçlarından kaynaklandığı saptanmıştır. Bölgede gözlenen Cr ve Pb kirliliği doğal kaynaklı iken SO_4 kirliliği antropojeniktir.*

**HEAVY METAL ANALYSES AND SEASONAL HYDRO-GEOCHEMICAL
CHANGES IN THE BERDAN RIVER (TARSUS) BETWEEN KEŞBÜKÜ
AND KULAKLI**

ABSTRACT: *Despite the high population growth in the world the water sources remain the same. Therefore, protection and economical usage of these sources became vital. In this study, the physical and chemical changes and probable contamination levels of the Berdan river in the Çukurova region are investigated. Monthly water samples were taken at 6 different locations during 1 year period. The anion-cation and heavy metal analyses were made regularly. The results show that the anion-cation concentration in the one of the branches of Berdan river (Koson stream), Cr amount in the other branches of the river and Pb concentration along the entire river are high. High Cr and Pb amounts were caused by the ophiolitic series and carbonates with Pb concentrations in the drainage area respectively. Usage of chemical substances such as fertilizers in agriculture and the characteristics of lagun deposits caused the high anion-cation concentrations in the Koson stream. While, Cr and Pb concentrations are from the natural in origin, the SO_4 contamination is antropogenic.*

1. GİRİŞ

Nehir suları üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda nehir suyunun kimyasal ve fiziksel yapısının bir çok faktörün etkisinde olduğu ortaya çıkarılmıştır.. Nehir suyu üzerinde etken olan faktörler hidrolojik çevrim sırasında buharlaşmadan itibaren kendini göstermeye başlar ve suyun tekrar denizler veya göllere dönene kadar etkisini sürdürmeye devam eder. Yeryüzünde tatlı su miktarının az ve kısıtlı olması mevcut olan kaynakların en iyi şekilde kullanılmasını ve korunmasını zorunlu kılmaktadır. Tatlı su kaynaklarından olan nehir sularının kullanımı ve korunumu bu suların fiziksel ve kimyasal karekterlerinin tespiti ve buna neden olan kaynakların belirlenmesiyle olur. Nehir sularının kimyasal yapısı temasta bulunduğu kayalarla yakın ilişkilidir. Ekolojik olarak büyük öneme sahip nehir sularının araştırılmasına örnek oluşturulması açısından Berdan nehrinden derlenen su örneklerinin analizi yoluyla Berdan nehri sularının olası kirlilik ve kirliliğe neden olan unsurların saptanması amaçlanmıştır.

2. JEOLOJİ

Gözlem altında tutulan drenaj sistemi Devoniyen-Kuvaterner zaman aralığında oluşmuş otokton, allokton ve göreceli otokton nitelikli sedimanter, magmatik ve metamorfik kayalarla ilişkidedir (Şekil 1). Berdan nehri kuzeyden itibaren kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, killi kireçtaşı, şeyl, kuvarsit, kumtaşı, çamurtaşı bileşimli Paleozoyik ve Mesozoyik birimleri

îçerisinde başlar. Güneye gidildikçe düşük eğimli yatay kireçtaşı, killikireçtaşı, şeyl, kumtaşı, kultaşı, ve evaporitik Tersiyer birimleri içinden geçer ve son olarak yatay konumlu Kuvaterner birimlerinden sonra denize dökülür

3. MATERİYAL VE METOD

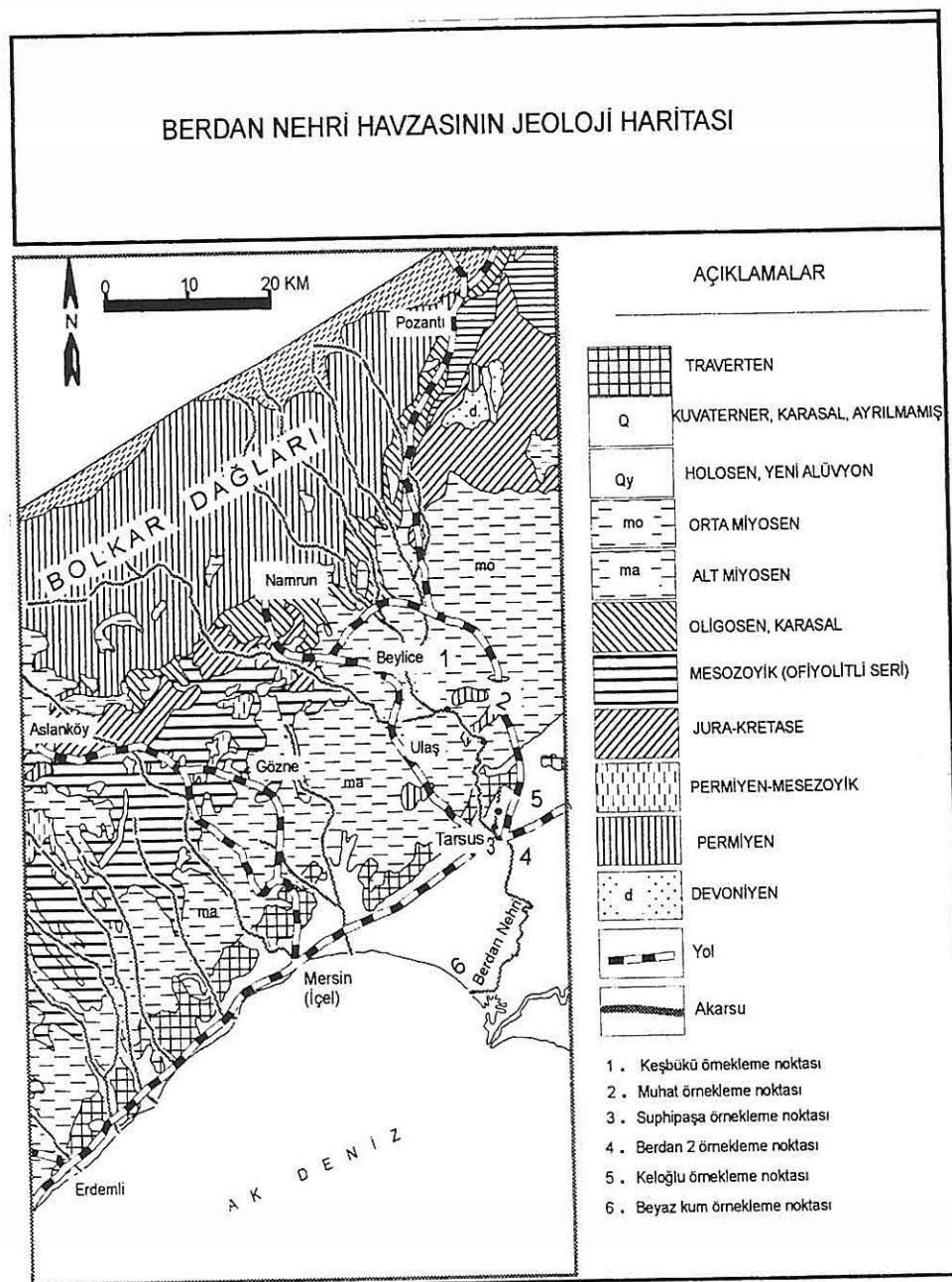
Çalışmanın başlangıcında Berdan nehri üzerinde 5 adet örnekleme istasyonu tespit edilmiş daha sonra bu sayı 6'ya çıkarılmıştır. Örnekleme istasyonlarının seçiminde bölgenin jeolojik yapısı göz önünde bulundurulmuştur. Keşbüük, Muhat, Berdan II istasyonları Berdan nehri üzerinde yer alırken Suphipaşa ve Keloğlu istasyonları Berdan nehri'ne bağlanan ve daha küçük bir kol olan Koson Dere üzerinde yer almaktadır. Beyaz Kum istasyonu bu iki kolu birleştirm noktasından daha aşağıda Berdan nehri'nin denize en yakın noktasından alınmıştır. Bu istasyonlardan 1995 yılı Ekim ayından başlayarak 12 süresince su örnekleri derlenmiştir. Derlenen örneklerde fiziksel analizler, anyon-katyon ve ağır metal analizleri yapılmıştır.

Analizler sırasında gravimetrik, volumetrik ve aletsel analiz metodları kullanılmıştır. Aletsel analizlerde Atomik Absorbsiyon Spektrometresi (AAS) ve Alev fotometresi kullanılmıştır.

Örneklerin pH, Sıcaklık (T), Elektriksel kondüktivimetre (EC) ve Tuzluluğu (S) gibi fiziksel özelliklerini YSI 33 model kondüktivimetreyle arazide ölçülmüştür.

Su örnekleri arazi dönüsü süzülmüş ve hemen anyon-katyon analizlerine başlanmıştır. Ca, Mg, Cl, CO_3^{2-} ve

BERDAN NEHRİ (TARSUS) KEŞBÜKÜ-KULAKLI KÖYLERİ ARASI AĞIR METAL
ANALİZLERİ VE MEVSİMSEL HİDRO-JEOKİMYASAL DEĞİŞİMLERİ



Şekil 1. Çalışma Alanının Genel Jeoloji Haritası (MTA 1/50000) ve İstasyonlar.

HCO_3^{-2} , analizleri volumetrik metodla, SO_4^{2-} analizi gravimetrik yolla, Na^{+2} ve K^{+2} değerleri Alev spektrometresinde okunmuştur. Ca^{+2} - Mg^{+2} , Cl^- , CO_3^{-2} ve HCO_3^{-2} analizleri TS 266 ya göre yapılmıştır.

3. VERILERIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Analizler sonucunda elde edilen veriler (Çizelge 1) çeşitli kullanım alanları, kimyasal sınıflamalar ve mevsimsel değişimleri gözlemek amacıyla grafik ve diyagramlara yerleştirilmiştir.

Kimyasal sınıflama

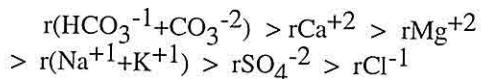
Istasyonlardan elde edilen verilerin Piper (1944), Stiff (1952) ve Schoeller (1962)'e göre kimyasal sınıflaması yapılmıştır.

Her istasyona ait oniki aylık anyon-katyon verileri piper diyagramına işlenmiştir (Şekil 2, 3, 4).

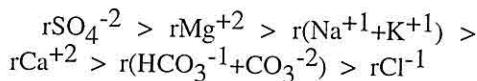
Keşbükü, Muhat ve Berdan II istasyonlarından alınan su örnekleri piper diyagramında 5 nolu alana düşmektedir. Bu alan Karbonat sertliği % 50 den fazla ve $\text{Ca}+\text{Mg}>\text{Na}+\text{K}$ olan suları tanımlamaktadır. Bu istasyonlardan gelen suların CaCO_3 'lı birimlerle etkileşim halinde olması bu karekteri kazanmasını sağlamıştır. Suphipaşa istasyonu örnekleri 9 nolu alana düşmektedir. 9 nolu alan iyonların hiçbirini % 50'yi geçmeyen karışık sular, $\text{SO}_4+\text{Cl}>\text{HCO}_3+\text{CO}_3$ tipini tanımlamaktadır. Keloğlu istasyonunun Şubat ve Nisan aylarına ait su örnekleri 6 nolu alana karşılık gelmektedir. Karbonat

olmayan sertliği % 50'den fazla, CaSO_4 , Mg SO_4 CaCl_2 , MgCl_2 tipindeki sular 6 nolu alana ifade etmektedir. Bu istasyonun Ağustos ve Eylül ayı su örnekleri 5 nolu alana diğer aylarda 9 nolu alana düşmektedir. Beyaz Kum istasyonu örnekleri Ekim ve Aralık ayları dışında 5 nolu alana bu aylarda ise 9 nolu alana düşmektedir. Yağışın fazla olduğu aylarda Şubat-Mart-Nisan) çözünürlüğün artması ve debinin yükselmesi ile suların kimyasal bileşimlerinde değişim gözlenmektedir.

Berdan nehri üzerindeki Keşbükü, Muhat, Berdan II ve Beyaz Kum istasyonları



Kalsiyum Bikarbonat, Koson Dere üzerindeki Suphipaşa ve Keloğlu istasyonları ise



şeklindeki iyon sıralanımı ile Magnezyum Sülfat tipindedirler.

Schoeller (1962)'e göre Berdan nehri üzerindeki istasyonların suları klorür derişimine göre: Olağan Klorürlü, sülfat derişimine göre: Olağan Sulfatlı, karbonat+bikarbonat derişimine göre: Olağan Karbonatlı sular (Şekil 5, 6), Koson Dere üzerindeki istasyonların su örnekleri; klorür derişimine göre: Olağan Klorürlü, sülfat derişimine göre: Oligo Sulfatlı, karbonat+bikarbonat derişimine

*BERDAN NEHRİ (TARSUS) KEŞBÜKÜ-KULAKLI KÖYLERİ ARASI AĞIR METAL
ANALİZLERİ VE MEVŞİMSEL HİDRO-JEOKİMYASAL DEĞİŞİMLERİ*

Çizelge 1. İstasyonlara ait oniki aylık anyon-katyon, kurşun, ve krom miktarları (mg/l)

İstasyonlar	AYLAR	Na	K	Ca	Mg	HCO ₃	CO ₃	Cl	SO ₄	Pb	Cr
Keşbükü	MAYIS	1,8	0,2	36,1	4,9	115,9	2,7	5,3	14,0	0,1	0,0
	HAZİRAN	3,2	0,2	28,1	9,8	122,0	3,0	7,1	10,7	0,0	0,017
	TEMMUZ	5,6	0,5	40,1	12,2	146,4	7,5	3,5	33,3	0,0	0,017
	AĞUSTOS	8,8	0,8	26,1	13,4	148,9	3,0	8,9	9,9	0,0	0,00
	EYLÜL	5,2	0,4	48,1	11,0	172,1	3,6	12,4	7,0	0,0	0,00
Muhat	EKİM	11,8	1,0	44,4	11,0	170,8	0,0	18,4	11,9	0,0	0,178
	KASIM	12,0	0,8	48,1	12,2	183,1	0,0	16,0	17,7	0,1	0,00
	ARALIK	8,0	0,6	46,1	15,9	195,3	0,0	10,6	14,0	0,0	0,008
	OCAK	6,7	0,6	60,1	14,7	231,9	0,0	8,9	22,2	0,0	0,029
	ŞUBAT	4,0	0,4	46,1	15,9	189,2	6,0	3,5	28,4	0,0	0,021
	MART	3,0	0,5	45,9	13,4	183,1	3,0	1,8	11,9	0,1	0,015
	NİSAN	1,7	0,7	52,1	6,1	164,7	3,0	0,0	8,2	0,0	0,010
	MAYIS	1,6	0,2	36,1	6,1	128,1	4,5	3,5	9,9	0,1	0,00
	HAZİRAN	2,9	0,2	36,1	7,3	140,3	3,0	6,0	11,9	0,0	0,011
	TEMMUZ	5,6	1,3	42,1	11,0	155,6	6,0	7,1	23,5	0,0	0,000
	AĞUSTOS	9,2	0,8	24,0	22,0	161,7	4,5	10,6	12,3	0,0	0,000
	EYLÜL	5,4	0,6	48,1	11,0	195,3	3,6	11,3	9,9	0,0	0,000
Suphipaşa	EKİM	73,6	3,4	70,6	33,0	250,2	0,0	117,7	131,3	0,0	0,000
	KASIM	56,0	2,6	64,1	25,7	263,9	0,0	72,7	103,7	0,1	0,000
	ARALIK	193,3	5,8	162,3	86,8	344,7	0,0	191,4	625,9	0,0	0,006
	OCAK	166,7	6,2	150,3	100,2	335,6	0,0	132,9	671,6	0,0	0,021
	ŞUBAT	128,0	7,4	136,3	132,0	286,8	12,0	120,5	855,9	0,0	0,000
	MART	183,5	7,1	160,3	102,7	323,4	6,0	65,6	740,3	0,0	0,000
	NİSAN	222,2	6,7	162,3	130,8	323,4	6,0	180,8	861,3	0,0	0,000
	MAYIS	44,4	2,4	64,1	53,8	207,5	6,0	56,7	182,7	0,0	0,000
	HAZİRAN	58,7	3,6	66,1	25,7	195,3	9,0	56,7	183,1	0,0	0,029
	TEMMUZ	126,0	3,3	68,1	48,9	238,0	13,5	152,4	252,2	0,0	0,000
	AĞUSTOS	94,0	3,3	40,1	34,2	186,1	4,5	88,6	158,4	0,1	0,000
	EYLÜL	126,0	3,5	98,2	44,0	289,8	3,9	150,7	229,6	0,0	0,000
Berdan II	EKİM	13,0	1,4	44,4	11,0	170,8	0,0	16,0	12,8	0,0	0,018
	KASIM	13,3	1,0	48,1	18,3	198,3	0,0	21,3	20,2	0,1	0,000
	ARALIK	13,3	1,0	56,1	8,6	192,2	0,0	14,2	21,4	0,0	0,006
	OCAK	8,0	1,0	56,1	12,2	201,4	0,0	12,4	29,2	0,0	0,021
	ŞUBAT	8,0	1,0	52,1	17,1	207,5	3,0	10,6	43,2	0,0	0,014
	MART	3,3	0,9	63,8	11,0	219,7	4,5	5,3	18,5	0,0	0,000
	NİSAN	2,7	0,4	52,1	7,3	176,9	3,0	3,5	10,3	0,0	0,000
	MAYIS	2,7	0,4	48,1	6,1	152,5	3,0	14,2	14,4	0,0	0,000

Çizelge 1'in devamı

	HAZİRAN	3,7	0,5	44,1	8,6	148,3	6,0	12,4	16,5	0,0	0,011
	TEMMUZ	14,4	0,8	44,1	11,0	146,4	9,0	7,1	26,3	0,0	0,000
	AĞUSTOS	15,2	0,8	20,0	19,6	161,7	4,5	14,2	12,8	0,0	0,000
	EYLÜL	10,0	1,0	50,1	12,2	172,1	3,0	18,4	15,6	0,0	0,000
Keloğlu	EKİM	46,7	6,2	54,4	25,7	213,6	0,0	93,9	76,1	0,0	0,008
	KASIM	69,3	3,2	65,1	43,4	305,1	0,0	88,6	111,9	0,1	0,000
	ARALIK	193,3	5,2	124,2	78,2	387,5	0,0	212,7	434,1	0,0	0,012
	OCAK	193,3	6,2	136,3	117,3	381,4	0,0	120,5	661,3	0,0	0,036
	ŞUBAT	192,7	7,4	152,3	161,3	292,9	6,0	173,7	1085,1	0,1	0,021
	MART	195,6	7,8	159,5	124,7	350,8	7,5	132,9	838,2	0,1	0,015
	NİSAN	88,9	3,3	76,1	58,7	244,1	6,0	60,3	2864,0	0,0	0,010
	MAYIS	48,9	2,4	56,1	53,8	213,6	10,5	56,7	171,2	0,0	0,000
	HAZİRAN	32,5	2,4	44,1	46,4	189,2	12,0	56,7	102,1	0,1	0,011
	TEMMUZ	29,6	2,3	20,0	31,8	143,4	12,0	24,8	97,9	0,0	0,000
	AĞUSTOS	36,0	2,3	24,0	34,2	186,1	7,5	31,9	54,3	0,0	0,011
	EYLÜL	16,8	2,0	54,1	18,3	172,1	3,0	36,2	51,0	0,0	0,000
Beyaz Kum	EKİM	65,6	3,6	50,4	24,4	231,9	0,0	101,0	77,0	0,0	0,000
	KASIM	66,7	3,0	73,1	21,4	274,6	0,0	88,6	78,6	0,1	0,000
	ARALIK	64,0	2,4	54,1	33,0	231,9	0,0	85,1	93,0	0,0	0,008
	OCAK	66,7	2,2	56,1	26,9	225,8	6,0	78,0	86,4	0,0	0,000
	ŞUBAT	32,0	1,4	68,1	24,4	225,8	9,0	53,2	92,2	0,0	0,000
	MART	8,9	2,0	64,1	26,9	250,2	6,0	30,1	62,5	0,0	0,000
	NİSAN	6,8	1,3	52,1	17,1	176,9	3,0	26,6	44,9	0,0	0,000
	MAYIS	14,7	0,9	44,1	14,7	158,6	4,5	24,8	44,9	0,0	0,000
	HAZİRAN	15,9	1,3	40,1	11,0	158,6	7,5	39,0	49,4	0,0	0,017
	TEMMUZ	29,0	2,5	52,1	14,7	164,7	9,0	44,3	70,0	0,0	0,000
	AĞUSTOS	27,0	1,8	40,1	6,6	88,5	10,5	35,5	33,3	0,0	0,000
	EYLÜL	33,0	2,5	52,1	24,4	222,7	3,0	71,6	44,0	0,0	0,000

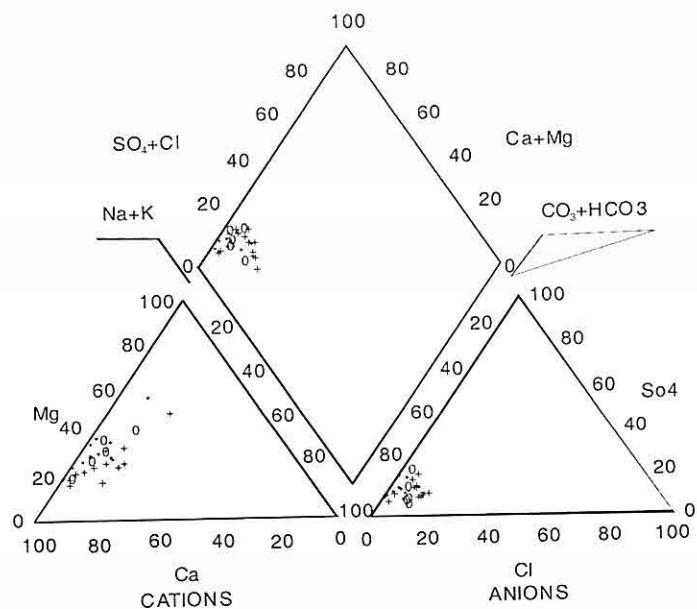
göre: Olağan Karbonatlı sular sınıfındadırlar (Şekil 7). Ancak Keloğlu istasyonunun Nisan ayına ait su örnekleri sülfatlı sular sınıfında yer almaktadır.

Kullanım Alanlarına Göre Sınıflama
Suların çeşitli kullanım alanlarına göre kullanılabilirliği ayrı ayrı ele alınmıştır.

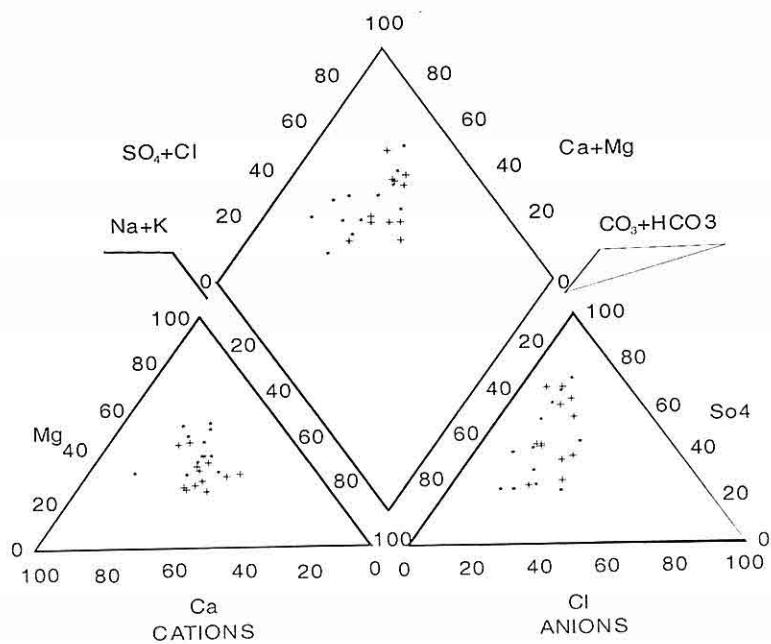
Berdan Nehri Sularının İşlebilirliği

Analizler sonucu elde edilen suların fiziksel ve kimyasal verileri WHO (1996) ve TSE (1984)'nin yayımlamış olduğu İçme Suyu Standartları kullanılarak içme suyu olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Berdan nehri sularında analizler sonucu tespit edilen Pb, Cr ve SO₄ miktarının

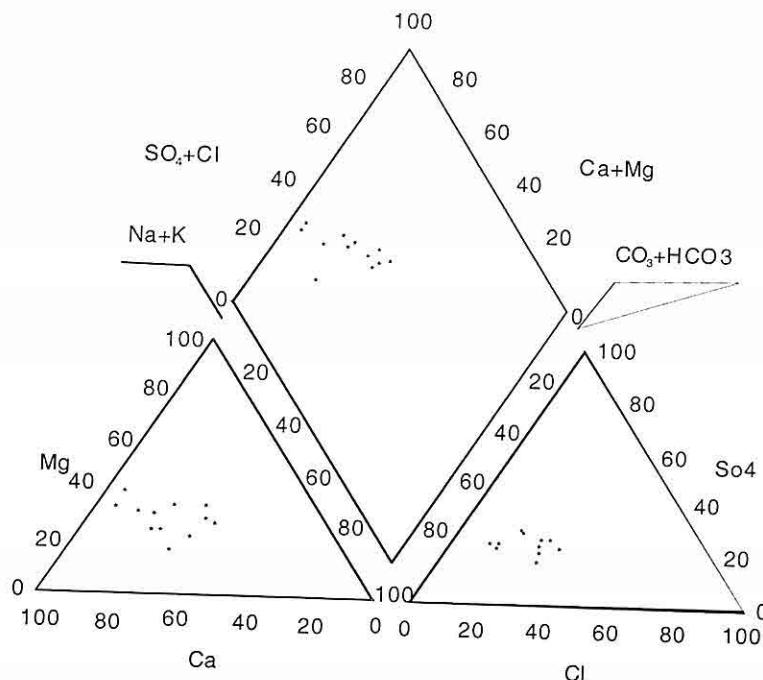
BERDAN NEHRİ (TARSUS) KEŞBÜKÜ-KULAKLI KÖYLERİ ARASI AĞIR METAL ANALİZLERİ VE MEVSİMSEL HİDRO-JEOKİMYASAL DEĞİŞİMLERİ



Şekil 2. Keşbükü, Muhat ve Berdan II İstasyonlarının Piper Diyagramı (* Berdan II, + Muhat, 0 Keşbükü).



Şekil 3. Suphipaşa ve Keloğlu İstasyonlarının Piper Diyagramı (* Supi paşa, + Keloğlu).



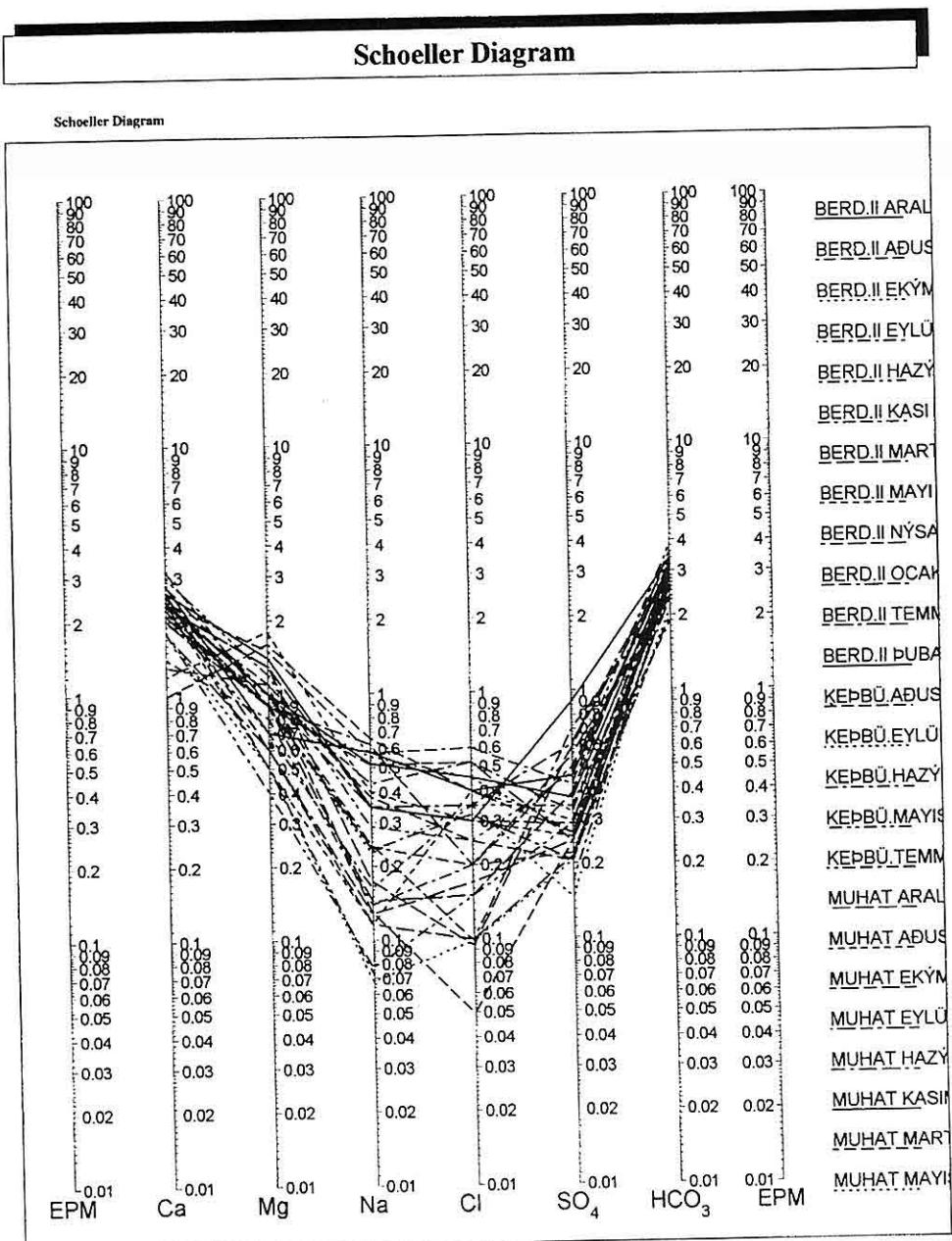
Şekil 4. Beyaz Kum İstasyonunun Piper Diyagramı,

WHO ve TSE'nin belirlemiş olduğu sınırların (Pb için 0.01mg/l ve Cr için 0.05 mg/l) üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Pb derişimi bu sınırı 6-7 kat aşmakta olup ölçülen Pb 0-0.078 mg/l arasında değişmektedir. En yüksek Pb konsantrasyonu Berdan II istasyonunda Kasım ayında ölçülmüştür (0.078mg/l). Cr miktarı 0.00 - 0.178mg/l arasında değişmektedir. En yüksek Cr değeri 0.178 mg/l ile Ekim ayında Muhat istasyonunda ölçülmüştür. Sülfat miktarının Keşbükkü, Muhat ve Berdan II istasyonlarında 7-43.2 mg/l arasında olduğu, Suphipaşa ve Keloğlu istasyonlarında ise 51.0-2864.0 mg/l arasında olduğu tespit edilmiştir. WHO ve TSE'nin kullanılabilirlik sınırı olan 200

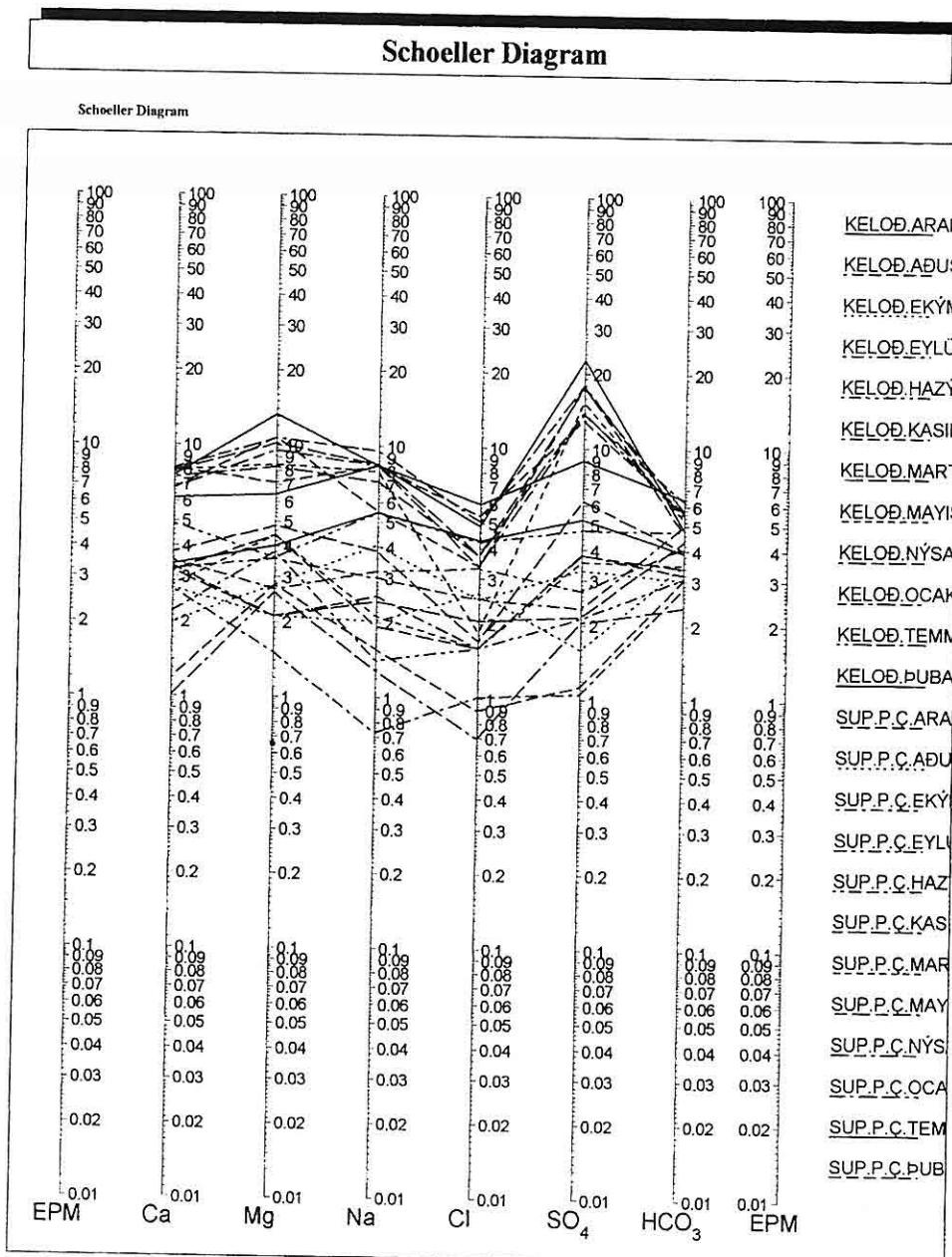
mg/l değerinin üstüne çıkan Koson dere'ye ait su örneklerinde sülfat miktarının 2864 mg/l değerine (Keloğlu İstasyonu Nisan ayı) kadar ulaştığı gözlenmiştir. Berdan nehrini besleyen kollardan biri olan Koson dere evaporitik (Jips) birimlerle ilişkide olmasından dolayı sülfat açısından yüksek değerler vermektedir. Sülfat konsantrasyonu bu istasyona ait örneklerde özellikle kış aylarında artış göstermektedir (Çizelge 1). Bu artış soguk hava ve artan yağış miktarı ile evaporitlerdeki çözünürlüğün artmasından kaynaklanmaktadır.

Endüstri Dallarında Kullanılabilirliği
Çalışma alanı içerisinde kalan Berdan Nehri sularının endüstride

**BERDAN NEHRİ (TARSUS) KEŞBÜKÜ-KULAKLI KÖYLERİ ARASI AĞIR METAL
ANALİZLERİ VE MEVSIMSEL HİDRO-JEOKİMYASAL DEĞİŞİMLERİ**

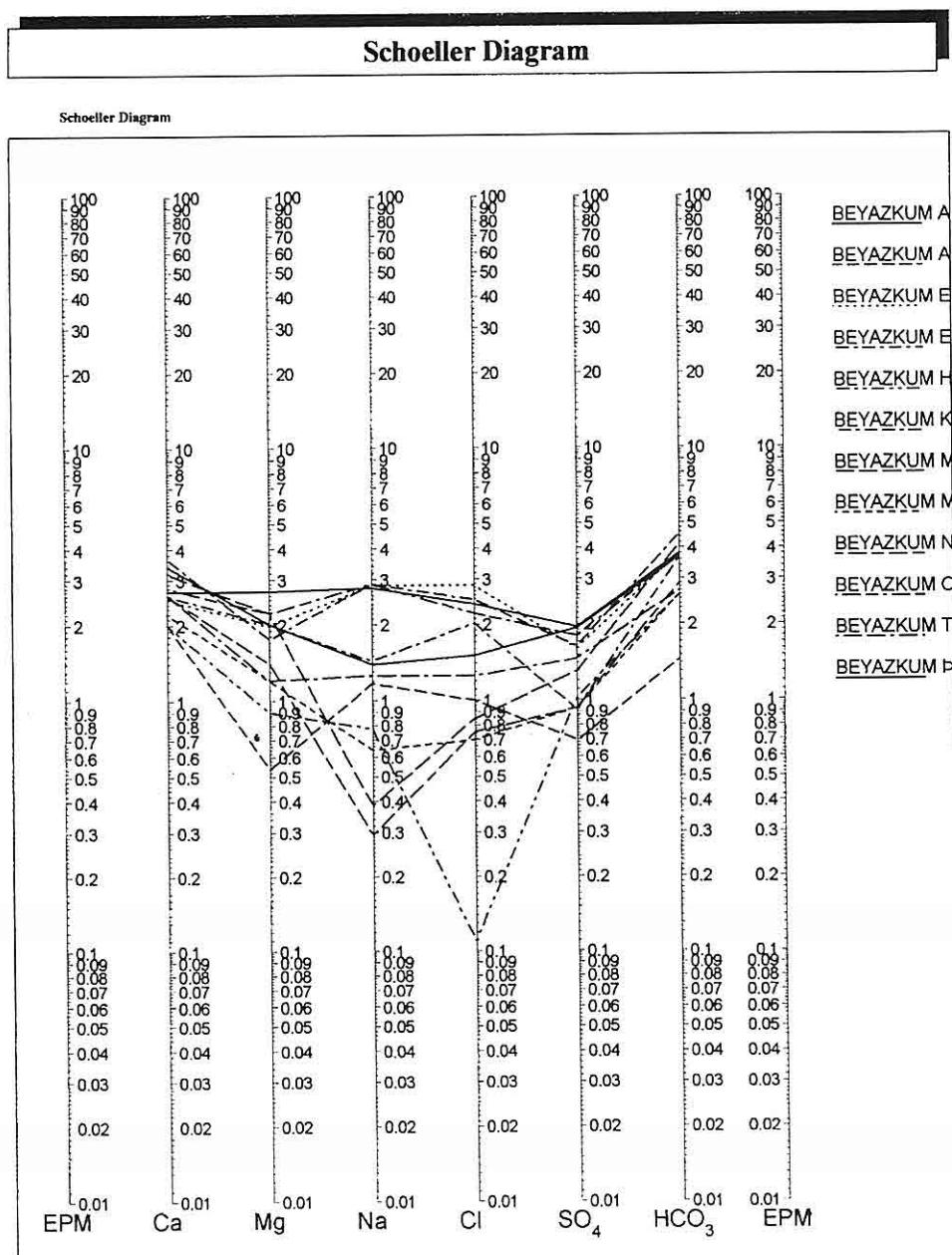


Şekil 5. Keşbükü, Muhat ve Berdan II İstasyonlarının Schoeller (1962) Diyagramı



Şekil 6. Suphipaşa ve Keloğlu İstasyonlarının Schoeller (1962) Diyagramı.

**BERDAN NEHİRİ (TARSUS) KEŞBÜKÜ-KULAKLI KÖYLERİ ARASI AĞIR METAL
ANALİZLERİ VE MEVSİMSEL HIDRO-JEOKİMYASAL DEĞİŞİMLERİ**



Şekil 7. Beyaz Kum İstasyonunun Schoeller (1962) Diyagramı

kullanılabilirliğini incelemek için Berdan Nehri suları hesaplanan Langelier ve Ryzne'in Karbonat Denge Langelier (DI) ve Ryzner (IRS) Karbonat Endeksleri hesaplanmıştır (Çizelge 2,3.). Denge Endeksleri'ne göre kazan ve

Çizelge 2. Hesaplanmış Langelier Karbonat Doyma Endeksleri.

DI	Keşbüyü	Muhat	Suphipaşa	Berdan II	Keloglu	Beyaz Kum
Ekim	-	1.25	1.28	0.50	1.26	0.86
Kasım	-	1.35	1.51	1.14	1.42	1.12
Aralık	-	0.40	1.17	0.35	1.14	0.80
Ocak	-	0.56	1.11	0.59	1.18	0.48
Şubat	-	0.52	1.03	0.67	1.02	0.95
Mart	-	0.66	1.14	1.02	1.29	0.97
Nisan	-	0.60	1.40	0.68	1.02	0.68
Mayıs	0.48	0.33	0.62	0.59	0.83	0.39
Haziran	0.35	0.54	0.64	0.62	0.71	0.39
Temmuz	0.60	0.92	0.99	0.82	0.54	1.08
Ağustos	0.60	0.67	0.93	1.46	1.53	0.47
Eylül	0.54	0.53	0.77	0.56	0.57	0.43

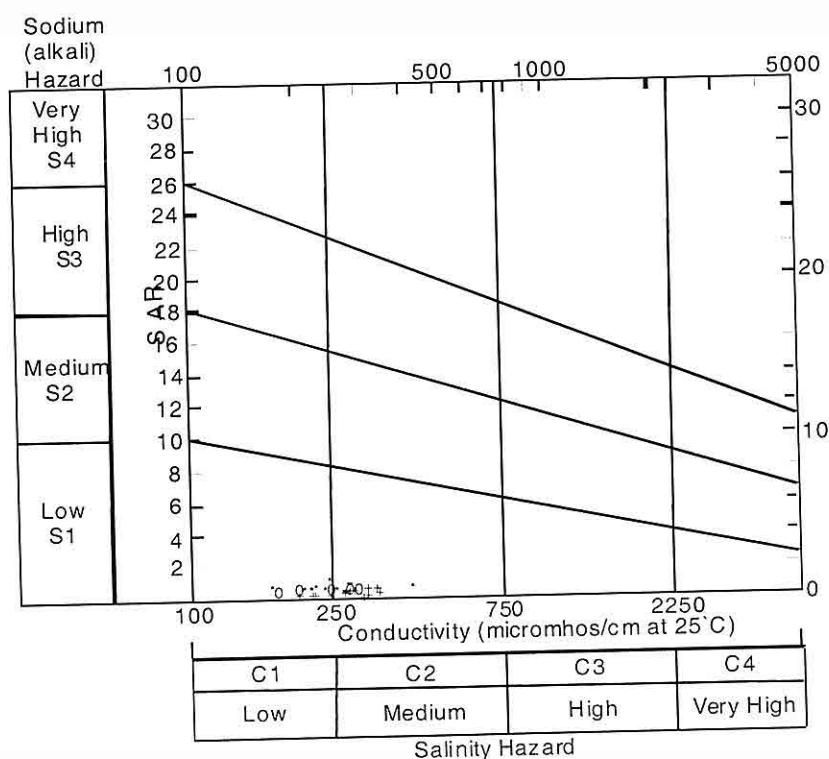
Çizelge 3. Hesaplanmış Ryzner Karbonat Doyma Endeksleri

IRS	Keşbüyü	Muhat	Suphipaşa	Berdan II	Keloglu	Beyaz Kum
Ekim	-	6.35	6.02	7.22	6.31	6.75
Kasım	-	6.3	5.81	6.44	5.96	6.20
Aralık	-	7.25	5.68	7.25	5.77	6.81
Ocak	-	6.99	5.80	6.92	5.64	7.08
Şubat	-	7.16	5.97	6.86	5.96	6.45
Mart	-	6.98	5.75	6.46	5.42	6.41
Nisan	-	7.10	5.50	6.94	6.36	6.94
Mayıs	7.24	7.54	6.96	7.12	6.64	7.32
Haziran	7.7	7.27	6.91	7.11	6.91	7.39
Temmuz	7.2	6.69	6.47	6.89	7.58	6.47
Ağustos	7.4	7.26	6.71	5.65	5.65	7.51
Eylül	7.10	7.15	6.51	7.02	7.07	7.16

BERDAN NEHRİ (TARSUS) KEŞBÜKÜ-KULAKLI KÖYLERİ ARASI AĞIR METAL ANALİZLERİ VE MEVŞİMSEL HİDRO-JEOKİMYASAL DEĞİŞİMLERİ

borularda karbonat çökelmesine uygun su sınıfında çıkmışlardır. Doygun karbonat içeren Berdan nehri sularının bu nedenle endüstride kazan ve borularda kabuklanmaya neden olacağından kullanıma uygun değildirler. Berdan nehri sularının içilebilirlik özelikte olmamasından dolayı gıda endüstrisinde kullanıma uygun olmadığı tespit edilmiştir. Koson Dere üzerindeki Suphipaşa ve Keloğlu istasyonlarında tespit edilen yüksek sülfat miktarı bu kol üzerindeki suların beton sektöründe kullanılmasını engellemektedir.

Suların Ziraat Amaçla Kullanılabilirliği ABD Tuzluluk Diyagramı (Staff, 1954)'na göre Keşbükü istasyonu su örnekleri; Ağustos Eylül aylarında C2S1, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında C1S1 (Şekil 8), Muhat istasyonu örnekleri; Aralık, Şubat, Mart, Nisan ve Mayıs aylarında C1S1 diğer aylarda C2S1 (Şekil 8), Suphipaşa istasyonu örnekleri; Kasım, Mayıs aylarında C2S1 diğer aylarda C3S1 (Şekil 9), Berdan II istasyonu su örnekleri; Ekim, Ocak, Mayıs ve Nisan aylarında C1S1 diğer aylarda C2S1 (Şekil 8),



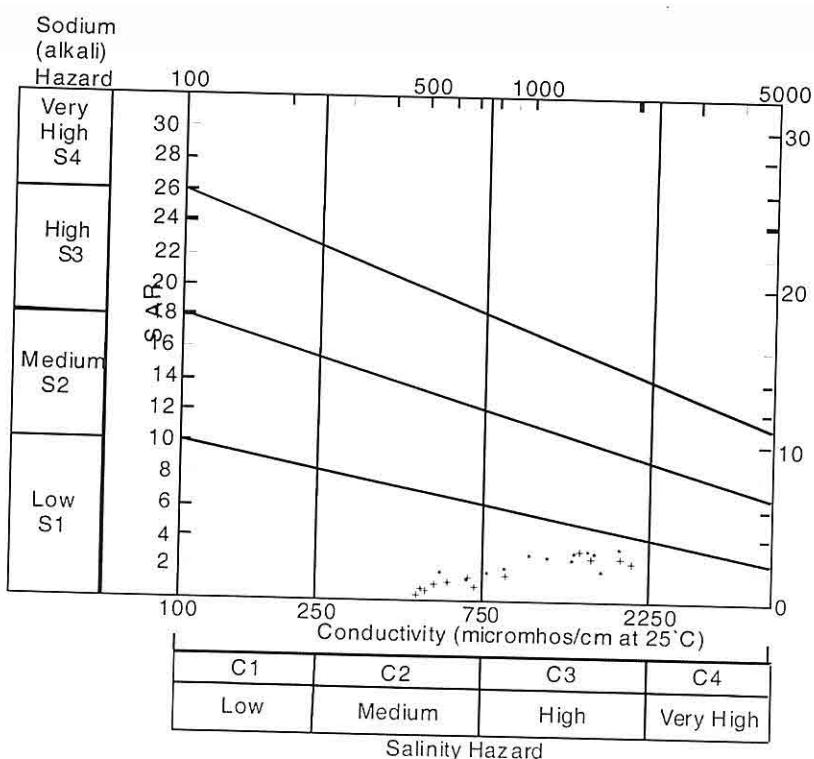
Şekil 8. Keşbükü, Muhat ve Berdan III istasyonlarının ABD Tuzluluk Diyagramı
(* Muhat, 0 Keşbükü, + Berdan II).

Keloğlu istasyonu örnekleri; Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve Nisan aylarında C3S1 diğer aylarda C2S1 (Şekil 9), Beyaz Kum istasyonu örnekleri; Temmuz ayı dışında C2S1 diğer aylarda C3S1 su sınıfında (Şekil 10) çıkmışlardır. Bu sonuçlara göre Berdan Nehri sularının oniki ay boyunca ABD Tuzluluk Diyagramına göre sulama suyu olarak kullanılmaya uygun olduğu görülmüştür.

*Suların Sulfat açısından
Sinflandırılması*

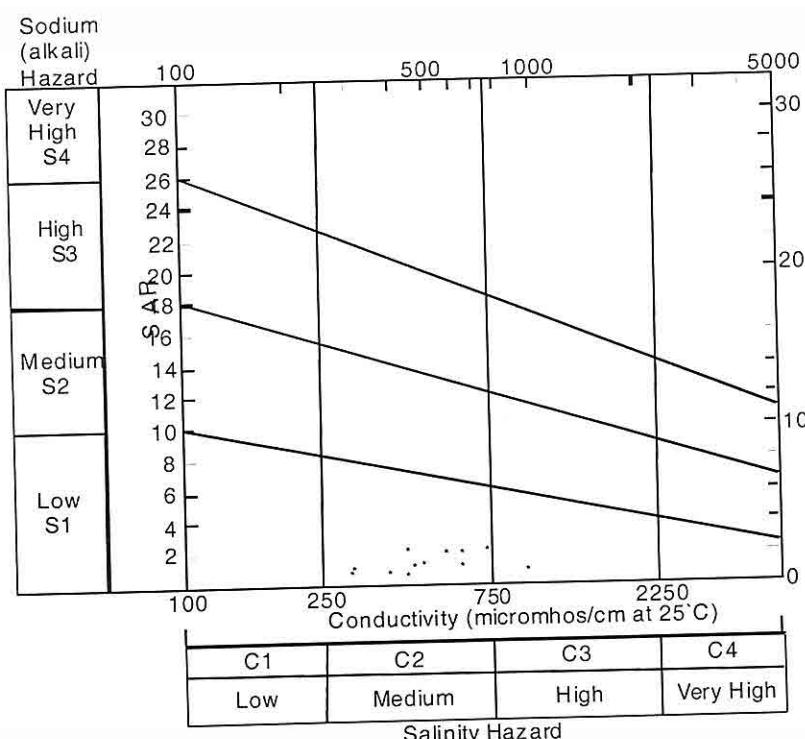
Sular Scofield ve Eaton'a göre sınıflandırılmıştır. Buna göre Kesbüyü,

Muhat ve Berdan II istasyonları bütün yıl boyunca "Çok iyi" su kalitesinde çıkmışlardır ($\text{SO}_4 < 192 \text{ mg/l}$). Suphipaşa istasyonu örnekleri Temmuz ayı için "İyi" ($192 < \text{SO}_4 < 336 \text{ mg/l}$), Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve Nisan Ayları için "Kullanılması Sakıncalı" ($576 < \text{SO}_4 < 960 \text{ mg/l}$), ve diğer aylar için "Çok İyi" kalitede su sınıfındadırlar. Keloğlu istasyonu örnekleri ise Aralık ayı için "İzin Verilebilir" ($336 < \text{SO}_4 < 576 \text{ mg/l}$), Ocak ve Mart ayları için "Kullanılması Sakıncalı", Şubat ve Nisan aylarında "Kullanılamaz" ($960 \text{ mg/l} < \text{SO}_4$), ve diğer aylar için "Çok İyi" kalitede su



Şekil 9. Suphipaşa ve Keloğlu İstasyonlarının ABD Tuzluluk Diyagramı (* Supipaşa, + Keloğlu).

BERDAN NEHİRİ (TARSUS) KEŞBÜKÜ-KULAKLI KÖYLERİ ARASI AĞIR METAL ANALİZLERİ VE MEVSIMSEL HİDRO-JEOKİMYASAL DEĞİŞİMLERİ



Şekil 10. Beyaz Kum İstasyonunun ABD Tuzluluk Diyagramı

sınıflıdır.

Eaton yaptığı sınıflamaya göre ise bu sular aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır. Keşbükü, Muhat ve Berdan II istasyonları tüm aylar için "1. Sınıf" (iyi, $\text{SO}_4 < 192 \text{ mg/l}$) su kalitesinde çıkmışlardır. Suphipaşa istasyonu örnekleri Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Nisan aylarında "3. Sınıf" (sakıncalı; konsantrasyonda sülfat içeren sular, $\text{SO}_4 > 576 \text{ mg/l}$), diğer aylarda "1.Sınıf" (iyi) su kalitesindedirle. Keloğlu istasyonunda sular Aralık ayında "2. Sınıf" (izin verilebilir, $192 < \text{SO}_4 < 576 \text{ mg/l}$), Ocak, Şubat, Mart, Nisan aylarında "3. Sınıf" (sakıncalı konsantrasyonda sülfat

İçeren sular) ve diğer aylarda "1.Sınıf" (iyi) kalitede su sınıflandırılır.

Suphipaşa ve Keloğlu istasyonlarının suları özellikle Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve Nisan aylarında sulamada uzun süre kullanılması halinde toprakta sülfat iyonu açısından sorun yaratabilecek niteliktedirler. Bu istasyonlara ait suların kullanılması durumunda; toprağın ağaçlanmasıının iyi olması gerekmektedir. Aksi halde bu tür suların ağaçlanması kötü olan topraklarda uzun süre kullanımı kabullanması neden olduğundan tarım arazisinin zarar görmesine neden olacaktır.

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMALAR

Berdan nehri üzerinde tespit edilen 6 istasyondan derlenen örneklerin analizi sonucunda şu sonuçlar elde edilmiştir.

WHO ve TSE standartlarına göre çalışma alanı içerisinde yer alan Berdan Nehri sularının içeriğinde yüksek orandaki kurşun, krom ve sülfat nedeniyle işilebilir nitelikte olmadıkları saptanmıştır. Sülfatın kaynağı olarak evaporitik çökellerin içeriğinde jipsin çözünmesinden, kurşun'un Toros Karbonatlarında görülen kurşun cevherleşmelerinden ve krom'un ise bölgede geniş yayılım sunan Mesozoyik yaşlı ofiyolitlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bölgelenin jeolojik-litolojik yapısı suyun farklı jeokimyasal özelliklere sahip olmasına neden olmuştur. Evaporitik çökellerden gelen Koson dere sularının anyon-katyon içeriğinin yüksek olduğu özellikle SO_4^{2-} , Cl^- , Mg^{+2} , Na^{+2} , iyonlarında artış olduğu saptanmıştır. Bu derenin iyon (sülfat) yükünün özellikle yağış döneminde aşırı derecede yükselmesi ve bu nedenle içme ve sulama suyu olarak kullanılmasını engellemektedir.

Çalışma kapsamında incelenen suların işilebilir nitelikte olmaması gıda endüstrisinde kullanılmasını engellerken karbonatça doygun ve karbonat çökelmesine elverişli sular sınıfında olmaları endüstrideki (kazan ve borularda karbonat kabuk oluşumu) kullanımını sınırlamaktadır. Ayrıca sülfat miktarı yüksek olan Koson dere sularının beton endüstrisinde kullanılmayacağıda saptanmıştır.

5. KAYNAKLAR

Erentöz, C., Ternek, Z., 1962, Maden Teknik Arama 1:100 000 Genel Jeoloji Haritası Derlemesi.

Langelier, W.F., Ludwig, H.F., 1942. Graphical method for indicating of the mineral character of natural waters. *J. Am. W.W. Assn.* 34, 335–352.

Piper, A.M., 1944. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. *Am. Geophys. Union Trans* 25, 914–923.

Schoeller, H., 1962, *Les aux souterraines Masson et cie, Paris*, 642 p.

Stiff, H.A., Jr. and Davis L.E., (1952) A method for predicting the tendency of oil field water to deposit calcium carbonate, *Pet. Trans. AIME*, 195 2 13.

Şahinç, A., 1991, *Doğal Suların Jeokimyası, Reform Matbaası*, 548 s., İzmir.

TS 266, 1984, *İçme Suyu Standartları, Türkiye Standartları Enstitüsü*.

U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agric. Hanb. No. 60, USDA. U.S. Gov. Print. Off., Washington, D. C.*

WHO. World Health Organization. *Guidelines for Drinking Water Quality. II. Edition, Health Criteria and Other Supporting Information. Geneva. 1996;2:231–236. Piper, A.M., 1953; A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. US Geo. Survey, Groundwater Note 12.*

IMPROVING THE VALUE OF TALC MINERALS BY FLOTATION AND FILTRATION METHODS

Ramazan ASMATULU

CAST, Virginia Polytechnic Institute and State University
Blacksburg, Virginia 24061-0258

ABSTRACT: *The present study deals with the flotation and dewatering test results of fine talc samples received from a location in the USA. The flotation tests showed that polypropylene glycol (PPG) or methyl isobutyl carbinol (MIBC) increased the yield and decreased the LOI of the talc sample, which is necessary for the industrial consumption. In the dewatering study, several novel reagents were developed and tested on the clean talc samples obtained from the flotation tests. The dewatering studies proved that the use of novel reagents effectively improved the hydrophobicities of the talc samples and, hence, water adhering on the surface of the fine particles was instantly removed in a vacuum filter. For example, approximately 10% moisture difference between the base case and reagent was achieved, depending on the dewatering conditions, such as applied vacuum, reagent dosage, drying cycle time and cake thickness. As a result, using the clean and low moisture content talc sample can have the advantages of decreasing the cost of thermal dryers and improving the quality of the end products for the industrial applications.*

FİLTРАSYON VE FLOTASYON YÖNTEMİ İLE TALK MİNERALLERİNİN DEĞERLERİİN ARTIRILMASI

ÖZET: Bu çalışma A.B.D. ‘de bulunan ine talk numunelerinin flotasyon ve susuzlandırma deney sonuçlarını içermektedir. Flotasyon çalışmaları polypropylene glycol (PPG) ve methyl isobutyl carbinol (MIBC) tipi köpürtücülerin ilavesiyle yüzen talk ürünün miktarını artırdığını ve endüstriyel uygulama için gerekli olan yüzen ürünün ısıtma kaybını azalttığını göstermiştir. Susuzlandırma deneylerinde ise, çeşitli yüzey aktif kimyasallar geliştirilmiş ve flotasyon deneylerinde elde edilen temiz talk numuneleri üzerinde denenmiştir. Susuzlandırma çalışmaları kimyasalların kullanımıyla talk numunelerinin yüzeyinin hidrofobikliğini (su sevmesi) efektif olarak artırmış ve ince taneler üzerinde bulunan suyun vakum filtre ile anında uzaklaştırılmasını sağlamıştır. Örneğin, deney koşullarına (uygulanan vakum, kimyasal madde dosajı, kek susuzlandırma süresi ve kek kalınlığı) bağlı olarak baz ve kimyasal madde eklenerek yapılan deneyler arasında yaklaşık %10 nem farkı elde edilmiştir. Sonuç olarak, temiz ve düşük nem içeren talk numunesinin kullanımını termal kurutucuların maliyetini azaltma ve endüstriyel uygulama için nihai ürünün kalitesini artırma gibi avantajlara sahip olacaktır.

1 INTRODUCTION

Talc is a hydrated magnesium silicate ($3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) formed as crystalline or compact minerals with different colors of white, green, and gray depending on the impurities in the ore. This mineral is also associated with chlorite, tremolite, anthophyllite and serpentine. However, some of the minerals, such as quartz, dolomite, diopside, calcite, magnesite, zircon, rutile, apatite, feldspar, iron oxides and pyrite are undesired in the talc sample, and can cause discoloration in the final product (Fuerstenau, et.al., 1988; Mining Chemicals, 1989; Sims, 1997 and Yildirim, 2001). Therefore, it is necessary to remove the gangue minerals from the talc before industrial consumptions. Typical specifications and chemical compositions of a talc sample are given in Tables 1 and 2 (Fuerstenau, et.al., 1988; Yildirim, 2001 and Malandrini, et.al., 1997).

Table 1. Typical specification of a talc sample

SPECIFICATIONS	VALUE
Hardness (mhos)	1
Specific Gravity (g/cm^3)	2.5-2.8
Luster	pearly, greasy
Contact Angle ($^\circ$)	> 75
Brightness	88
Shrinkage (%)	0
Water Absorption	11
Thermal Expansion ($^\circ\text{C}$) $^{-1}$	3.3
Loss on Ignition (%)	< 5
Spc. Heat in water (mj/m^2)	220-320
Creep at 1300°C	0.5

188

Table 2. Typical compositions of a talc sample.

COMPOUNDS	(%)
SiO_2	61.9
Al_2O_3	0.9
Fe_2O_3	0.6
MgO	31.2
CaO	0.2
K_2O	<0.1
Na_2O	<0.1
TiO_2	<0.1
MnO	<0.1
ZrO_2	<0.1

The talc minerals have the shape of layer structures (e.g., face and edge). The face structure is easy cleavage into the layers, while the edge is easily ruptured due to the ionic bonds in its layers. The faces containing nonpolar, hydrophobic and basic characteristics consist fully of oxygen atoms offering low surface charges in water. In contrast, the edges containing polar, hydrophilic and acidic characteristics consist of hydroxyl ions, oxygen, silicon and magnesium ions, which present higher surface charges in water. The edges of talc minerals can effectively interact with polar solvents in an aqueous media by a hydrogen bonding. Because of these components in the edges, the surface of the edges mostly contains the ionized and neutral hydroxyl species. More importantly, the hydrophilic edge surfaces and the hydrophobic face surfaces can be key points of talc use in the industry (Rayner, et.al, 1973;

Fuerstenau, et.al., 1988 and 1976 and Weiss, 1985).

Talc has several industrial applications including the productions of a polymer composite, paper, paint, ceramics, plastic, cosmetic, agrochemicals, and roofing materials. It is consumed in these areas as filler, pitch control and coating materials, depending on the surface properties of the minerals, electrical properties, softness, oil and grease absorption and heat specification. The advantage of a talc use is to enhance the smoothness, whiteness, abrasion, porosity, regulation of acidity/basicity of matrix and yellow index of the products, which are vitally important for developing new products. It is assumed that talc consumption and its application in many industrial areas will increase in the next decades because of these advantages (Weiss, 1985; Yildirim, 2001 and Sims, 1997).

Generally, talc, a naturally hydrophobic substance, is treated from gangue minerals using mostly flotation methods at lower size (-0.25 mm). Since the mineral surface gives higher contact angles (40° to 80°) in water, usually polypropylene glycol (PPG) or methyl isobutyl carbinol (MIBC) type frothers can be used to float the talc minerals at neutral pH. Fuel oil and kerosene can also be employed in the flotation circuits as promoter assisting agents. Besides, if only carbonate minerals are presented in the ore, lower dosages of amine collectors can be added to the flotation cells to increase the talc recovery. However, when graphite exists in the ore, talc minerals can be depressed by

increasing the pH up to 12, and the graphite particles are selectively floated (Weiss, 1985; Asmatulu, 2001 and 2002).

As is known, it is difficult to remove the free water from the surface of fine talc particles by mechanical dewatering methods. It is also known that the finer the talc particles, the larger the surface area and the more difficult it becomes to dewater. Current mechanical dewatering processes, i.e. pressure, vacuum, hyperbaric and centrifugal filtration may decrease the moisture content from the talc fines, but its level is higher than desired moisture levels (less than 10%). Further decreases in moisture content reduce the load of the thermal dryers, which are costly operations, and create air pollution where the processing plants are operated (Yoon and Asmatulu, 2002; Yoon and Basilio, 1997; Yoon, 2003; Svarovsky, 1990; Moudgil, et.al., 1989 and Matteson, et.al. 1987).

In order to solve the problems associated with the fine talc dewatering, several novel dewatering reagents (Yoon and Basilio, 1997 and Yoon 2003) have been developed, and successfully tested on fine talc samples. In addition, the effectiveness of the mechanical dewatering processes was increased due to the high hydrophobic surface achieved on the fine talc surfaces. The major objectives of these studies were to establish the effectiveness of the new reagents on the dewatering of the talc samples. In this work, flotation tests were initially conducted, and then dewatering tests were applied to the clean talc samples

by varying reagent dosage, cake thickness, vacuum pressure, dry cycle time and temperature. Finally, the obtained results were evaluated for the industrial considerations.

2. THEORY

Thermodynamics: A spontaneous fine particle dewatering may be shown in Figure 1 at which the contact area of a water droplet 2 is decreased on the surface of a talc sample 1 and oriented through air 3. The free energy change per unit area (DG/dA) can be represented (Adamson, 1997; Myers 1992 and Svarovsky, 1990):

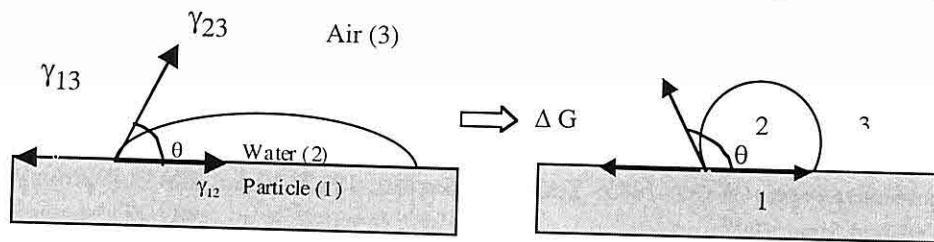


Figure 1. Schematic representation of water displacement from the surface of a talc mineral.

$$\frac{dG}{dA} = \gamma_{13} + \gamma_{23} - \gamma_{12} \quad [1]$$

where γ_{13} is surface free energy of the solid/air interface, γ_{23} is surface free energy of the water/air interface, γ_{12} is surface free energy of the solid/water interface and A is the contact area of solid/water interface. The equilibrium between the three interfacial energies can be expressed by the well-known Young's equation:

190

hydrophobizing chemicals to the slurry.

$$W_d = -\gamma_{23} (1 + \cos\theta) \quad [4]$$

which suggests that work done on the removal of the moisture can be minimized by decreasing water/air surface tension and increasing the contact angle (or decreasing the contact area of the water droplet on the talc surface).

In recent dewatering applications,

$$\gamma_{13} = \gamma_{23} \cos\theta + \gamma_{12} \quad [2]$$

Substituting Eq. [2] into Eq. [1], the following relationship can be obtained (Adamson, 1997).

$$\frac{dG}{dA} = \gamma_{23} (1 + \cos\theta) \quad [3]$$

This equation indicates that the dewatering can be spontaneous if DG/dA is lower than 0, or contact angle is higher than 180° , which cannot be met in the actual dewatering conditions. To be able to minimize the work done on dewatering (W_d), it is necessary to add the

Laplace equation is highly preferred for a filter cake. This theory indicates that in order to remove the water from a capillary of radius r , the applied pressure should be larger than the capillary pressure, p in the filter cake (Adamson, 1997; Myers 1992 and Svarovsky, 1990):

$$p = \frac{2\gamma_{23} \cos \theta}{r} \quad [5]$$

which is known as Laplace equation. Here, γ_{23} is the surface tension, and θ is the water contact angle. One can see that p decreases with decreasing γ_{23} , increasing θ , and increasing r , which are all beneficial for a dewatering process. For example, if one can increase the contact angle of the fine particles from 44° to 88° using appropriate surfactants, it will reduce the energy requirement of the cake dewatering by 20.6 times due to the $(\cos\theta)$ value in Eq. [5].

Kinetics: Dewatering of fine particles can be described as a process associated with the flow of water through the porous media created by a bed of particles on a filter media. Darcy (in 1856) derived the rate equation for the dewatering process (Svarovsky, 1990):

$$\frac{dV}{dt} = K \frac{A \Delta P}{\eta L} \quad [6]$$

in which V is the volume of fluid, t is the filtration time, ΔP is the pressure drop across the filter cake, L is the cake thickness, η is the cross-sectional area of the cake, h is the viscosity of water, and K is the rate constant known as permeability.

According to Equation [6], the dewatering

rate can be proportional to the pressure and the cross-sectional area, and can be inversely proportional to the viscosity of the process water.

The process of filtration is often related to the flow of liquid through a bundle of capillary tubes into the filter cake. In this case, one can use the Poiseulle's equation derived in 1846 (Svarovsky, 1990 and Mudgil, et.al., 1989):

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\pi r^4 \Delta P}{8\eta L} \quad [7]$$

where r is the radius of the capillary.

By combining Eqs. [6] and [7], Kozney obtained the following relationship (Svarovsky, 1990 and Matteson, et.al., 1987).

$$\frac{dV}{dt} = \frac{A\epsilon^3}{kS(1-\epsilon)^2} \frac{\Delta P}{L} \quad [8]$$

where ϵ is the cake porosity, which is defined as the volume fraction of the void space in the filter cake, S the specific surface area of the particles per unit volume, and k is a constant which is referred to as Kozney constant. Theoretically, k should be 2 for an ideal filter cake that is a porous medium made of capillary tubes of a radius r . In experiment conditions, $-k$ is assumed to be approximately 5 for filter cakes made of simple monodisperse solids. However, in the presence of polymeric reagents, k value was found as large as several thousands (Svarovsky, 1990 and Matteson, et.al., 1987).

From Eqs. [6] and [8], the following

relationship can be obtained:

$$K = \frac{\epsilon^3}{kS^2(1-\epsilon)^2} = 1/\alpha \quad [9]$$

where α is referred to as specific cake resistance. Eq. [9] suggests that the permeability of a cake decreases with decreasing porosity and surface area, which are also dependent on the particle size. Thus, the rate equation provides an explanation for the difficulty of fine talc particles.

3 EXPERIMENTAL STUDIES

3.1 Talc Sample

The talc sample was received from a location of the USA in the form of the run-of-mine. The sample was initially crushed and rod-mill ground to $-150\text{ }\mu\text{m}$, and then subjected to the flotation tests in a Denver flotation cell using PPG and MIBC at neutral pH. In each test, a 500 g talc sample was weighed and transferred to a 4-liter stainless steel flotation cell. The filtration tests were conducted on the floated clean sample using novel reagents - code named Reagents QS17 and QP29. The former reagent is a low Hydrophilic-Lipophile Balance (HLB) nonionic surfactant dissolved 33.3% in diesel oil or kerosene and the later reagent is low molecular weight (less than 3000) hydrophobic polymer (mixed with diesel oil at 1:2 ratios). The use of diesel oil is to increase surface adsorption of surfactant molecules on the particle surfaces. The solid content of the sample fed to the Buchner filter was approximately 20%.

192

3.2 Method

A 7 cm in diameter medium porosity Buchner filter, shown in Figure 2, was used in the dewatering tests. The filter was assembled on a vacuum flask, which was connected to a larger vacuum flask to help stabilize the vacuum pressure during the operation. A plastic bucket containing the talc sample was agitated by means of a mixer for the homogenization of the pulp. During the mixing, a scoop of the talc slurry was taken and poured into a funnel before the vacuum pressure was applied. Since the tests were done with and without reagents, the clean talc sample was agitated at a high speed (1600 rpm) for two minutes in a cup to allow the reagent adsorption on the surface of the particles.

Dewatering tests were commenced under the vacuum pressure by opening the valve between the two flasks. After the filter cake was formed on the filter media (made of a polyester), the vacuum was kept on the cake for a desired period of time (called dry cycle time) to further drain the capillary moisture. Finally, a portion of the dewatered product was taken, weighed, and dried for twelve hours (or until surface moisture is gone) at 105°C to determine the moisture content differences. In these tests, several dewatering parameters such as, vacuum, dry cycle time, cake thickness and temperature were varied to be able to determine the optimum dewatering conditions for this sample.

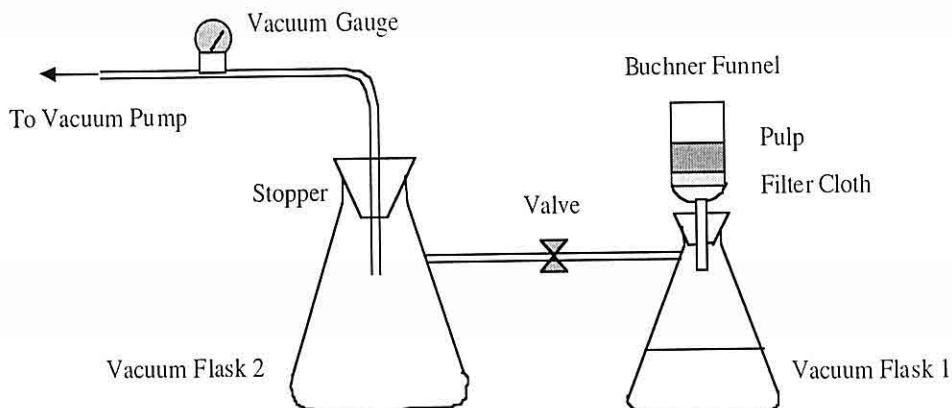


Figure 2. Experimental setup for laboratory vacuum dewatering tests.

4. RESULTS AND DISCUSSION

4.1. Flotation Tests

Table 3 shows the flotation and loss on ignition (LOI) results obtained using different frothers, namely PPG and MIBC on the talc sample (-150 µm). The flotation tests were conducted at 13% solid content, neutral pH and 1500 rpm by adding 125 g/ton of the reagents. After the chemicals were added to the cell, 30 seconds of conditioning time was given in each test. The LOI analyses were carried out on each product at 1000 °C and 60 minutes.

As is shown in Table 3, yields (or amount of floated talc minerals) of PPG and MIBC were 47.04% and 46.84% with 4.82% and 4.71% LOI values, respectively. It was also seen that PPG gave slightly higher yield than MIBC. The increase in the yield obtained with the former reagent can be attributed to the selectivity of this chemical on this talc flotation, which may be beneficial

for the industrial applications. More importantly, these findings indicated that adding only frother to the flotation circuit could easily float the fine talc samples with a high recovery.

4.2. Dewatering Tests

Cake Thickness Effects: The dewatering tests were conducted on the USA talc sample (150 x 0 µm), which was floated using 125 g/ton PPG at different reagent dosages. The solid content of the sample fed to the filter was 20.2%. For these experiments, the cake thickness was changed based on slurry volumes, i.e., 0.5 cm, 1 cm and 2 cm. The experiments were conducted at ambient temperature, 2 minutes dry cycle time and 80 kPa vacuum. Table 4 shows the results obtained using Reagent QS17 and QP29 on the clean talc sample.

The test results pointed out that the moisture content of the base tests was between 22% and 27%, depending on the

Table 3. Effects of PPG and MIBC on flotation of talc samples.

Frother Types	Product Stream	Yield (%)	Residue (%)	LOI (%)	LOI Distribution (%)
PPG	Concentrate	47.04	95.18	4.82	10.23
	Tail	52.96	62.42	37.58	89.77
	Feed	100.00	77.83	22.17	100.00
MIBC	Concentrate	46.84	95.29	4.71	9.92
	Tail	53.16	62.33	37.67	90.08
	Feed	100.00	77.77	22.23	100.00

Table 4. Effects of cake thickness on the dewatering of talc samples* using Reagents QS17 and QP29 at 80 kPa vacuum.

Reagent Types	Dosages (kg/ton)	Moisture Content (%)		
		Cake Thickness (cm)		
		0.5	1.0	2.0
QS17	0	22.7	25.0	26.8
	0.5	16.4	18.1	20.9
	1	14.9	15.8	18.3
	2	13.2	14.2	16.8
	4	12.0	13.4	15.5
QP29	0	23.1	24.9	27.2
	0.5	17.4	19.0	21.4
	1	15.2	16.4	19.2
	2	13.8	14.8	17.4
	4	13.1	14.3	16.4

* 7 cm in diameter Buchner vacuum filter; the talc sample crushed, ground and floated using 125 g/ton PPG before the tests; 2 minutes of conditioning time; 2 minutes of drying cycle time; particle size 150 µm x 0; and solid content 20.2%.

cake thickness. When the reagents were added to the slurry, approximately 7% to 12% of lower moisture content products were obtained with 2-4 time higher dewatering kinetics. For example, in the

presence of 2 kg/ton of Reagents QS17 and QP29, 14.2% and 14.8% moisture contents of filter cakes were received. Further increase in the reagent dosages did not change the overall moisture contents,

IMPROVING THE VALUE OF TALC MINERALS BY FLOTATION AND FILTRATION METHODS

which confirm that for this sample 2 kg/ton reagent can be significant. Additionally, it was seen that the surfactant gave 1% to 2% better results than the polymer (Reagent QP29). The reason can be that surfactant molecules give higher surface hydrophobicity (or contact angle) than the polymer on the fine talc sample. Additionally, the polymer may cause flocculation effects in the cake and trap water between the flocculated particles. General speaking, the hydrophobicity of the mineral surface can be improved by hydrophobic reagents, which in turn reduce the moisture contents and enhance dewatering kinetics. Figure 1 clearly represents our findings on moisture reductions of the cakes, as well.

Drying Cycle Time Effects: In addition to the cake thickness, dry cycle time tests were conducted on the same talc samples to determine the optimum dewatering time. For this test, 1 minute, 2 minutes,

and 4 minutes drying cycle times were applied to the slurry specimens at 1 cm cake thickness and 80 kPa vacuum. The other parameters were the same as in the previous test. The test results obtained using Reagent QS17 are given in Table 5.

The results showed that the moisture was further reduced when the drying cycle time was extended from 1 minute to 4 minutes. At 2 kg/ton of reagent additions, 1 minute, 2 minutes and 4 minutes drying cycle times gave 16.9% and 14.7% and 12.8% moisture contents of the filter cakes. These results indicate that 2 minutes of a conditioning time is significant for the laboratory experiments since an increase in the dry cycle time beyond 2 minutes did not make a considerable difference in the cake moisture. Apparently, the plant filter tests cannot be longer than 2 minutes using disk and vacuum filters, and usually take between 45 seconds and 2 minutes. It is important that dewatering conditioning

Table 5. Effects of drying cycle time on the dewatering of talc samples using Reagent QS17 at 80 kPa vacuum pressure

Reagent Dosages (kg/ton)	Moisture Content (%)		
	Drying Cycle Time (min.)		
	1	2	4
0	28.5	25.3	23.1
0.5	21.1	18.2	16.7
1	18.3	15.9	13.6
2	16.9	14.7	12.8
4	16.2	13.9	12.0

times should be investigated by changing the parameters for each sample for the industrial application.

Temperature Effects: In order to find out the temperature effects on reagent adsorption onto the mineral surface and its moisture reduction, ambient (~22 °C), 40°C and 60 °C temperatures were applied to the slurry sample. It is assumed that increasing the temperature of the talc slurry will decrease the moisture content of the filter product because of the lower viscosity of the filtrate and higher reagent molecule adsorption on the mineral surface. The data, given in Table 6, show the results obtained using Reagent QS17 at 80 kPa air pressure, 2 minutes of drying cycle time and 1 cm cake thickness.

14.5%, 12.9% and 11.3%. It was also seen from the same tests that temperature played important role and clearly increased the dewatering kinetics. This is because the higher the temperature, the lower the viscosity of the process water and the higher the dewatering kinetics occurs (see Equations 5 and 6).

Vacuum Effects: The other parameter examined in the present experiment was to determine the vacuum effect on the dewatering of the clean talc sample. For this reason, a series of tests were conducted on the fine talc samples at 20 kPa, 40 kPa and 80 kPa vacuum pressures. In these tests, all other parameters and dewatering set up were the same as the previous tests. The results obtained using 2 minutes of conditioning time and 1 cm

Table 6. Effects of temperature on the dewatering of talc samples using Reagent QS17 at 80 kPa vacuum pressure.

Reagent Dosages (kg/ton)	Moisture Content (%)		
	Temperature (°C)		
	20	40	60
0	25.4	22.7	20.4
0.5	18.8	16.4	14.6
1	16.2	14.0	13.5
2	14.5	12.9	11.3
4	13.9	12.4	10.8

As is seen, when the tests were conducted in the absence of the dewatering aid, the cake moisture contents were 25.4%, 22.7% and 20.4% at ambient, 40 °C and 60 °C, respectively. With the addition of 2 kg/ton of Reagent QS17, the cake moisture contents decreased to

cake thickness at an ambient temperature are given in Table 7.

According to Table 7, an 80 kPa vacuum pressure was the best vacuum pressure for this sample. It is known that an increase in vacuum decreased both the base line and reagent moisture contents.

Table 7. Effects of temperature on the dewatering of talc samples using Reagent QS17

Reagent Dosages (kg/ton)	Moisture Content (%)			
	Vacuum Pressure (kPa)	20	40	80
0	29.3	26.1	25.2	
1	23.5	19.9	17.1	
2	20.0	16.6	14.6	
3	18.8	15.4	14.2	
5	18.2	15.5	13.0	

As is expected, after a certain level of moisture reduction in the cake, there existed a limitation on the moisture reduction, which was also called irreducible saturation for a filter cake. This value varies depending on the applied pressure, filter medium, cake thickness, particle type and size, specific gravity, cake porosity, shape of the particles, surface oxidation, viscosity, surface hydrophobicity and water contaminations.

5. CONCLUSIONS

In this work, the fine talc samples were subjected to flotation and dewatering tests in the laboratory scale units using the novel reagents. The test results, which are important for improving the talc value in the industrial consumptions, were concluded as follows:

Flotation tests showed that the additions of 125 g/ton PPG and MIBC gave 4.82% and 4.71% of LOI on the talc samples (-150 µm) with 47.04% and 46.84% yields, respectively. These results

confirm that using only frother type reagents can float the talc sample.

The dewatering tests conducted on the talc sample revealed that the use of the Reagents QS17 and QP29 at the amount of 2 kg/ton reduced the cake moisture content by more than 10% with high dewatering kinetics. This value was increased up to 12% at the same condition with 4 kg/ton dosages. If the cake thickness was improved depending on the volume of the slurry, the maximum difference between the base line and the reagents was reduced to 10%, which means that these reagents were also effective on the thick cake dewatering applications. A series of dewatering tests carried out by chaining the dewatering parameters also showed that drying cycle time, vacuum, pulp temperature and cake thickness were important parameters for better dewatering.

6. REFERENCES

Adamson, A.W. and Gast, A.P.

- "Physical Chemistry of Surfaces – sixth addition," John Wiley and Son, Inc., 1997.
- Asmatulu, R. "Removal of Moisture in Fine Particles by Applying High Centrifugal Forces," Geosound (Yerbilimleri), Cukurova University, Vol. 38, June, 2001, pp.195-206.
- Asmatulu, R. "Dewatering of Fine Particles with a Buchner Vacuum Filtre," Madencilik Dergisi (TMMOB Yayınevi) (in press).
- Asmatulu, R. and Ipekoglu, B. "Acid-Base Interactions in Adsorption Processes of Surfaces," Ore Dressing, May, 2001, pp. 1-10.
- Fuerstenau, M.C., Lopez, A.V. and Fuerstenau, D.W. "Role of Hydrolyzed Cations in the Natural Hydrophobicity of Talc," International Journal of Mineral Processing, 1988, p. 61-170.
- Fuerstenau, M.C. "Flotation, A.M. Gaudin Memorial Volumes I and II," American Institute of Mining, Metallurgy, and Petroleum Engineers, Inc., New York, 1976.
- Malandrini, H., Clauss, F., Partyka, S. and Douillard, J.M. "Interaction Between Talc Particle and Water and Organic Solvents," Journal of Colloidal and Interface Science, 1997, p. 183-193.
- Matteson, M.J. and Orr, C. "Filtration-Principles and Practices – 2nd Edition," Chemical Inductires/27, 1987.
- "Mining Chemicals Handbook," American Cyanamid Company, USA, 1989
- Moudgil, B.M. and Scheiner, B.J. "Flocculation and Dewatering," United Engineering Trustees, Inc., 1989.
- Myers, D. "Surfactant Science and Technology, Second Edition," VCH Publisher Inc., New York, 1992.
- Rayner, J.H. and Brown, G. "The Crystal Structure of Talc," Clay and Clay Minerals, Vol. 21, 1973, p. 103-114.
- Sims, C. "Talc," Industrial Minerals, 1997, p. 40-53.
- Svarovsky, L. "Solid - Liquid Separation, 3rd Edition," Butterworth & Co. (Publisher) ltd., UK, 1990
- Weiss, N.L. (Editor in Chief) "SME Minerals Processing Handbook – Volume2," Society of Mining Engineering of AIME, New York, 1985.
- Yildirim, I. "Surface Free Energy Characterization of Powders," Ph.D. dissertation, Virginia Tech, 2001.
- Yoon, R.H. and Basilio, C.I., US Patent No: 5,670,056, September 23, 1997
- Yoon, R.H., US Patent No: 6,526,675, March 4, 2003.
- Yoon, R.H. and Asmatulu, R., US Patent No: 6,440,316, August 27, 2002.

PREDICTING SPONTANEOUS COMBUSTION TENDENCY OF COAL
WITH PROXIMATE ANALYSIS

Ö. Serdar YILDIRIM

Ministry of Energy and National Resources,
General Directorate of Energy Affairs, Ankara/Turkey

ABSTRACT: Spontaneous combustion tendency is generally determined in specially designed experimental set-ups. In this study, it is aimed to develop a model which predict spontaneous combustion tendency without needing such a set-up. This model needs only the proximate analysis and crossing point temperature data. Basing of the proposed model to proximate analysis data is coming from the facts that, spontaneous combustion is a function of chemical structure of coal. The constructed model is expected to satisfy all the criticisms made for the existing methods. For this purpose, crossing point temperature values of 37 different coal samples were determined. Also, the proximate analyses of the coal samples were performed. Single- and multi-variable regression analyses were applied on crossing point temperatures and results of the proximate analysis. The model which was derived from the multi-variable regression analysis gave meaningful correlation in explaining spontaneous combustion tendency of coal.

KÖMÜRDE KENDİLİĞİNDE YANMAYA YATKINLIĞIN KISA
KİMYASAL ANALİZ İLE BELİRLENMESİ

ÖZET: Kendiliğinden yanmaya yatkınlık genellikle özel olarak tasarlanmış deney setlerinde belirlenmektedir. Bu çalışma kendiliğinden yanmaya yatkınlığı deney setine gereksinim duymadan bir model geliştirmeyi amaçlamaktadır. Model için sadece kısa kİmyasal analiz ve kesişim noktası sıcaklığı verileri gereklidir. Modelin kısa kİmyasal analiz verilerine dayanması; kendiliğinden yanmanın kömürün kİmyasal yapısının bir fonksiyonu olmasına dayanmaktadır. Oluşturulan model günümüzde varolan yöntemlere yapılan eleştirileri karşılama umudu vermektedir. Bu amaçla 37 farklı kömür örneğinin kesişme noktası sıcaklığı belirlenmiştir. Ayrıca örnek kömürlerin kısa kİmyasal analizleri de yapılmıştır. Kesise noktası sıcaklığı ile kısa kİmyasal analiz verileri arasında tek ve çok değişkenli korelasyon yapılmıştır. Çok değişkenli regresyon analizinden sağlanan model kömürün kendiliğinden yanmaya yatkınlığını açıklamada anlamlı korelasyon vermektedir.

1. INTRODUCTION

Spontaneous combustion is defined as the process of self heating of coal by slow oxidation so to increase in the temperature over 60-80°C critical temperature, sometimes ending with open fire (Mahadevan and Ramlu, 1985; Didari, 1986; Banerjee, 1985). Because of the complexity of spontaneous combustion, this mechanism has been tried to explain with several theories as pyrite, bacteria, moisture and oxidation theories (Eroglu and Gouws, 1993).

In order to determine the spontaneous combustion tendency of coal, several methods which are listed below, were suggested. Most of these methods depending upon either oxidation rate or determination of ignition temperature (Eroglu, 1992; Karpuz et al., 2000).

Chemical Methods:	Methods on Heat Exchange:
- Oxygen Consumption	- Direct Observations
- Dynamic	- Isothermal Calorimeter
- Reaction With several Chemicals	- Adiabatic Oxidation
	- Ignition temperature
	- Differential Thermal Analysis
	- Olpinski

However, there are some criticisms on these methods, which are classified by Wade, (1988) as artificiality, dependency to single parameters, insufficient general utility, non-superiority, long experimental

200

durations, expensive set-ups, difficulty and subjectivity (Kaymakci, 1998). For this reason, the method, to be developed for the determination of spontaneous combustion tendency, should be away from these criticisms.

Therefore, the aim of the present study is the development of a simple and cheap model which determines spontaneous combustion tendency in short duration. However in this study coal classifications are not taken into consideration. General approach is given by this study.

2. MATERIALS AND METHOD

In this study, a sample mass composed of 37 different coal samples was utilized. Test samples were put into air-tight boxes after the sampling process. Test samples were dried in open air under room temperature. The results of the proximate analysis of these samples are given in Table 1.

Tendencies to spontaneous combustion of coal samples were determined by a method based on the differential thermal analysis. The schematical representation of set-up for the determination of spontaneous combustion tendency is given in Figure 1. The set-up was composed of 4 main parts which were two sample holders, air and nitrogen flow system and measurement system (Kucuk, 1995).

Test samples were passed through crashing and grinding processes. Each samples size distribution were arranged in between -38-212 µm. The test sample used in tests were 60 gr and it was formed equal weight sampling procedure in

*PREDICTING SPONTANEOUS COMBUSTION TENDENCY OF COAL
WITH PROXIMATE ANALYSIS*

Table 1. Proximate Analysis and Crossing Point Temperature Values of the Sample Mass

Sample No	Moisture	Volatile Matter	Fixed Carbon	Ash	Crossing Point Temperature, °C
1	13.03	32.57	28.5	25.9	151
2	11.87	34.2	30.27	23.66	171
3	6.17	28.56	27.4	37.87	156
4	6.33	29.91	28.25	35.51	142
5	1.12	22.03	30.2	46.65	122
6	7.77	33.94	29.32	28.97	135
7	6.58	29.96	28.93	34.53	141
8	11.97	34.63	36.19	17.21	151
9	10.12	25.09	28.58	36.21	135
10	12.72	30.39	31.22	25.67	150
11	0.96	17.99	46.67	34.38	120
12	3.95	38.88	41.92	15.25	134
13	10.93	41.01	31.53	16.53	156
14	11.78	44.51	28.19	15.52	153
15	12.24	47.27	8.38	32.11	142
16	11.22	61.54	11.44	15.8	158
17	9.77	39.06	11.93	39.24	173
18	12.97	47.82	29.84	9.37	158
19	3.98	38.07	36.19	21.76	131
20	5.22	39.55	31.21	24.02	124
21	13.89	48.26	30.57	7.28	149
22	9.5	41.54	27.92	21.04	150
23	1.85	17.17	51.6	29.38	122
24	3.17	20.76	50.6	25.47	123
25	11.66	34.79	27.4	26.15	144
26	11.44	32.98	27.02	28.56	139
27	10.95	32.53	24.63	31.89	136
28	13.61	38.29	27.85	20.25	142
29	13.08	31.15	20.8	34.97	146
30	13	41.6	9.61	35.79	143
31	13.73	28.9	24.86	32.51	147
32	10.63	29.63	27.38	32.36	150
33	12.2	37.88	28.71	21.21	159
34	12.14	36.08	25.52	26.26	158
35	9.36	31.19	26.51	32.94	148
36	7.23	29.33	26.84	36.6	143
37	0.38	43.83	17.96	37.83	115

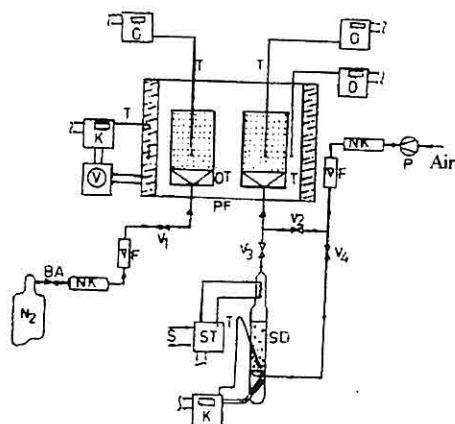


Figure 1. Spontaneous combustion tendency experimental set-up (Kucuk, 1995).

(PF: Programmable Furnace, OT: Sample Holder, ST: Circulating thermostat, SD: Water vapor saturation device, NK: moisture dryer, BA: pressure adjustment, T: Thermocouple, K: Control device, O: Measurement Device, P: Pump, F: Flowmeter, Vi's : valves).

between -38-212 μm particle sizes. In each measurement, 60 g of sample was put into the sample holder, which is then placed in the furnace programmed to a constant heating rate. Air and nitrogen gas were given to each sample holder at the same rates.

The point at which air curve intercepts the furnace curve was considered as crossing point temperature. The measured crossing point temperatures for samples are given in Table 1.

3. DISCUSSION

The purpose of this study was to explain the spontaneous combustion tendency with proximate analysis values of the coal (Yildirim, 2002). Single-variable statistical analysis was performed between crossing point temperatures and proximate analysis data. The coefficients of determination obtained with this single-variable analysis are given in Table 2 (The data of 6 of the coal samples are not included in the statistical analysis). It can be seen from Table 2 that it is impossible to correlate crossing point temperature with a single-variable.

To the contrary of the single variable regression studies, the multi-variable regression analysis performed with all considered parameters gave high correlation coefficients. In these analyses, the dependent variable was crossing point temperature and the independent variables

Table 2. Certainty levels between crossing point temperature and proximate analysis values.

Relationship	Coefficient of Determination
Crossing Point Temperature -Moisture	0.53
Crossing Point Temperature -Volatile Matter	0.33
Crossing Point Temperature -Fixed Carbon	0.44
Crossing Point Temperature -Ash	0.08

*PREDICTING SPONTANEOUS COMBUSTION TENDENCY OF COAL
WITH PROXIMATE ANALYSIS*

were moisture, volatile matter, fixed C and ash of coal. Multi-variable statistical analyses were realized by using the software SPSS 10.0. The best models obtained with these studies are given in Table 3 and the statistical parameters of these models are presented in Table 4.

Table 3. Models having Approaches to Crossing Point Temperature.

Model	
1	$KS = 278.082 - 0.142NM - 1.954SK - 1.105UM - 1.333KL$
2	$KS = 143.876 - 1.990NM - 0.608SK + 0.238UM$
3	$KS = 151.429 + 1.380NM - 0.649SK$

KS: Crossing Point Temperature, °C; NM: Moisture, %; SK: Fixed Carbon, %; UM: Volatile Mater, %; KL: ash, %

would be useful from minimizing point of view of these criticisms. Therefore, this study aimed to develop such a model basing on proximate analysis data.

Since the number of samples in this study was limited, it was not possible to use their results in coal classification. However this model supply general approach in coal industry.

In the multi-variable models the acceptable model with a considerable coefficients of determination is found as the following one:

$$KS = 278.082 - 0.142NM - 1.954SK - 1.105UM - 1.333KL$$

This resultant model will reduce the special experimental set-up requirement and so will be beneficial in terms of cost and duration.

Table 4. Statistical Properties of the Models

Model	Correlation Coefficient	Coefficients of Determination	Standart Error	Calculated F	P=0.05 Ft
1	0.744	0.554	9.338	8.060	2.74
2	0.743	0.552	9.177	11.101	2.96
3	0.734	0.539	9.147	16.349	3.34

4. CONCLUSIONS

There are some criticisms on the laboratory methods used in determining spontaneous combustion tendency. Some of these criticisms are related to experimental conditions, duration, cost. The prediction of spontaneous combustion tendency with proximate analysis data

5. REFERENCES

- Banerjee, C.S., (1985). *Spontaneous Combustion of Coal and Mine Fires*, Balkema, Rotterdam, p.168.
- Didari, V., (1986). "Spontaneous combustion of coal in underground and risk indices.", *Madencilik*, 25(4), 29-33. (In Turkish)

- Eroglu, N., and Gouws, J.M., (1993). "Theories of Spontaneous Combustion of Coal.", *Madencilik*, 32(2), 13-18. (In Turkish)
- Eroglu, N.H., (1992). "Factor affecting the spontaneous combustion index", *University of the Witwatersrand, Johannesburg*, PhD Thesis, 269 pages.
- Karpuz, C., Guyaguler, T., Bagci, S., Bozdag, T., Basarir, H., Keskin, S., (2000). "Determination of spontaneous combustion tendency of lignites: Part I-Risk classification.", *Madencilik*, September-December 2000, 3-13. (In Turkish)
- Kaymakci, E., (1998). "Development of a method applicable to Zonguldak coal mines, for the evaluation of the natural tendency to spontaneous combustion.", *ZKU PhD Thesis, Zonguldak*, 148 pages. (In Turkish)
- Kucuk, A., (1995). "An investigation on the spontaneous combustion tendency of Aşkale lignite.", *MSc Thesis, Ataturk University, Erzurum*, 56 pages. (In Turkish)
- Mahadevan, V., and Ramlu, A.M., (1985). "Fire risk rating of coal mines due to spontaneous heating.", *J. Mines, Metals and Fuels*, August 1985, 357-362.
- Yildirim, S.O., (2002). "Electrical, Color and Thermogravimetical Modelling of Spontaneous Combustion Tendency of Coal.", *PhD Thesis, S. Demirel University, Isparta*, 311 pages.

MARDİN TAŞININ YAPI TAŞI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

C. Okay AKSOY, Kerim KÜÇÜK, Mete KUN, Sabit GÜRGÜN

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

ÖZET: Yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan kayaçlar, köken olarak farklılık göstermeleri nedeniyle piyasada değişik kullanım alanları bulmaktadır. Doğal taşların fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri, kullanım alanlarının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır.

Mardin ili civarında yaygın bir şekilde kullanılan, yöresel olarak "Nahit Taşı" adıyla bilinen taş, eski dönemlerden günümüze kadar Mardin evlerinin yapı taşı olmuştur. Bu çalışmada, Nahit taşının yapı taşı olabilirliğinin araştırılması amacıyla çeşitli laboratuar deneyleri yapılarak, elde edilen sonuçlar ilgili yapı taşı standartlarına göre değerlendirilmiştir.

INVESTIGATION OF THE USABILITY OF MARDİN STONE AS A DIMENSION STONE

ABSTRACT: Because of the original differences, it is well known that dimension stones have different usage area in the market. During the determination of usage area, the physical, mechanical and chemical properties of natural stones have great importance.

The natural stone widely used in Mardin region and called locally "Nahit Stone" has been used as a dimension stone of Mardin houses since ancient times. In this study, some laboratory experiments have been carried out and the results have been evaluated according to some dimensional stone standards to investigate the possibility of dimension stone usage of Nahit stone.

1. GİRİŞ

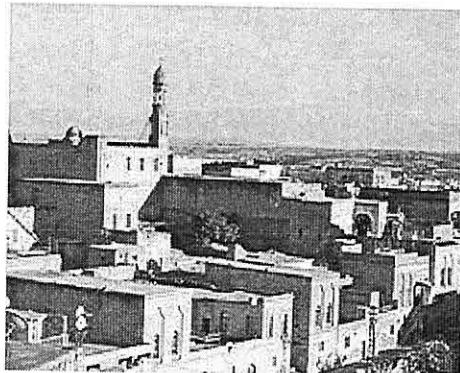
Bu çalışmada, Mardin ilinde yaygın bir biçimde yapı taşı olarak kullanılan neojen yaşlı fosilli kireçtaşlarının, yapı taşı olarak kullanımı için uygunluğu kaya mekaniksel ve termal özellikleri incelenerek araştırılmış ve bulunan sonuçlar irdelenmiştir.

Yörede yaygın şekilde yüzyıllardır özellikle yaşam alanlarında sıkça kullanılan bu temel yapı elemanın kökemi ve spesifik özelliklerini de çalışma kapsamında incelenmiştir.

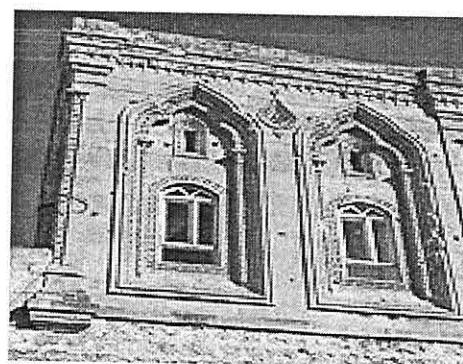
Midyat evlerinde kullanılan kayaç, kalker taşı olarak adlandırılan, neojen yaşlı fosilli kireçtaşı açık renkli, sarımsı fiziksel görünümü ve çok kolay kesilip işlenebilme özelliğine sahiptir. Bu özelliğinden dolayı kayaç, rahat şekilde işlenebilmekte, yapılarda farklı mimari ve zengin süslemelerin elde edilmesine olanak vermektedir.

Ocaktan üretildikten bir süre sonra sertleşen (iceriğindeki doğal nemi atmosferde kaybetmesinden dolayı) ve iklim şartlarına dayanıklılık kazanan bu kireçli oluşum, Mardin yapı tarihinin her devrinde aynı rahatlıkla kullanılmış ve halen kullanılmaktadır. Resim 1 ve 2' de Mardin yapılarına örnek verilmektedir.

Bu tarz yapılarda herhangi bir sıva malzemesi kullanılmamakta, sadece bu kayaç yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Belirli zaman dilimlerinde yapı taşlarının temizlenmesi amacıyla, kaya kırtıntıları kum haline getirilmekte ve kum ile duvarlar ovularak temizlenmektedir.



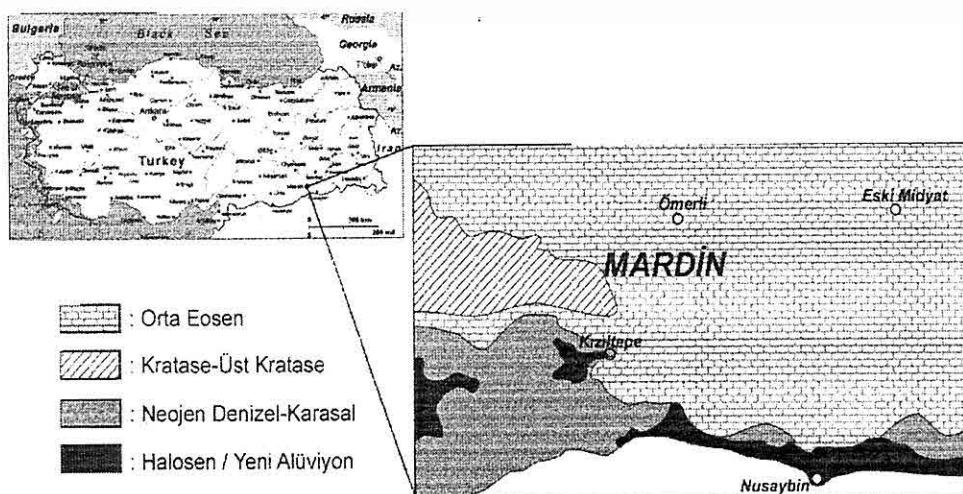
Resim 1. Mardin evlerinden bir görünüm



Resim 2. İşlenmiş taşın görünümü

2. ÇALIŞMA ALANININ JEOLOJİSİ

Bölgelinin tarihsel gelişimine bakıldığından, gerek evlerde gerekse toplu kullanıma açık mekanlarda (Camî, kilise, han vb.) sıkça kullanılan neojen yaşlı kireçtaşları, Mardin ili güneyinde gözlenen seviyelerden elde edilmektedir. Yörenin genel yapısına bakıldığından Mardin ilinin kuzeyinde ve doğusunda orta eosen yaşlı kayaçlar, batısında kratese yaşlı kayaçlar ve güneyinde ise neojen yaşlı kayaç birimlerinin hakim olduğu görülmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Mardin yörensinin jeolojisi.

3. MARDİN TAŞININ BAZI MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Kayaçların çoğunun yapıları, kristalin ve amorf parçacıkların çimentolu materyal ile birleşmelerinden oluşmuştur. Kalkerlerin bir kısmında olduğu gibi kristallerin kimyasal bileşimleri oldukça homojen bir yapı göstermektedir (Küçük ve Aksoy, 1996).

Laboratuvar ortamında, aynı numunenin 5 farklı örneği üzerinde yapılan deney sonuçları Çizelge 1'de verilmektedir. Yapılan petrografik analizler sonucunda, kayacın çok fazla boşluk içeriği, çok ince taneli, iyi derecede pekleşmemiş kireçtaşının yapısında olduğu belirlenmiştir.

İnceleme alanından alınan numuneler, atmosfer ortamında kurutulduktan sonra bu numuneler üzerinde kayacın fiziksel ve

mekanik özelliklerini belirlemek üzere bir dizi deneyler yapılmıştır. Deneylerden elde edilen veriler, TS 11137'ye göre "Kireçtaş (Kalker)-Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan" değerlendirilerek kayacın kullanılabilirliği araştırılmıştır. Ayrıca örnekler, petrografik ve kimyasal açıdan incelenmiş ve sonuçlar çizelgeler halinde düzenlenmiştir. Yapılan tüm test ve analizler TS 699'a (1987) uygun olarak gerçekleştirilmiştir (Ceylanoğlu, 1991).

4. KİMYASAL ANALİZ

Halkalı dejirmende 2 dakika öğütülen ve analize uygun tane boyutuna getirilen numune daha sonra HCl ile çözeltilerek gerekli okumalar yapılmıştır. Çizelge 2'de kimyasal analiz ve kızdırma kaybı sonuçları verilmektedir.

Çizelge 1. Mardin Taşının Mekanik Özellikleri

Deney Adı	Deney Sonuçları	TS 11137 Değerleri
Birim Hacim Ağırlığı (g/cm ³)	1,74	≥2.16
Özgül Ağırlık (g/cm ³)	2,70	---
Su Emme (%)	11,49	4 (max)
Görünen Porozite (%)	19,81	---
Doluluk Oranı (%)	64,44	---
Porozite (%)	35,56	---
Don Sonrası Kütle Kaybı (%)	0,38	2
Darbe Dayanımı (kgf.cm/cm ³)	2	6 (döşeme) 4 (dekorasyon)
Eğilmeye Karşı Dayanım (kg/cm ²)	11,4	---
Aşınmaya Karşı Dayanım (cm ³ /50.cm ²) ≤15 (dekorasyon)	47	≤10 (döşeme)

Çizelge 2. Kimyasal Analiz Sonuçları

İçerik	Yüzde Değer (%)
CaO	54,7
MgO	1,00
Fe ₂ O ₃	0,11
SiO ₂	0,124
Kızdırma Kaybı	44,07

5. TERMAL GENLEŞME ve TERMAL İLETKENLİK KATSAYISI

Hazırlanan numunelerin ısı iletim katsayılarının ölçümü, "Hot Wire" yönteminden yararlanılarak geliştirilmiş olan "Shotherm QTM-D2" cihazı ile yapılmıştır. Shotherm QTM-D2 cihazının ölçme yönteminde ısıtıcı tel, ısı iletim katsayısı bilinen yalıtkan bir malzemeyle, ısı iletim katsayısı ölçmek istenen

malzeme arasına yerleştirilir (TS EN ISO 6946, 1996).

Termal iletkenlik katsayısı kayaçta, poroziteli yapıya sahip olduğundan dolayı izolasyon malzemelerinde olduğu gibi sıfır değerine yaklaşık bir değer olması gerektiği halde yapılan ölçümlerde termal iletkenlik katsayısı 2 değerine ulaşmıştır. Bu değer taşın izolasyon malzemesi olarak kullanıma uygun olmadığını göstermektedir.

Kayacın termal genleşme katsayısının tayini içinse, 5 ayrı numune üzerinde testler yapılmıştır. Numunelerin uzun eksenleri boyunca 9 farklı noktadan 0,001 hassasiyet ile ölçü alınmış, alınan bu ölçüler L1 (Oda sıcaklığındaki uzunluk) ve L2 (Etüv sonrası uzunluk) olarak kaydedilmiştir (TS 13471, 2003).

MARDİN TAŞININ YAPI TAŞI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

Hesaplamalar sonucu kayacın termal genleşme katsayısı $1,4 \times 10^{-6}$ olarak bulunmuştur.

6. KAYACIN BASINÇ DAYANIMI

İncelenen kayacın gözenekli ve fosil içerikli olması değişken basınç dayanımları göstermesine neden olmaktadır. Basınç dayanımı kayanın kullanım yerini belirleyen önemli parametrelerin başında gelmektedir. Çizelge 3'te görüldüğü gibi Mardin taşının basınç dayanımı değişkenlik göstermekte ve doğal taşlardan beklenen özellikleri göstermemektedir. Doğal yapı taşlarının kullanılabilirliğine yönelik standart minimum basınç ve çekme dayanım değerleri Çizelge 4'de verilmektedir.

Çizelge 3. Mardin Taşının Basınç Dayanımı

Numune No.	Kırılma Yükü (kgf)	Basınç Dayanımı (Kgf/cm ²)	Kırılma Açısı (derece)
A1	1360	31,2	80°
A2	1170	26,4	75°
A3	1160	25,8	70°
A4	3310	39	80°
A5	1870	39	80°
A6	2640	56,2	70°
A7	1240	26,2	85°
A8	1560	33,7	70°
A9	3290	67,1	65°
A10	1400	30,27	70°

Çizelge 4. Doğal Yapı Taşlarında Minimum Basınç ve Çekme Dayanım Değerleri (TS EN ISO 6946, 1996)

Taş Cinsi	Basınç Dayanımı (min) kgf/cm ²	Eğilmede Çekme Dayanımı (min) kgf/cm ²
Kalker, traverten, kireç bağlayıcılı kumtaşısı	350	30
Yoğun kalker, dolomit, bazalt	500	40
Silis bağlayıcılı kumtaşı, grovak	800	60
Granit, siyenit, diyorit, diabaz, andezit	1200	75
Diğer tortul ve metamorfik taşlar	500	50
Diğer püskürük taşlar	1400	80

7. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

* Kayacın birim hacim ağırlığı $1,74 \text{ g/cm}^3$, tür. Yaklaşık olarak traverten $2,2 \text{ g/cm}^3$, granit ise $2,5 \text{ g/cm}^3$ kabul edildiğinde göreceli olarak daha hafiftir.

* Özgül ağırlık $2,7 \text{ g/cm}^3$ olup bu değer kireçtaşısı standartlarını sağlamaktadır. Ancak birim hacim ağırlık değeri arasındaki farkın yüksek olması doğal taşın poroziteli bir yapıya sahip olduğunu işaret etmektedir.

* Su emme deneyi sonucunda % 11,49 değeri elde edilmiş olup bu değer doğal yapı taşı standartlarının çok üstündedir. Bu tür doğal taşların bünyesine çok su alması yapı taşı olarak kullanımında olumsuzluk yaratmaktadır.

* Görünür porozite değeri % 19,81'dir ki bu değer T.S 2513'te olması gereken değerin çok üstündedir (TS 2513, 1977).

* Doluluk oranı % 64,44 ve buna bağlı olarak porozite değeri % 35,56'dır. Bu sonuçlara bakılarak kireçtaş standardı olan % 5'in üzerindedir ve yüksek porozite yapı taşı bakımından olumsuzdur.

* Taş Cinsi Don sonrası kütle kaybı değeri % 0,38'dir. Bu değer yapı taşı için aranan sınırlar içindedir.

* Basınç dayanımı değerleri çok değişkendir. Değişen değerler poroziteye bağlı olduğu gibi taşın fosil içerikli olmasına da bağlıdır. Ayrıca kayacın homojen yapıya sahip olmaması da bu değişkenlikte rol oynamaktadır. Sabit kırılma yüklerine sahip olmadığı için yapı taşı olarak kullanılması uygun olmayabilir.

* Darbe dayanımı 2 kg.cm/cm^3 tespit edilmiş olup bu değer TS 2513 (6 kg.cm/cm^3) değerinin altındadır. Darbe etkileri bakımından yapıda kullanılması uygun görülmemektedir.

* Aşınma dayanım değeri $47 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ olarak belirlenmiştir. Aşınma değeri standartların çok üstündedir ve bu yüzden aşınmanın fazla olduğu yerlerde kullanıma elverişsizdir.

* Eğilme dayanımı $11,4 \text{ kgf/cm}^2$ bulunmuştur. TS 2513'de kireçtaş için önerilen 30 kgf/cm^2 değerinin altında

olması yapı taşı olarak kullanılamayacağını göstermektedir.

* Termal genleşme sonuçları standartlara uygundur (TS 13471, 2003).

* Termal iletkenlik katsayısi izolasyon malzemesi olması için 0 değerine yakın olmalıdır (TS EN ISO 6946, 1996). Fakat bu doğal taşı 2 civarındadır. Bu nedenle, çalışma yapılan taşın izolasyon malzemesi olarak kullanılması uygun görülmemektedir.

8. SONUÇ ve ÖNERİLER

Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümünde yapılan deneyler sonucunda; Mardin ilinin, Midyat ilçesinde bulunan neojen yaşı fosilli kireçtaşlarının, yapı taşı için gereken mekanik özelliklere sahip olmadığı ve poroziteli yapısından dolayı değişen mekanik özellikler gösterdiği saptanmıştır.

Tek eksenli basınç dayanımı ve eğilme dayanımının düşük olmasının yanı sıra, bünyesine çok fazla su alma özelliğine sahip olması nedeniyle, yapı taşı olarak kullanılması mümkün görünmemektedir.

Gözenekli yapısından dolayı izolasyon malzemesi olarak kullanılabilir izlenimi verse de; termal iletkenlik katsayısi deneyinin beklenen değerlerde olmaması, izolasyon malzemesi olarak da kullanılamayacağını göstermektedir.

Ancak, yaz ve kış aylarında bölgede yapılan incelemeler ve gezilen yapılarda bu taşın kullanıldığı binalarda doğal klima ortamına rastlanmıştır. İzolasyon malzemesi olup olmadığını belirlemek için termal iletkenlik katsayısi tek başına

MARDİN TAŞININ YAPI TAŞI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

yeterli değildir. Bunun için taşın termal yüklenme özelliklerinin de belirlenmesi gerekmektedir.

Mardin Taşının tüm bu özelliklerine karşı kolay şekil alması ve atmosfer koşullarına dayanımı göz önüne alınlığında, kaplama ve süs eşyası olarak kullanımı daha uygundur. Bu nedenledir ki, Mardin'de bulunan bu doğal taş; bina, cami, kilise, han vb. yapılarında eski dönemlerden bu yana kullanılmış ve bölgenin özelliklerini yansittığı için bu bölge UNESCO tarafından incelenmeye alınmıştır.

9. KAYNAKLAR

Ceylanoğlu A., 1991, "Kaya Mekanığı Laboratuar Deneyleri", Cumhuriyet

Üniversitesi Müh. Fak. Maden Müh. Bölümü, Sivas.

Küçük K., Aksoy O., "Kayaçların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Tayini" D.E.U Maden Müh. Bölümü Bitirme Projesi, İzmir, 1996.

TS 699, 1987, "Tabii Yapı Taşları – Muayene ve Deney Metotları"

TS 2513, 1977, "Doğal Yapı Taşları"

TS EN ISO 6946, 1996, "Yapı Bileşenleri ve Yapı Elemanları-İsıl Direnç ve Isıl İletkenlik-hesaplama Metodu"

TS 11137, 1993, "Kireçtaşı (Kalker)-Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan"

TS 13471, 2003, "Isı Yalıtım Malzemeleri-Sanayi Tesisleri ve Bina Ekipmanları İçin Isıl Genleşme Katsayısının Tayini"

**FLOTASYON HİDRODİNAMİK DEĞİŞKENLERİNİN KONTROLÜ İLE
FLOTASYON ETKİNLİĞİNİN ARTIRILMASI**

B.Zümrüt YILMAZER, E.Cafer ÇİLEK

S.D.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Isparta/Türkiye

ÖZET: Flotasyon sürecinin etkinliği ve seçiciliği, sadece cevher içindeki farklı minerallerin yüzey özelliklerini farklılıklarına bağlı olmayıp tane-kabarcık çarpışma olasılığı, mineral tanelerinin pülp içinde dağıtılması ve flotasyon hücresına verilen havanın kabarcıklar halinde dağıtılması gibi flotasyon hidrodinamigi ile doğrudan ilişkili olan alt süreçlere de bağlıdır. Bununla birlikte, mekanik taşıma flotasyon konsantrelerinin kalitesi veya flotasyon seçiciliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu çalışmada, bazı flotasyon hidrodinamik değişkenlerinin Kastomunu-Küre konsantratörü kaba konsantresinin temizleme flotasyonu aşamasında, flotasyonla zenginleştirme başarısını ve mekanik taşıma üzerine etkileri araştırılmıştır.

Hacimsel hava akış hızı, pülp katı oranı ve köpük yüksekliği gibi önemli flotasyon değişkenleri ile Reynolds sayısı ve hava akım sayısı gibi hidrodinamik değişkenlerin farklı değerlerinde bir seri flotasyon deneyleri yapılmıştır. Sonuç olarak, tesisdeki birinci temizleme aşamasının ürün kalitesinin artırılabileceği ve böylelikle tesisdeki temizleme aşaması sayısının azaltılabileceği belirlenmiştir. Ayrıca, flotasyonun bazı hidrodinamik değişkenleri kullanılarak mekanik taşmanın kontrol altında tutulabileceği ve azaltılabileceği gösterilmiştir.

**IMPROVEMENT OF THE FLOTATION EFFICIENCY BY MEANS OF
CONTROLLING OF HYDRODYNAMIC PARAMETERS**

ABSTRACT: *The separation selectivity and efficiency of the flotation process depend not only on differences in physico-chemical surface properties of various minerals within an ore but also strongly on hydrodynamics of flotation, which directly relates many sub-processes of the flotation, such as suspension of particles in the pulp, dispersion of the air into bubbles and probability of particle-bubble collision. Mechanical entrainment plays a major role in quality of the flotation concentrate or the separation selectivity. Therefore, effects of some important hydrodynamic parameters on both the entrainment and the flotation performance in flotation of Kastomunu-Küre rougher concentrate were investigated.*

A serial flotation tests was performed under the different values of some important

operation parameters, such as volumetric flow rate of air, the froth thickness, the pulp density with Reynolds number and air flow number. As a result, it was determined that the metallurgical performance of the first cleaner stage of the plant can be improved and, this improvement could lead to decrease in the numbers of the cleaning stages in the plant. Additionally, it was demonstrated that the mechanical entrainment can be controlled and, decreased by using some important hydrodynamic and operation parameters.

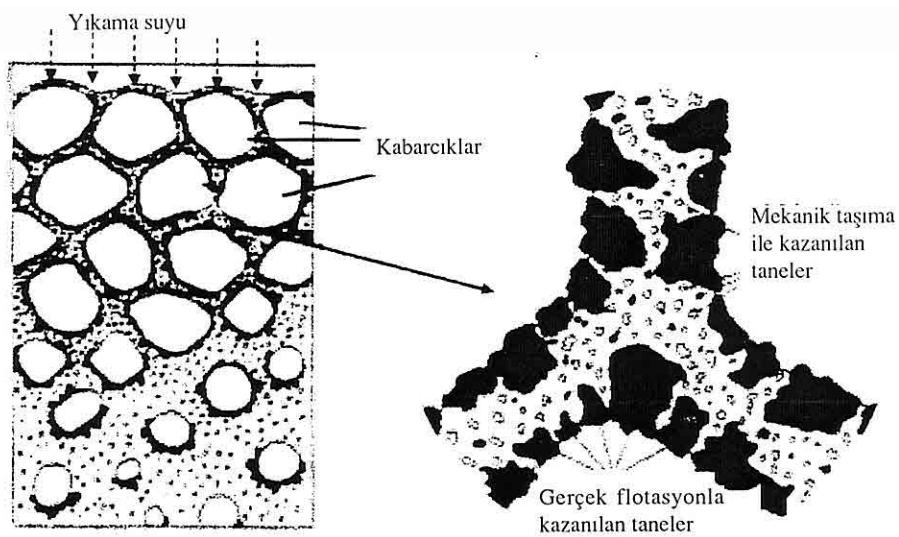
1. GİRİŞ

Flotasyon sürecinin seçimliliğini artırmak ve/veya bir tesiste yeterince yüksek tenörlü konsantre üretebilmek için temizleme aşamalarının varlığı oldukça önemlidir. Bununla beraber, flotasyon seçiciliğini etkileyen diğer etmenler dikkate alınmadan temizleme aşamaları sayısının artırılması üretilecek konsantrenin kalitesi açısından kabul edilebilir sonuçların elde edilememesine neden olmakta ve bununla birlikte tesis ekonomisini de olumsuz etkilemektedir (Smith ve Warren, 1989; Ross, 1990; Wills, 1997). Flotasyon yönteminde, kabarcıklara bağlanarak taşınan hidrofobik tanelerin yanında, ince taneler de mekanik taşıma mekanizması yoluyla kabarcıklar arasındaki sıvı filmi ile konsantreye ulaşmaktadır. İnce tanelerin, fizikokimyasal yüzey özellikleri farklılığından bağımsız olarak, su ile konsantreye sürüklenebilmeleri sebebiyle mekanik taşıma seçici olmayan bir süreçtir ve flotasyonun seçiciliğinin azalmasının bir sonucu olarak konsantre tenörü azaltmaktadır. Ayrıca temizleme aşamalarının artırılması mekanik taşımanın olumsuz etkilerini tamamen ortadan kaldırılmamaktadır. Bununla

birlikte; köpüğe titreşim uygulanması, dışarıdan yıkama suyu verilmesi ve şlam dağıtma gibi yöntemlerle, mekanik taşımanın olumsuz etkilerinin azaltılmasını amaçlayan yöntemler de önerilmekte ve uygulanmaktadır. Şekil 1’den görüldüğü gibi, yıkama suyu verilmesi ile kabarcıklar arasındaki sıvı filminin (veya besleme suyu) aşağı akışı sağlanmaktadır (Kaya ve Laplante, 1988; Kirjavainen, 1989, 1992, 1996; Smith ve Warren, 1989; Ross, 1990, 1991a, 1991b; Schubert, 1999). Diğer bir deyişle, kabarcıklar arasındaki besleme suyu ile köpük taşıma seviyesinden hücreye eklenen yıkama suyu yer değiştirmekte, yani şlam içeren besleme suyu hücre içine geri dönmete ve yıkama suyu ise köpüğe gitmektedir.

Mekanik taşımanın olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi için anılan yöntemler uygulanabileceği gibi, mekanik taşıma süreci hava akış hızı, katı oranı, köpük yüksekliği ve köpük alma süresi gibi flotasyon değişkenleri ile kontrol altında tutulabilir. Çünkü, bu değişkenler mekanik taşımayı ve flotasyonla üretilen konsantre kalitesini doğrudan etkilemektedir. Örneğin, hava akış hızının artışı köpüğün hücre içindeki yükselme

FLOTASYON HİDRODİNAMİK DEĞİŞKENLERİNİN KONTROLÜ İLE FLOTASYON ETKİNLİĞİNİN ARTIRILMASI



Şekil 1. Flotasyonda mineral tanelerin kazanılma mekanizmaları ve yıkama suyunun mekanik taşıma etkisinin şematik gösterimi

hızını ve hücreyi terketme hızının artmasına yol açmaktadır. Kati oranı artışı ise, yoğunluk ile doğrudan ilişkili olması nedeniyle hava kabarcıklarının yer değiştirmeye hızının azalmasına, ayrıca konsantreye kabarcıklar arasında taşınan ince tane miktarının artmasına neden olduğu bilinmektedir. Kabarcıklar arasındaki sıvı filmiyle konsantreye taşınan ince tane miktarı artışına neden olan değişkenlerden bir diğeri köpük alma süresinin gereğinden daha uzun tutulması olarak bilinmektedir (Engelbrecht ve Woodburn, 1975; Warren, 1985; Kaya ve Laplante, 1988; Subrahmanyam ve Forssberg, 1988a, 1988b; Kirjavainen ve Laapas, 1988; Kirjavainen, 1989, 1992, 1996; Smith ve Warren, 1989; Ross, 1990, 1991a, 1991b; Çilek ve Özvezir, 1999;

Çilek ve Umucu, 2001; Neethling ve Cilliers, 2002).

Flotasyonla üretilen konsantrelerin kalitesi, yukarıda açıklanan flotasyon değişkenleri yanında bu değişkenlerin değerleri kullanılarak hesaplanan flotasyon hücresi hidrodynamic değişkenleri tarafından da etkilendirmektedir. Flotasyon hücresi içine beslenen havanın kabarcıklar halinde dağılması, hava kabarcığı ile mineralin çarpışma hızı ayrıca, pülp içindeki tanelerin çökelmemesi ve diğer yandan ince tanelerin dalgalanmalar etkisiyle pülp-köpük arayüzeyinden konsantreye geçmesi, hidrodynamic değişkenlerden biri olan ‘Reynolds sayısı’ ve ‘Hava akış sayısı’ ile ve dolayısıyla hava akış hızı ve pervane dönüş hızı ile doğrudan ilişkilidir. Bu çalışmada etkileri

inceLENEN deĞiŞKENLERDEN Reynolds sayISI;

$$R_e = \frac{\rho ND^2}{\mu} \quad (1)$$

ve hava akIS sayISI;

$$N_0 = \frac{Q}{ND^3} \quad (2)$$

Burada,

Q = Hacimsel hava akIS hızI, l/dk

ρ =Akişkan yoğunluğu, g/ml

N =Karıştırıcı hızI, dev/dak

D = Karıştırıcı çapI, cm

μ =Akişkanın viskozitesi, kg .s/m²

Reynolds sayısı ile çok benzer deĞiŞKENLERLE hesaplanabilen Froude sayısı, hücre içindeki akISIN niteliğinin belirlenmesinde Reynolds sayısı yerine kullanılabilmektedir. Tanelerin dağılmış halde kalmasının bir ölçüsü olarak tanımlanan Güç sayISININ karıştırma hızI ile bağlantılı olması sebebiyle, karıştırma hızININ artması ara yüzey dalgalanmalarının artması sonucunu doğurmaktadır. Bu durum, köpükle kazanılması gereken tanelerin içine pülpün karışmasına ve taneleri dağılmış halde tutmak için daha fazla güç harcanmasına sebep olmaktadır. Flotasyon makinasına beslenen hava miktarı ile ilişkili olarak tanımlanan hava akIS sayISI, köpük dengesinin sağlanmasına etki etmektedir (Schubert, 1999; Rodriges vd. 2001).

Belirtilen bu etkilerle, hava akIS hızI, köpük yüksekliği, katı oranı ve köpük alma süresi gibi flotasyon deĞiŞKENLERI ve

bu deĞiŞKENLERLE ilişkili olan hücre hidrodinamik deĞiŞKENLERI, mekanik taşıma ve flotasyon başarısında önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle söz konusu deĞiŞKENLERIN kontrol edilmesi, mekanik taşimanın olumsuz etkilerinin azaltılması açısından önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, Kastamonu-Küre Flotasyon tesisi kaba konsantresinin flotasyonunda mekanik taşıma ve flotasyon başarısını (konsantre tenör ve verimi) etkileyen flotasyon deĞiŞKENLERIN optimum değerlerinin belirlenmesi ve böylece mekanik taşimanın en aza indirgenmesi ile, temizleme konsantresinin kalitesinin artırılması ve buna bağlı olarak temizleme aşaması sayılarının azaltılması amaçlanmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1 Malzeme

Karadeniz bölgesinde yer alan Kastamonu-Küre bakır flotasyon tesisinde, masif ve emprenye olarak adlandırılan iki farklı cevherin ortalama %1.5 Cu tenörlü bir karışımı zenginleştirilmektedir. Masif cevherde, ana bakır minerali kalkopirit çoğunlukla pirit minerali içinde dağılmış halde bulunmakta olup cevher içinde silisli mineraller azınlıktadır (%10-15). Emprenye bakır cevherinde ise, ana bakır minerali olarak silisli yapı içinde ince boyutta saçılımış kalkopirit minerali bulunmaktadır (Sırkeci vd., 1996; Bulut vd., 1996; GüI vd. 1997; Arslan vd. 1998). Cevher içindeki değerli mineralin, diğer sülfürlereNden ve silisli minerallerden serbestleşme boyutu -0.038 mm dir.

*FLOTASYON HİDRODİNAMİK DEĞİŞKENLERİNİN KONTROLÜ İLE FLOTASYON
ETKİNLİĞİNİN ARTIRILMASI*

Flotasyona beslenen cevher, %1.1 Cu ve %23.4 Fe içermektedir. Tesiste üretilen kaba konsantrه dört defa temizlenerek ortalama %15-18 Cu içeren bir nihai konsantrه ve göreceli olarak yüksek pirit içeriğine sahip bir artık üretilmektedir (Yılmazer, 2002).

Deneylede, Kastamonu-Küre Bakır flotasyon tesisinden sağlanan kaba konsantrه numunesi kullanılmıştır. Kaba konsantrه numunesi ortalama %6.02 Cu ve %36.12 Fe içermektedir. Kaba konsantrه numunesinin tane boyutu-mineral dağılımı Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Kaba konsantrه elek-mineral denge çizelgesi

Tane boyu (mm)	Ağr. %	Tenör, %			Kümülatif elek altı								
		Cu	Fe	Ağr., %	Metal, %		Mineral, %			Dağılım, %			
					Cu	Fe	CuFeS ₂	FeS ₂	Gang	CuFeS ₂	FeS ₂	Gang	
+0.053	6.02	14.5	32	100	6.02	36.12	17.40	66.20	16.39	100	100	100	
-0.053+0.038	18.5	10	35.5	93.98	5.48	36.4	15.84	67.80	16.37	85.52	96.24	93.84	
-0.038+0.020	34.04	5.5	36	75.48	4.37	36.6	12.64	70.36	16.99	54.78	80.21	78.24	
-0.020	41.44	3.46	37.1	41.44	3.46	37.09	9.98	73.16	16.85	23.72	45.79	42.59	
Toplam	100	6.02	36.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Numunenin tane boyutu-mineral dağılımı incelendiğinde, tane boyutu azaldıkça, kalkopirit tenörünün düşüğü, pirit tenörünün yükseldiği açıkça gözlenebilirken, kalkopirit ve pirit tanelerinin çoğunuğunun ince boyutlarda toplandığı görülmektedir. Ayrıca, kaba konsantrه numunesinin ince boyutlu (-0.020 mm) fraksiyonunun çoğunuğunun (bu çalışmada bir gang olarak nitelendirildi) pirit mineralinden oluştuğunu söyleyebilir.

2.2. Yöntem

Flotasyon deneylerinde, Denver Sub-A flotasyon makinası ve 1 lt hacimde hücre kullanılmıştır. Deneyler esnasında, pH 11.5'de sabit tutulmuştur. 20 dakika pH koşullandırma süresini takiben dağıtıçى olarak 500 g/t Na₂SiO₃ 5 dakika koşullandırıldıktan sonra toplayıcı olarak 100 g/t Hostaflot X-231 (Hoechst) ilave edilerek 3 dakika daha koşullandırılmıştır. Köprütcü olarak 25 g/t DF-250 kullanılmış ve 1 dakika sonra köpük alınmaya başlanmıştır.

Köpük alınma aşaması boyunca, köpük

yüksekliğinin sabit tutulması amacıyla, hücre içeresine pülp ile eşdeğer pH'a sahip su ilave edilmiştir.

Deneyle 1, 1.5 ve 2.5 dakikalık köpük alma sürelerinde yapılmıştır. Köpük yükseklığının sabit olduğu pülp hacmi bulunarak, %10, %20 ve %30 katı oranları için, pülp hacminin sabit kalması sağlanmıştır. Her bir deney sonunda konsantrه ve artık için toplam pülp hacimleri ölçülmüş ve bu değerlerden ilave su hacimleri çıkarılarak, net pülp

hacimleri bulunmuştur. Deneylerden elde edilen konsantre ve artık kurutulduktan sonra elde edilen bu ürün miktarları yardımıyla bu ürünlerin su hacimleri belirlenmiştir. Kurutulan her bir ürünün Cu ve Fe içerikleri Alpha 4 marka Atomik absorbsiyon spektrofotometri cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Cevher içindeki kalkopirit ve pirit dışındaki minerallerin toplamı sülfür olamayan gang olarak değerlendirmeye alınmıştır. Flotasyon hidrodinamik değişkenlerinin flotasyon performansına ve mekanik taşımaya etkileri incelemek amacıyla uygun olarak, deneysel çalışmalarında uygulanan flotasyon deney şartları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Uygulanan flotasyon şartları

pH	11.50
Karıştırıcı hızı	1300 dev/dk
Na ₂ SiO ₃	500 g/t
Hostaflot X-231	100 g/t
DF-250	25 g/t
Köpük yüksekliği, T _f	2 – 6 cm
Katı oranı	% 10 – 30
Hava akış hızı, Q _a	5 – 9 l/dk
Flotasyon süresi	1 – 2.5 dk
Reynolds sayısı, R _e	123184.38 80627.06
Hava akış sayısı, N _Q	0.023324 0.00583

3. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

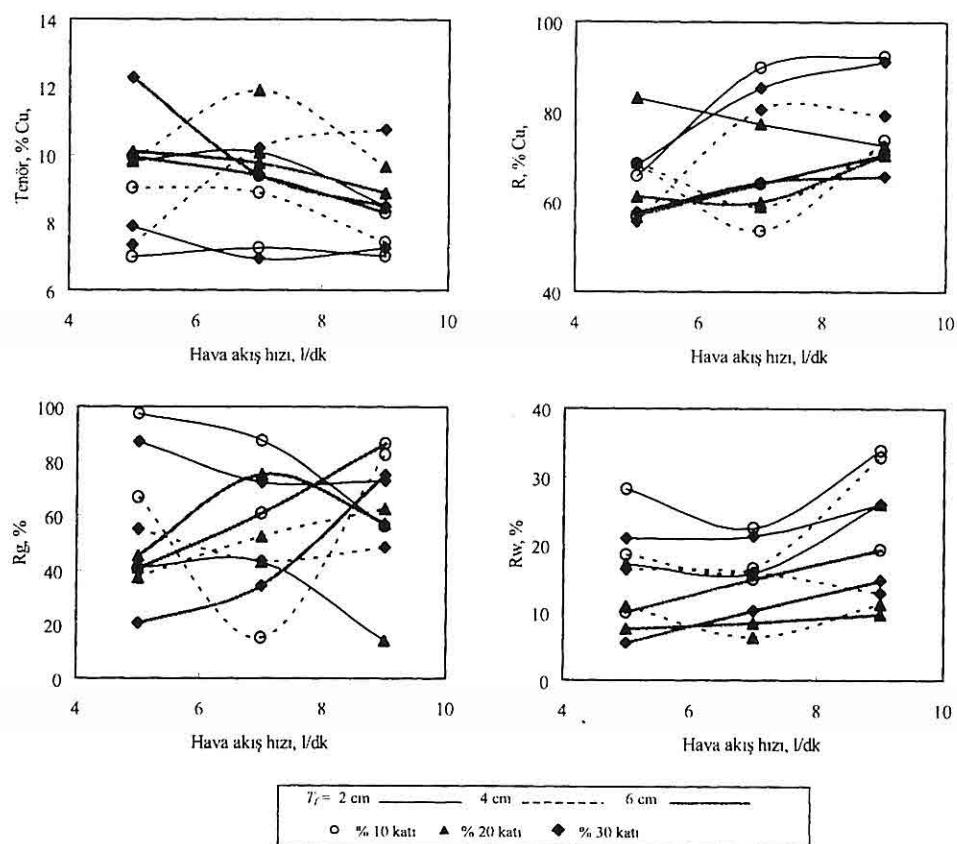
Çizelge 2'de verilen flotasyon şartlarının yanı sıra farklı katı oranları (% 10, 20, 30) ve köpük yükseklikleri (2, 4, 6 cm) kullanılarak 1 dakika köpük alma

süresinde yapılan seri flotasyon deneylerinden elde edilen sonuçlar Şekil 2' de verilmiştir.

Şekil 2'den görülebileceği gibi, 1 dakika köpük alma süresinde hava akış hızı ve buna bağlı olan hava akış sayısı ile katı oranı ve bununla doğru orantılı olan pülp yoğunluğu ve viskozitesi arttıkça, konsantre tenörünün düşmesine karşılık konsantre veriminin arttığı belirlenmiştir. Bu sonucun, hava akış sayısı ile doğru orantılı olan hava akış hızındaki artışın, köpüğün yükselme ve terketme hızını, dalgalanmalar etkisiyle su - köpük arayüzeyinde pülden köpüğe ince tane geçişini artırması ile gerçekleştiği söylenebilir. Ayrıca 1 dakika köpük alma süresinde; hava akış hızı artışının, konsantre akış hızının artırmasına neden olması ve köpük bölgesi içinde besleme suyunun pülp içine akışını azaltmasının bir sonucu olarak hava akış hızı ve katı oranı arttıkça gang verimi ve su veriminin arttığı gözlenmektedir.

Benzer şekilde 1.5 dakika ve 2.5 dakika köpük alma sürelerinde, Çizelge 2' de verilen flotasyon şartları (%10, 20, 30 katı oranı; 2, 4, 6 cm köpük yüksekliği ve 5, 7, 9 l/dk hava akış hızı) kullanılmıştır. Hava akış hızı artışı, hava kabarcığı ile mineralin çarpışma hızını da artırmaktır ve hidrofobik tanelerin kabarcık yüzeylerinden yansımmasına sebep olması dolayısıyla konsantre tenör ve veriminin düşmesine neden olduğu bilinmektedir. Bu durum, 1.5 dakika köpük alma süresinde %30 katı oranında ve 4 cm köpük yüksekliğinde belirgin bir şekilde

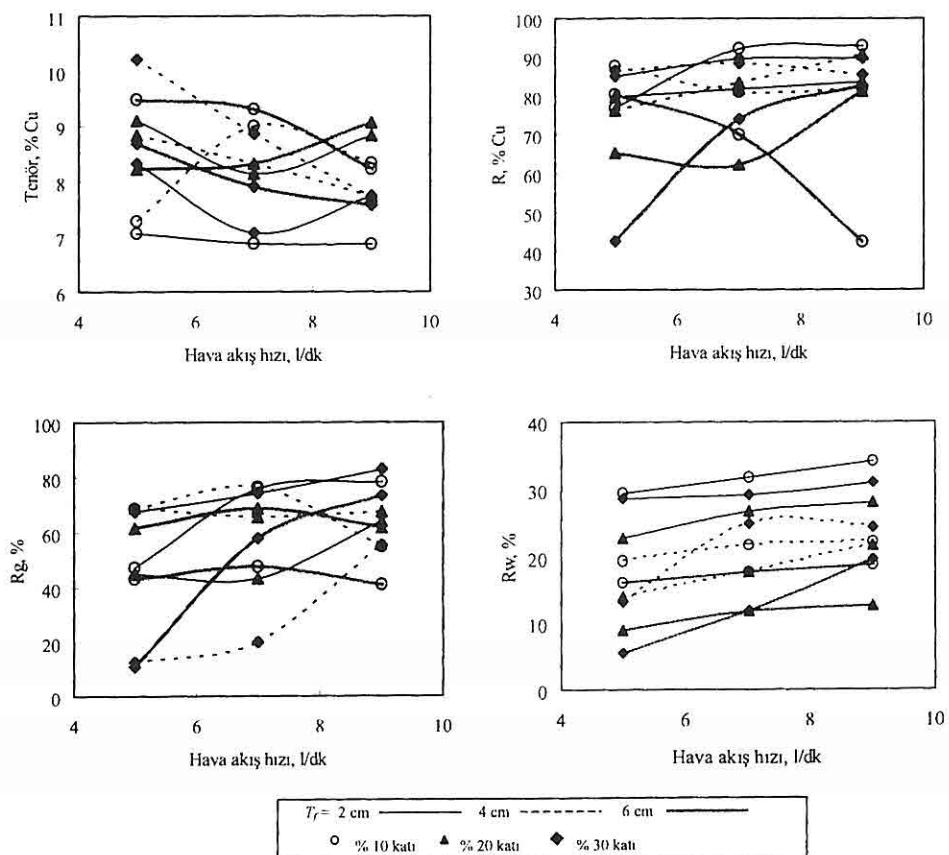
FLOTASYON HİDRODİNAMİK DEĞİŞKENLERİNİN KONTROLÜ İLE FLOTASYON ETKİNLİĞİNİN ARTIRILMASI



Şekil 2. 1 dakika köpük alma süresi için hava akış hızının bir fonksiyonu olarak temizleme konsantresi tenörü, verimi, gang verimi ve su veriminin değişimi.

görmektedir. Katı oranı artışı ise hücre içindeki hava kabarcıklarının yer değiştirme hızını artırması ve ayrıca sıvı filminin daha viskoz hale gelmesi ve suyun pülp içine akışının azalması dolayısıyla Reynolds sayısı ile bağlantılıdır. Bu etkiler, 1.5 dakika ve 2.5 dakika köpük alma süresinde yapılan deneylerden alınan sonuçlarda da gözlenmiştir. 2.5 dakika köpük alma süresinde %30 katı oranında ise bu

sonuçlarla çelişkili olarak gang veriminin hava akış hızı arttıkça azaldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, 2.5 dakika köpük alma süresinde ve %10 katı oranında ve 6 cm köpük yüksekliğinde konsantrat tenörünün hava akış hızı arttıkça yükseldiği saptanmıştır. Bu durum, köpük yüksekliği artışının düşük katı oranlarında ince tanelerin pülp içine akışının daha fazla artmasına sebep olmasına bağlanabilir. Ayrıca köpük alma



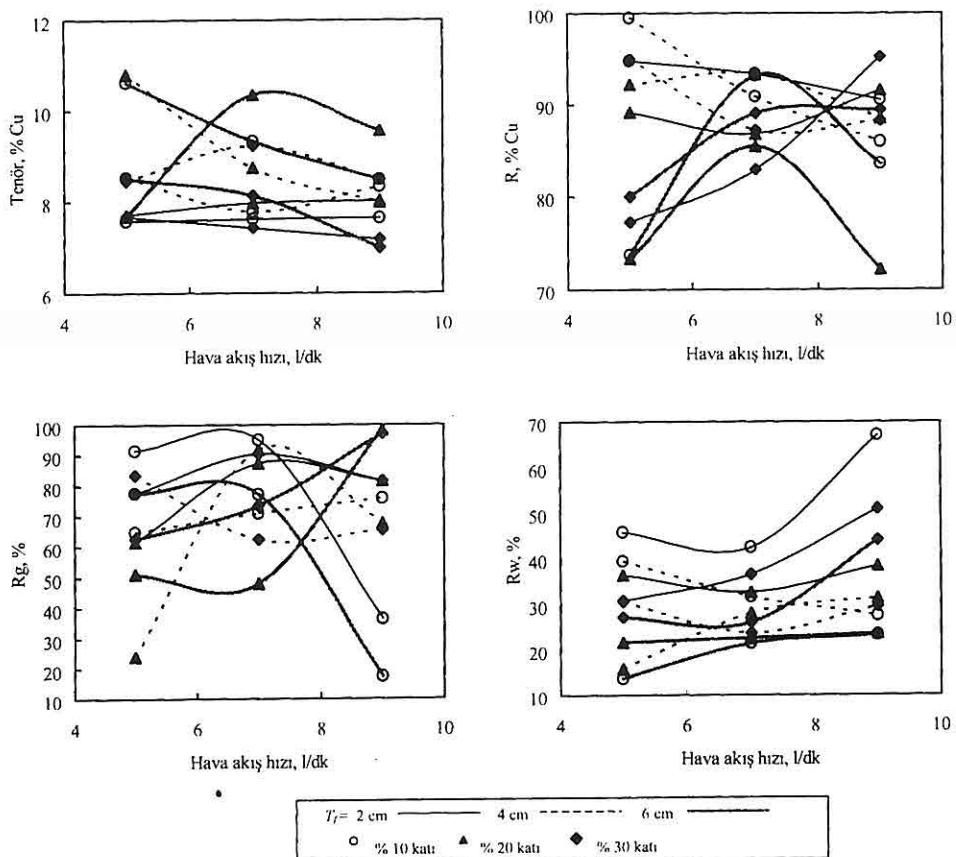
Şekil 3. 1.5 dakika köpük alma süresi için hava akış hızının bir fonksiyonu olarak temizleme konsantresi tenörü, verimi, gang verimi ve su veriminin değişimi

süresi arttıkça, kabarcıklar arasındaki sıvı filmi ile konsantreye taşınan ince tane miktarının artması sebebiyle mekanik taşıma oranı artmaktadır

Bilindiği gibi, Reynolds sayısı ve hava akış sayısı hücreye verilen hava hızının, pülp karakteristiklerinin ve karıştırma hızının fonksiyonlarıdır. Doğal olarak bu boyutsuz hidrodinamik değişkenlerin etkisi uygulanan diğer çalışma şartları ile

de etkileşim halinde olmaktadır. Bu nedenle, Şekil 5 'ten de görüleceği gibi Reynolds ve hava akış sayıları ile flotasyon başarısı arasında bir paralel ilişkinin varlığının kabul edilmesi mümkün olamamaktadır. Flotasyon hidrodinamik değişkenlerinin mekanik taşıma ve flotasyon başarısı üzerine etkileri üzerinde doğru yargılara oluşturabilmek ancak diğer flotasyon

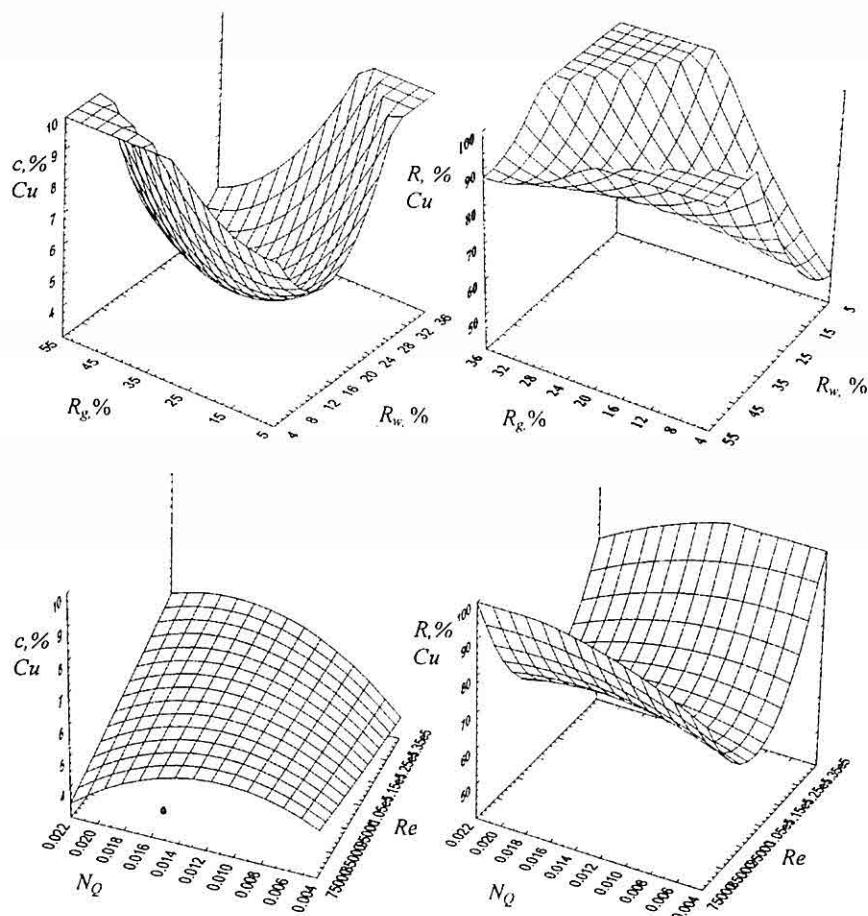
FLOTASYON HİDRODİNAMİK DEĞİŞKENLERİNİN KONTROLÜ İLE FLOTASYON ETKİNLİĞİNİN ARTIRILMASI



Şekil 4. 2.5 dakika köpük alma süresi için hava akış hızının bir fonksiyonu olarak temizleme konsantresi tenörü, verimi, gang verimi ve su veriminin değişimi.

şartlarının etkisi dikkate alındığında mümkün olabileceği, tüm deneysel verilerin kullanılarak oluşturulan ve Şekil 5'te verilen yanıtım yüzeylerinden de açıkça görülmektedir. Elde edilen deneysel veriler ve yapılan bu değerlendirmelerin ışığında, kaba konsantrasyonun temizleme flotasyonu için optimum hidrodinamik değişken değerleri: %20 katı oranı, 5 l/dk

hava akış hızı, 6 cm köpük yüksekliği ve 1 dakika köpük alma süresi olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu optimum değerler kullanılarak, tesisde uygulandığı gibi dört aşama temizleme deneyleri yapılmıştır. Ayrıca, optimum şartlar ile tesisde uygulanan şartların karşılaştırılabilmesi için, tesis flotasyon şartları (köpük yüksekliği, hava akış hızı kontrol edilmeden ve dağıtıçı



Şekil 5. Temizleme konsantresi gang verimi ve hidrodinamik değişkenlerin temizleme flotasyonu performansı üzerine etkileri.

kullanılmadan) laboratuvara uyarlanarak dört aşama temizleme deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerden alınan sonuçlar Çizelge 3 ve Çizelge 4'de verilmiştir.

Köpük yüksekliği ile hava akış hızı kontrol edilmeden yapılan 4 aşama temizleme deneyleri belirlenen optimum flotasyon şartlarında elde edilen sonuçlarla

karşılaştırıldığında, optimum şartlardaki 3.Temizleme konsantresi Cu içeriğinin (%15.85) tesis şartlarında yapılan

4.Temizleme konsantresi Cu içeriğinden (%13.42) göz ardı edilemeyecek oranda yüksek olduğu görülmektedir. Böylece, hidrodinamik değişkenler kontrol altında tutulduğunda, mekanik taşınanın azaltılabilceğini deneysel sonuçlardan

*FLOTASYON HİDRODİNAMİK DEĞİŞKENLERİNİN KONTROLÜ İLE FLOTASYON
ETKİNLİĞİNİN ARTIRILMASI*

Çizelge 3. Tesis şartlarında yapılan 4 aşama temizleme deney sonuçları.

Aşama Ürünler	Ağırlık %	Metal, %		Mineral, %			Mineral Dağılımı, %			
		Cu	Fe	CuFeS ₂	FeS ₂	Gang	CuFeS ₂	FeS ₂	Gang	
Tem-1	C	68.55	8.65	37.35	24.98	63.89	11.11	88.49	66.20	52.61
	T	31.45	2.45	35.25	7.07	71.09	21.83	11.51	33.80	47.39
Tem-2	C	80.01	10.31	36.89	29.78	59.77	10.44	95.31	75.12	73.69
	T	19.99	2.03	38.66	5.86	79.21	14.92	4.69	24.88	26.31
Tem-3	C	76.51	12.09	36.16	34.92	54.84	10.23	89.74	70.41	73.63
	T	23.49	4.50	38.90	12.99	75.06	11.93	10.26	29.59	26.37
Tem-4	C	78.46	13.42	35.61	38.76	51.15	10.08	87.13	73.51	75.36
	T	21.54	7.22	37.60	20.85	67.13	12.01	12.87	26.49	24.64
Kaba kons.		100	6.698	36.40	19.344	65.554	15.102	-	-	-

C: Konsantre; T: artık

Çizelge 4. Optimum şartlarda yapılan 4 aşama temizleme deney sonuçları.

Aşama/ Ürünler	Ağırlık, %	Metal, %		Mineral, %			Mineral Dağılımı, %			
		Cu	Fe	CuFeS ₂	FeS ₂	Gang	CuFeS ₂	FeS ₂	Gang	
Tem-1	C	29.27	10.15	37.83	29.31	62.09	8.58	44.30	28.86	14.23
	T	70.73	5.28	34.13	15.25	63.04	21.40	55.70	71.14	85.77
Tem-2	C	46.37	13.41	38.11	38.73	56.54	4.7	61.23	42.84	23.12
	T	53.63	7.34	36.81	21.19	65.21	13.58	38.77	57.16	76.88
Tem-3	C	52.40	15.85	38.07	45.78	51.85	2.37	61.92	47.99	26.70
	T	47.60	10.73	38.22	30.99	61.84	7.17	38.08	52.01	73.30
Tem-4	C	33.01	17.56	34.78	50.71	41.55	7.72	36.56	28.82	38.51
	T	66.99	15.01	36.73	43.35	50.56	6.08	63.44	71.18	61.49
Kaba kons.		100	6.698	36.40	19.344	65.554	15.102	-	-	-

görmektedir. Yükseltilen birinci taşıma üzerindeki etkileri ve temizleme konsantre tenörüne bağlı içetkileşimleri göz önüne alındığında; olaraka, tesiste dördüncü temizleme Kastamonu-Küre flotasyon tesisinde daha aşamasına gerek olmayabileceği kanısına varılmıştır. Bir başka deyişle, bu çalışma az temizleme aşaması kullanılarak yeterli kapsamında incelenen değişkenlerin kalitede bir bakır konsantresinin, daha düşük üretim maliyetiyle, üretilebileceği flotasyon konsantresi kalitesi ve mekanik belirlenmiştir.

4.KAYNAKLAR

- Arslan, E. Güney, A., Sirkeci, A.A., Gürkan, V., Bulut, G., Perek, K.T., Gül, A., ve Önal, G., 1998, Proposal of a new process for beneficiation of Küre copper ores, In Innovations in Mineral Coal Processing, eds. S. Atak, G. Önal ve M. S. Çelik., Balkema Publications, Rotterdam, 673-677.*
- Bulut, G. Savaş, U. ve Atak, S., 1996, Concentration of Küre-Bakibaba ore by flotation, In Changing Scopes in Mineral Processing, eds. M. Kemal, V. Arslan, A. Akar ve M. Canbazoglu, Balkema Publications, Rotterdam, 315-318.*
- Çilek, E.C. ve Özvezir N., 1999, Mechanisms of gangue transfer into flotation concentrates and their effects on flotation performance, Yerbilimleri / Geosound, Haziran, 34, 9-16.*
- Çilek, E.C. ve Umucu, Y., 2001, A statistical model for the gangue entrainment into the froths in flotation of sulphide ores, ME, 14(9), 1055-1066.*
- Engelbrecht, J.A. ve Woodburn, E.T., 1975. The Effect of Froth Height, Aeration Rate and Gas Precipitation on Flotation, JSAMM, 76, 125-132.*
- Gül, A. Önal, G., Sirkeci, A.A. ve Gürkan, V., 1997, Pre concentration of low grade copper sulphide ores, In 7th Balkan Conference on Mineral Processing, Vol. II, eds. P. Ilie ve N. Cosma, Vatra Dornei, Romania, 36-38.*
- Kaya, M. ve Laplante, A., 1988, Evaluation of the potential of wash water addition and froth vibration on gangue entrainment in mechanical flotation cells, In Proc. of 2nd International Mineral Processing Symposium, ed., Y. Aytekin, Turkey, 175-184.*
- Kirjavainen, V.M., 1989, Application of a probability model for the entrainment of hydrophilic particles in froth flotation, IJMP, 27, 63-74.*
- Kirjavainen, V.M., 1992, Mathematical model for the entrainment of hydrophilic particles in froth flotation IJMP, 35, 1-11.*
- Kirjavainen, V.M., 1996, Review and analysis of factors controlling the mechanical flotation of gangue minerals, IJMP, 46(1-2), 21-34.*
- Kirjavainen, V.M. ve Laapas, H.R., 1988, A study of entrainment mechanism in flotation, In XVI Inter. Mineral Processing Congress, ed. K.S.E., Forssberg, Elsevier, Amsterdam, 665-677.*
- Neethling, S.J., Cilliers, J.J., 2002, The entrainment of gangue into a flotation froth, IJMP, 64, 123-134.*
- Rodriges, L.S., Leal Filho, L.S., Masini, E.A., 2001, Hydrodynamic dimensionless parameters and their influence on flotation performance of coarse particles, ME, 14(9), 1047-1054.*
- Ross, V.E., 1990, Flotation and entrainment of particles during batch flotation tests, ME, 3(3-4), 245-256.*
- Ross, V.E., 1991a, The behaviour of particles in flotation froths, ME, 4(7-11), 959-974.*
- Ross, V.E., 1991b, Comparison of methods for evaluation of true flotation and entrainment, Trans. Inst. Min. Metall. (Sect.C. Mineral Process. Extr. Metall.), 100, C121-C126.*
- Schubert, H., 1999, On the turbulence-controlled microprocesses in flotation*

FLOTASYON HİDRODİNAMİK DEĞİŞKENLERİNİN KONTROLÜ İLE FLOTASYON
ETKİNLİĞİNİN ARTIRILMASI

- machines, *IJMP*, 56(1-4), 257-276.
- Sirkeci, A.A., Atak, S. ve Gürkan, V., 1996, *The distribution of precious and rare metals in the flotation products of Küre copper ore*, In *Changing Scopes in Mineral Processing*, eds. M. Kemal, V. Arslan, A. Akar ve M. Canbazoglu, Balkema Publications, Rotterdam, 319-323.
- Smith, P.G. ve Warren L.J., 1989, *Entrainment of particles into flotation froths*, In *Frothing in Flotation*, ed., J.S. Laskowski, Gordon and Breach Science, 123-145.
- Subrahmanyam, T.V., Forssberg, E., 1988a, *A study of entrainment in flotation with different frothers-The case of copper ore*, In *XVI Inter. Mineral Processing Congress*, ed., K.S.E., Forssberg, Elsevier, Amsterdam, 785-796.
- Subrahmanyam, T.V., Forssberg, E., 1988b, *Froth stability, particles entrainment and drainage in flotation-A review*, *IJMP*, 23, 33-53.
- Warren, L.J., 1985, *Determination of the contributions of true flotation and entrainment in batch flotation tests*, *IJMP*, 14, 33-44.
- Wills, B.A., 1997, *Mineral Processing Technology*, 6th edt., Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Yilmazer, B.Z., 2002, *Küre Flotasyon Tesisi Kaba Konsantresinin Flotasyonunda Selül Hidrodinamik Parametrelerinin Mekanik Taşımaya Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

KÖMÜR SU KARIŞMLARI TEKNOLOJİSİNDE FARKLI YAPIDAKİ TÜRK KÖMÜRLERİNİN STABİLİTE ÖZELLİKLERİ

Feridun BOYLU, Gündüz ATEŞOK, Hayrullah DİNÇER

İ.T.Ü, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul/Türkiye

ÖZET : *Yapılan çalışma kapsamında; Zonguldak bitümlü, Soma yaribitümlü ve İstanbul-Yeniköy linyit kömürleri ile hazırlanan kömür-su karışımının (KSK) stabilité özellikleri incelenmiştir.*

Polimerik yapıda Sodyum polistiren sülfonat'ın (PSS) dispersan ve Karboksi metil selüloz'ının (CMC) stabilizör olarak kullanıldığı çalışmalar; kömür cinsi, kömür boyutu, CMC konsantrasyonu ve bekletme süresinin stabilité üzerindeki etkileri incelenmiştir.

STABILITY PROPERTIES OF TURKISH COALS IN DIFFERENT RANK FOR THE TECHNOLOGY OF COAL-WATER SLURRIES

ABSTRACT: *In this study, stability properties of coal water slurries have been investigated. Experiments have been carried out on the coal samples which different in rank. Besides two different Turkish Lignites (Soma and İstanbul) also a bituminous coal (Thermal Code No. 434) of Turkish origin (Zonguldak) with medium volatile matter has been used.*

As an dispersant agent polymeric sodium polystren sulfonate (PSS) and as an stabilizer agent carboxymethyl cellulose (CMC) have been used. During the tests; the effect of coal type, particle size, CMC concentration and duration on the stabilization have been investigated.

1. GİRİŞ

Enerji tüketiminin hızla arttığı günümüz koşullarında, yenilenemeyen bir enerji kaynağı olan linyitlerimizin en iyi şekilde değerlendirmesi yanı sıra, çeşitli proselerde oluşan toz kömüründe değerlendirilmesi gerekmektedir. Kömür tozlarının değerlendirilmesi amacıyla geliştirilen yöntemler arasında son yıllarda kömür-sıvı karışımı (KSK) teknolojisi ön plana çıkmıştır. Kömür-su karışımı yakıtların kullanılması ile petrole olan bağımlılığın azaltılması hedeflenmektedir.

Günümüzde kömür-su yakıt teknolojisi, çoğunlukla bitümlü kömürlerden yüksek enerjili sıvı yakıt hazırlamak üzere geliştirilmiştir. İçerdeği yüksek miktardaki kül, kükürt ve bünye nemi nedeniyle kömür-su yakıt teknolojisinde tercih edilmeyen linyitlerde, özellikle son 10-15 yıl içerisinde ince boyutlu kömürlerin zenginleştirilmesinde geliştirilen teknolojiler sayesinde gündeme gelmiştir.

KSK ile ilgili ilk çalışmalar, yaklaşık yüz yıl önce, kömür fuel oil karışımının endüstriyel bir yakıt olarak kullanılması ile başlamıştır. İlk temel araştırmalar, I. ve II. Dünya Savaşları esnasında yapılmıştır. Akışkanlaştırıcı ortam olarak başlangıçta fuel oil kullanılmıştır. Petrol tüketimine olan talebi tamamen ortadan kaldırmak için yapılan çalışmalarda, KSK yakıtında akışkanlaştırıcı ortam olarak su kullanımı gündeme gelmiş ve kömür-su karışımı 1980 yılından sonar bu konu ile ilgili araştırmaların odak noktasını oluşturmuştur.

Tipik bir kömür-su karışımı, % 70-75 kömür, % 25-30 su ve yaklaşık % 1

kimyasal katkı maddesi içermektedir. Kullanılan kömürün, tane boyutunun genel olarak % 70-80' i 74 mikronun altında olması gerekmektedir. Kömür su karışımının hazırlanması ve yakılması maliyetlerin yükselmesine neden olmakla beraber; depolanabilir ve taşınabilir olması, yakıcıya besleme kolaylığı ve temizliği gibi özellikler yakıt maliyetlerindeki artışı dengeleyebilmektedir. Uygun bir karışım hazırlanması, çeşitli değişkenlerin birlikte gözönüne alınmasını gerektiren karmaşık bir işlemidir. Uygun bir karışım tanımından, maksimum bir kömür yüklemesi yapılmış, en fazla ağır fuel oilinkine eşdeğer bir viskoziteye sahip, belirli depolama ve işletme koşullarında sorun yaratmayan (kömür taneciklerinin çökelmesi, viskozitedeki ani değişimler gibi) bir karışım anlaşılmaktadır (NEDO, 1977). Bir KSK için, endüstride beklenen, ancak kesin olmayan hedefler; Brookfield viskozitesinin 100 rpm'de 1000 cp olması, çalkalanma olmaksızın bir hafta sonunda, alt kısmda oluşan sert birikintinin, KSK hacminin %5'inden daha az olmasıdır (Ateşok ve arkadaşları, 2002a-2002b; Boylu ve Ateşok, 1999; Hashimoto, 1999; Laskowski, 1999-2001; Yavuz, 1996).

Karışımın tanımlanmasında ve değerlendirilmesinde etkin olan reoloji (akış özellikleri, viskozite ve stabilite) ve yanma özellikleri büyük ölçüde kömürleşme derecesine bağlı olarak değişim göstermektedir. Kömür-su karışımında, yüksek kömürleşme derecesine sahip kömürlerin kullanımı,

KÖMÜR SU KARIŞIMLARI TEKNOLOJİSİNDE FARKLI YAPIDAKİ TÜRK KÖMÜRLERİNİN STABİLİTE ÖZELLİKLERİ

gerek karışımların hazırlanması gerekse karışımın ıslı değerinin yüksek olması açısından daha uygun görünmektedir. Kömürleşme derecesi yüksek olan kömürlerin, yapılarındaki inorganik madde içeriğinin az olması ve yüksek karbon içeriğinden dolayı, ıslı değerleri diğer kömürlere oranla çok daha yüksektir. Bununla birlikte, bu tür kömürlerin nem çekme özellikleri ve poroziteleri kömürleşme derecesi düşük olan kömürlere oranla çok daha az olduğundan, belirli viskozite değerleri için karışım içerisindeki miktarları çok daha fazla olmaktadır (Boylu ve arkadaşları, 2001-2004; Boylu, 2003; Dinçer ve arkadaşları, 2002a-2002b; Hamieh ve Siffert, 1993; Zang ve arkadaşları, 1993; Kaji ve arkadaşları, 1985).

Ülkemiz kömür rezervleri yönünden değerlendirilecek olursa, kömürleşme derecesi yüksek olan kömür rezervlerinin (1.3 milyar ton) kısıtlı olduğu bilinmektedir. Kömürleşme derecesi düşük olan linyitlerimiz ise yaklaşık 8.4 milyar tonluk rezerve haizdir. Ancak, büyük bir çoğunuğunun direkt kullanımları mümkün olmamakta ve yapılarındaki yüksek inorganik madde içeriğinden dolayı yıkama işlemlerine gerek duyulmaktadır.

Yapılan bu araştırma kapsamında; Zonguldak bitümlü, Soma yarı bitümlü ve İstanbul-Yeniköy Linyit kömürleri ile hazırlanan kömür-su karışımının (KSK) stabilite özellikleri incelenmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Malzeme

Farklı Türk kömürlerinin kömür-su karışımı (KSK) teknolojisine uygunluğunun incelendiği araştırma kapsamında, bitümlü, yarı bitümlü ve linyit kömürlerini temsil eden, sırasıyla; ZB (Zonguldak-Armutçuk), SYB (Soma) ve İstanbul-Yeniköy (İSL) kömürleri kullanılmıştır. Bu kömürler üzerinde yapılan standart ve elementel kömür analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Deneysel çalışmalar kapsamında, farklı boyutlardaki kömürlerle hazırlanmış kömür-su karışımı kullanılmıştır. Stabilite ölçümlerinde kullanılan kömürlerin boyutları d_{90} , d_{50} ve d_{10} açısından sırasıyla Çizelge 2'de verilmiştir. KSK'ların hazırlanmasında gerçekleştirilen tüm deneyler doğal pH olan 8.8'de yapılmıştır.

Uygun KSK karışımının hazırlanmasına yönelik yapılan ön çalışmalar (Dinçer ve ark. 2002), viskozite düşürücü olarak; yüzey aktif madde, kopolimer ve polimerik yapıda 3 farklı dispersan kullanılmış ve bu dispersanların içinde, viskozite ve stabilitenin polimerik yapıda olan dispersanların daha uygun olduğu saptanmıştır. Ayrıca bu çalışmalar literatürde yer alan inceltici uygulaması da denenmiş ve kullanılan incelticinin viskozite üzerinde olumlu etkisi olmadığı gibi stabilizasyonu da olumsuz etkilediği saptandığından, deneysel çalışmaların karışım hazırlama aşamasında, polimerik yapıda olan PSS (Sodyum Polistiren Sülfonat, dispersan) ve CMC (Karboksi-

Çizelge 1. ZB, SYB ve İSL kömürleri analiz sonuçları (Kuru Baza Göre)

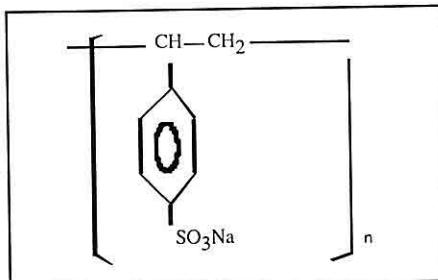
	ÖZELLİKLER	ZB	SYB	İSL
Standart	Nem, %	1,20	18,42	35,50
	Kül, %	12,61	15,31	40,36
	Uçucu Madde, %	30,33	42,37	43,60
	Sabit Karbon, %	57,06	42,32	16,04
	Toplam Sülfür, %	0,61	0,69	1,20
	Üst Kalorifik Değer, Kcal/kg	7086	4608	3677
	C, %	74,86	60,78	58,10
Elementel	N, %	1,08	1,09	0,87
	O, %	6,21	17,83	16,91
	H, %	4,63	4,30	4,8
	Porozite, %	9,7	11,8	18,3

Çizelge 2. Stabilite ölçümlerinde kullanılan karışımalar içerisindeki kömürlerin tane boyut dağılımları

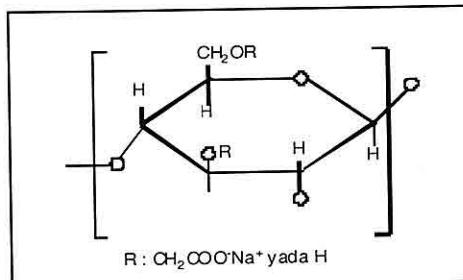
KÖMÜR TİPİ	BOYUT, mikron		
	d ₉₀	d ₅₀	d ₁₀
ZB	102.0	39.0	10.5
	63.0	24.0	6.5
	56.0	22.5	6.6
	52.0	22.0	6.3
	38.0	19.0	6.2
	35.0	18.0	6.5
	134.0	57.0	13.5
SYB	116.0	49.0	10.1
	96.0	34.0	7.0
	82.0	34.0	6.1
	62.5	26.0	6.3
	206.0	80.0	19.7
İSL	165.0	60.0	13.3
	147.0	50.0	9.53
	111.0	45.0	10.0
	63.0	27.0	6.2

KÖMÜR SU KARIŞIMLARI TEKNOLOJİSİNDE FARKLI YAPIDAKİ TÜRK KÖMÜRLERİNİN STABİLİTE ÖZELLİKLERİ

Metil Selüloz, sodyum tuzu; stabilizör) kullanılmıştır. DeneySEL çalışmalarında kullanılan dispersan madde ve stabilizörün kimyasal yapıları, sırasıyla Şekil 1 ve 2' de verilmektedir. PSS' in fiziksel ve kimyasal özellikleri ise Çizelge 3' de verilmiştir.



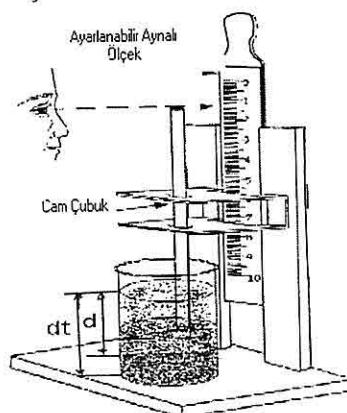
Şekil 1. PSS'nin kimyasal yapısı



Şekil 2. CMC'nin kimyasal yapısı

Çizelge 3. PSS'nin fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Stabilite ölçümlerinde, Penetrasyon deney düzeneği kullanılmıştır. Stabilizasyon deneyleri için hazırlanmış olan karışımlar 500 cc hacimli silindirik geometrili, kapaklı kavanozlarda muhafaza edilmiştir. Penetrasyon deney düzeneği, karışımların saklandığı kavanoz, kavanozun içerisinde dalım yaparak penetrasyonun ölçüldüğü, 30 cm uzunluğunda ve 6 mm çapındaki cam çubuk ve dalım mesafesinin ölçüldüğü ölçü sisteminden oluşmaktadır. Stabilizasyon deney düzeneği Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Stabilizasyon testleri deney düzeneği

Görünüm	Açık sarı renkli sıvı
Aktif Madde İçeriği, %	37,0
pH (konsantrasyon)	8,00
Özgül Ağırlık (d^{30}_4)	1,22
Viskozite (mPa.sec., 30°C'de)	150
Molekül Ağırlığı	14000
Sülfonasyon Derecesi, %	84

Deneysel çalışmalarında, viskozite ölçümleri, Bohlin 88 BV Viskoziometre ile gerçekleştirilmiştir.

2.2. Yöntem

Stabilite ölçümelerinde, Şekil 3'de verilmiş olan deney düzeneği kullanılarak,

- * Kömür cinsi
- * Kömür boyutu
- * Stabilizör Konsantrasyonu
- * Bekleme süresi

parametrelerinin karışımının stabilitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Karışım hazırlandıktan sonra, 600 cc'lik kapaklı kavanozlara yerleştirilmiş ve belirli bekleme sürelerinde bekletilmiştir. Bekleme süresince karışım içerisindeki suyun buharlaşmaması için kavanoz kapağı kapatılmıştır. Ölçüm sırasında kavanoz kapağı açılarak karışım içerisine, daha önce özellikleri verilmiş olan cam çubuk daldırılarak, cam çubuğu karışım içerisindeki hareket ettiği mesafe (penetrasyon) ölçülmüştür. Daha sonra aşağıdaki formül kullanılarak penetrasyon %'si belirlenmiştir,

$$P, \% = H_1 / H_0$$

P: Penetrasyon, %

H_1 : Cam çubuğu hareket ettiği mesafe, mm

H_0 : Cam çubuğu hareket etmesi gereken mesafe (Karışım yüksekliği), mm

% 80 ve daha büyük penetrasyon %'sına sahip karışımın stabil olarak kabul edilmiştir. Ölçüm sonuçları ise her bir

karışım için en az % 80 penetrasyon ve buna karşılık gelen stabilizör konsantrasyonu ve bekleme süresine göre belirlenmiştir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

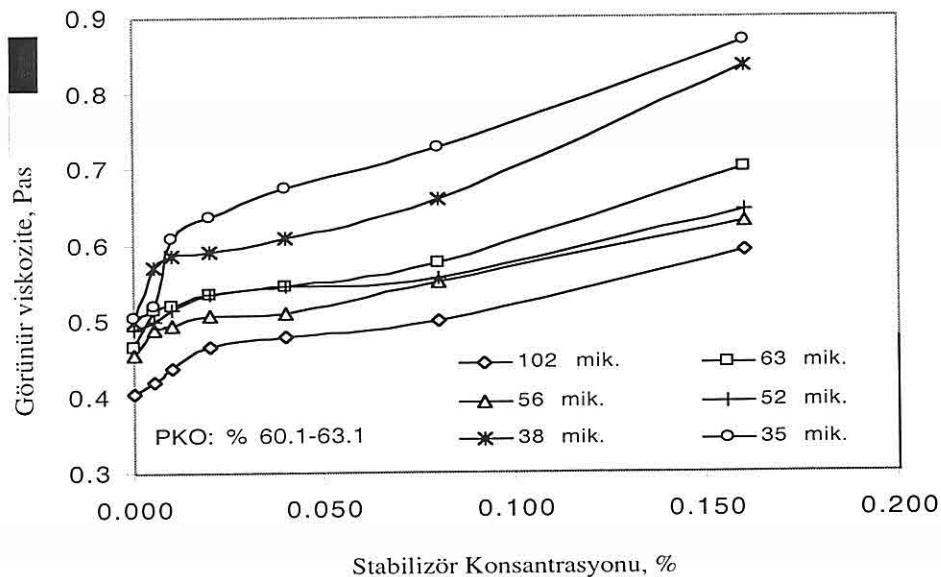
Stabilite özelliği (çökmeden, belirli bir sure depolanabilirliği) karışımın hazırlanmasında etkili olan önemli bir parametredir. Pülp halindeki karışımlarda, kömür tanecikleri, belirli bir sure sonra çökmeye başlayacaktır. KSK hazırlanırken, tanelerin çökmesini engelleyecek herhangi bir kimyasal madde ilave edilmemişse, 1-2 gün gibi bir süre içinde çökme görülecektir. Dolayısıyla kömür tanelerinin çökmesini geciktiren yada mümkünse engelleyen kimyasal maddeler karışımıma ilave edilmelidir. Bu nedenle, kömür tanecik boyutunun ve stabiliteyi artırmak amacıyla karışımlara ilave edilen kimyasal madde konsantrasyonunun (Kömür ağırlığı bazında) stabilizasyon üzerindeki etkisini görmek amacıyla farklı ranklı her üç kömür numunesi üzerinde detaylı çalışmalar yapılmıştır. Tüm deneyler oda sıcaklığında ve doğal pH'da gerçekleştirilmiştir.

3.1. Zonguldak Bitümlü Kömürü ile

Hazırlanmış Karışımlarda Stabilite Ölçüm Deneyleri

ZB kömür numunesi ile farklı d_{90} boyutlarında, kömür-su karışımı hazırlanmasında, karışımlara ilave edilen stabilizörün (CMC), karışımın viskozitesi üzerindeki etkisi Şekil 4'de gösterilmektedir.

**KÖMÜR SU KARIŞMLARI TEKNOLOJİSİNDE FARKLI YAPIDAKİ TÜRK
KÖMÜRLERİNİN STABİLİTE ÖZELLİKLERİ**



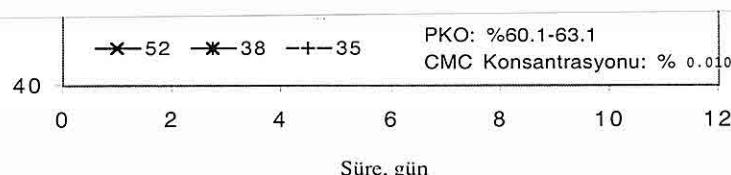
Şekil 4. Zonguldak kömürü ile hazırlanmış karışımlarda, stabilizör miktarının viskoziteye etkisi.

Şekil 4'den izlenebileceği üzere; ZB kömürü ile hazırlanan karışımlarda, karışma ilave edilen stabilizörün, karışım viskoziteleri üzerine olumsuz etkisi gözlenmektedir. Stabilizasyonda amaç, tanecikler arası bir şebeke oluşturarak, karışım içerisindeki taneciklerin çökmesinin engellenmesidir. Ancak, sisteme ilave edilen stabilizör bu görevi kısmi floklaşmaya sebep olarak yerine getirmekte ve bu da karışım viskozitesini artırmaktadır. Artan stabilizör konsantrasyonuna bağlı olarak karışım viskozitesi de lineer artış göstermektedir. Stabilizör konsantrasyonuna bağlı olarak, karışım viskozitelerinin artması, tane boyutu küçük kömürler ile hazırlanan karışımlarda daha belirgin artışlar getirmektedir.

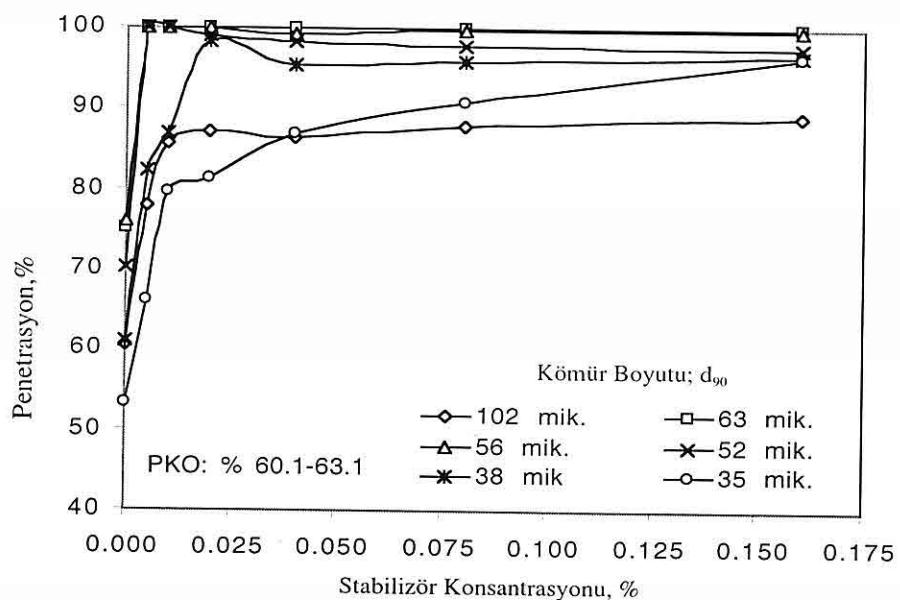
ZB kömürü ile tamamı farklı boyutlar

altına indirilen numuneler ile hazırlanan karışımlarda, CMC konsantrasyonu değişiminin, 7 günlük depolama süresi sonunda karışımların stabilitesi üzerindeki etkisi Şekil 5'de verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, en düşük CMC konsantrasyonunda (% 0.010) bile, penetrasyon % 80'in üzerine çıkmaktadır. 102 mikron altına öğütülen hazırlanan karışım % 88 penetrasyon gösterirken, daha ince boytlara öğütülen kömürlerle hazırlanan karışımlar % 100 penetrasyon değerine ulaşmaktadır.

ZB kömürü ile farklı boyrtlarda ve % 0.01 CMC ile hazırlanan karışımların depolama süresine bağlı olarak penetrasyon değişimleri Şekil 6'da gösterilmektedir. Şekil 6'dan izleneceği üzere; ZB kömürü ile çeşitli boytlara öğütülen numunelerle hazırlanan



Şekil 6. Zonguldak kömürü ile farklı boyutlarda ve % 0.010 CMC ile hazırlanan karışımların depolama süresine bağlı olarak penetrasyon değişimleri



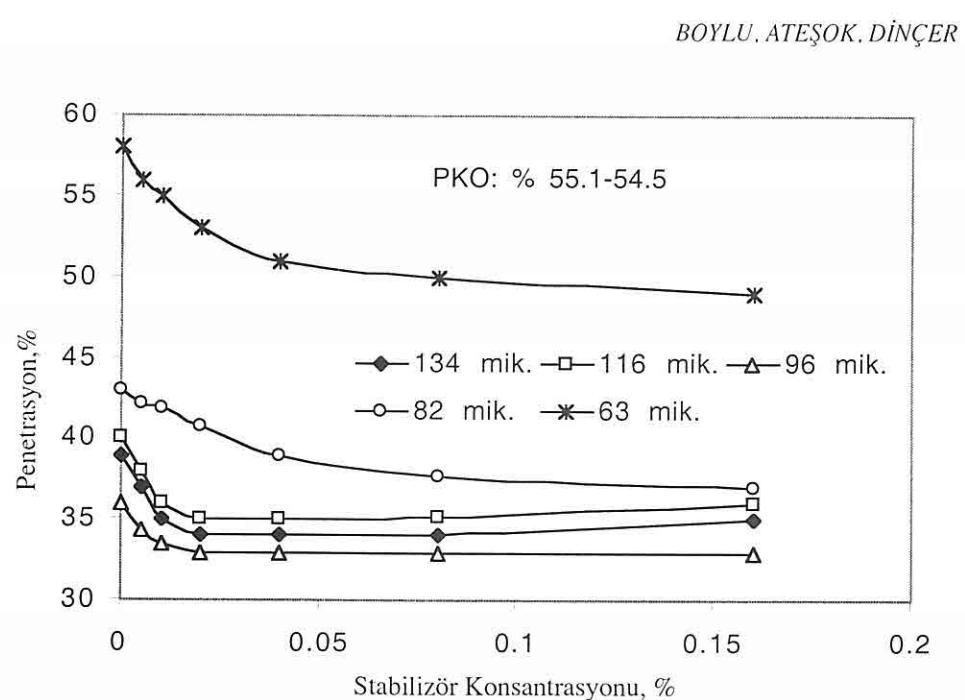
Şekil 5. Zonguldak kömürü ile farklı tane boyutlarında hazırllanmış karışımlarda 7. gün sonunda stabilizör konsantrasyonuna bağlı olarak penetrasyonun değişimi.

karışımların 9 güne kadar % 80'in üzerinde penetrasyon gösterdikleri saptanmıştır.

3.2. Soma Yarıbitümlü Kömürü İle

Hazırlanmış Karışımlarda Stabilitenin Değerlendirilmesi

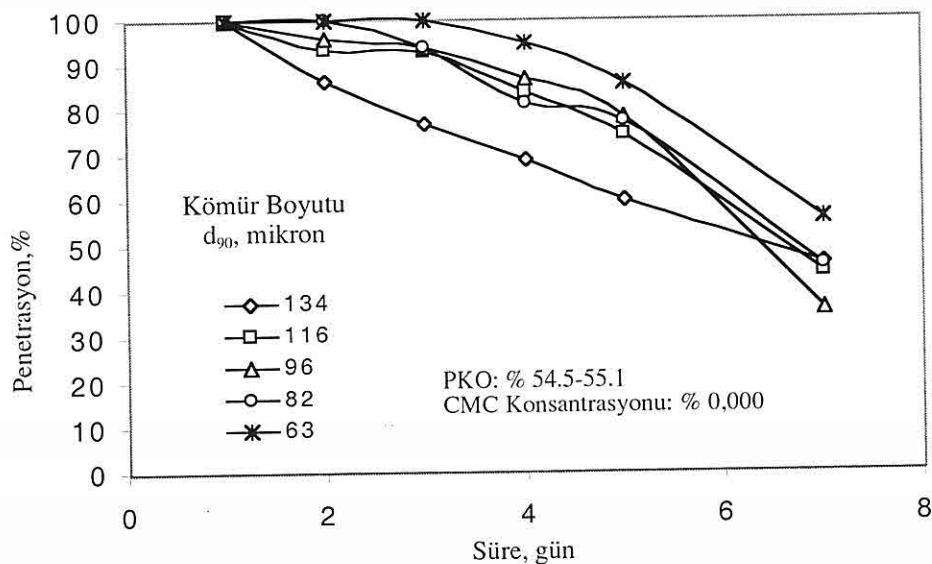
boyutlu karışımlarda, özellikle % 0.020 CMC konsantrasyonundan sonra, karışım viskozitesi, artan stabilizör konsantrasyonuna bağlı olarak aşırı artış göstermektedir. Bu durum tamamen



Şekil 8. SYB kömürü ile hazırlanmış karışımlarda 7. gün sonunda ulaşılan stabilizasyon değerlerinin kömür tane boyutuna göre değişimi.

stabilizasyon özellikleri, ve ideal kömür tane boyutu küçük olan kömürlerle depolama süreleri değerlendirilirken CMC hazırlanan karışımlar için depolama

**KÖMÜR SU KARIŞMLARI TEKNOLOJİSİNDE FARKLI YAPIDAKİ TÜRK
KÖMÜRLERİNİN STABİLİTE ÖZELLİKLERİ**



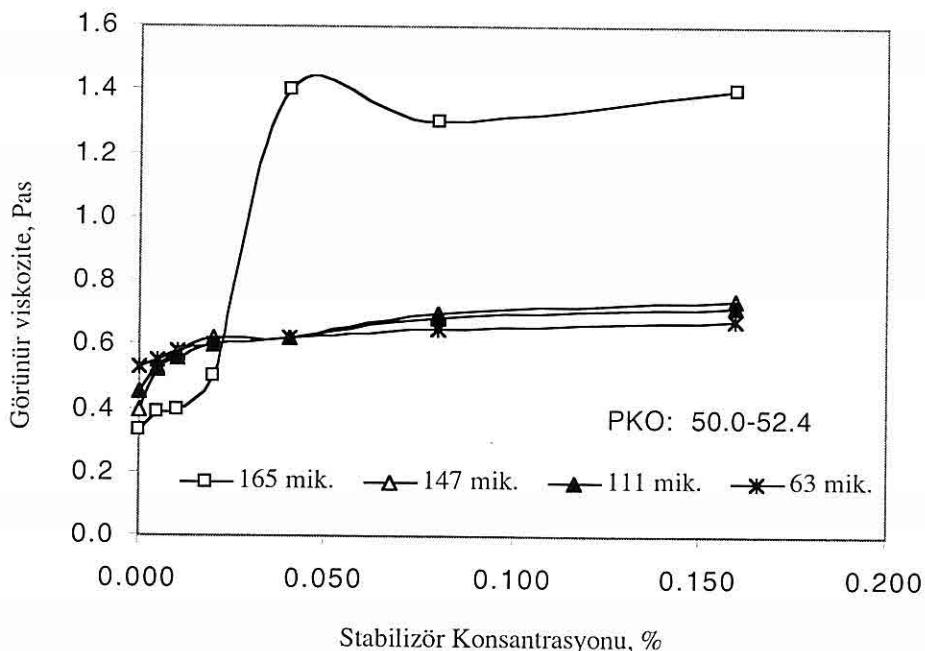
Şekil 9. SYB kömürü ile farklı d_{90} boyutlarında ve CMC'siz ortamda hazırlanan karışımın depolama süresine bağlı olarak penetrasyon değişimleri.

konsantrasyonu-karışım viskozitesi arasındaki ilişkiyi göstermektedir. 206 mikron d_{90} boyutunda İSL kömürü ile hazırlanmış karışımlarda, tane boyutunun aşırı iri olmasından dolayı viskozite ölçümü alınamamıştır. Şekil 10' dan izlenebileceği üzere; CMC konsantrasyonu artışına bağlı olarak karışım viskozitelerinin arttığı, bu artışın iri boyutlarda daha belirgin olduğu tespit edilmiştir. SYB kömürleri ile hazırlanmış karışımlarda olduğu gibi, İSL kömürleri ile hazırlanan karışımlarda da; iri boyutlarda ($d_{90}:165$ mikron) hazırlanmış karışımların viskozitesinde, CMC konsantrasyonu artışına bağlı olarak aşırı bir artış tespit edilmiştir. İri boyutlu kömürlerle hazırlanmış karışımlarda

saptanan bu durum, SYB kömürleri ile hazırlanmış karışımlarda olduğu gibi, iri boyutlu kömür tanelerinin çökmesi ve viskometrenin hatalı ölçüm yapmasından dolayı kaynaklanmaktadır

Tane boyutu-stabilizör konsantrasyonu-penetrasyon ilişkisi Şekil 11'de, 7. gün için değerlendirilmiştir. Şekil 11'den izlenebileceği üzere; 7. günün sonunda, 206 ve 165 mikron boyutlu karışımlarda, uygun stabilizasyon sağlanamazken 147 mikron ve daha küçük boyutlu İSL kömürleri ile hazırlanan karışımlarda uygun stabilizasyon sağlanmış ve ideal stabilizör konsantrasyonu % 0.010 olarak tespit edilmiştir.

İSL kömürleri ile farklı d_{90} boyutlarında ve optimum CMC



Şekil 10. İSL kömürü ile hazırllanmış karışımlarda, stabilizör miktarı-karışımların viskozitesi arasındaki ilişki.

konsantrasyonunda hazırlanan karışımlarda, ideal depolama süresinin incelendiği deneysel çalışmaların sonuçları Şekil 12'de verilmiştir.

Şekil 12'den izlenebileceği üzere, kabul edilebilir penetrasyon değeri olan % 80 için, 206 ve 165 mikron (d_{90}) boyutundaki kömürlerle hazırlanan karışımların ideal depolama süreleri 3 gün civarında iken, 147 mikron ve daha küçük boyutlu İSL kömürleriyle hazırllanmış karışımların ideal depolama süreleri 6.5-7 güne ulaşmıştır.

3.4. Kömürleşme Derecesine Bağlı Olarak Karışımların Stabilizasyon Davranışlarının Değerlendirilmesi

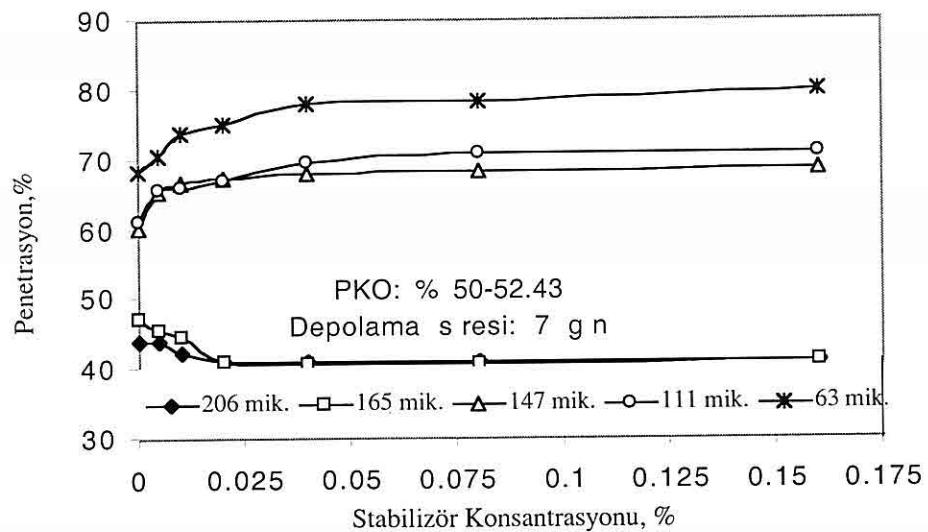
ZB, SYB ve İSL kömürleri ile farklı

d_{90} boyutlarında ve CMC konsantrasyonlarında hazırlanan karışımların stabilizasyon davranışlarının farklılıklar gösterdiği saptanmıştır. Elde edilen deneyel sonuçlar karşılaştırmalı olarak Şekil 13, 14 ve 15' de gösterilmiştir.

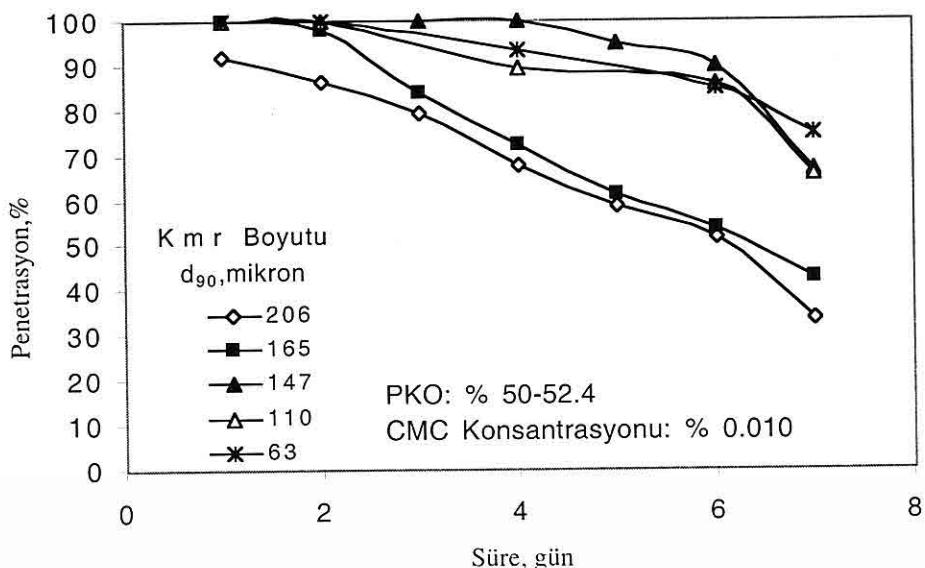
Şekil 13, 7 günlük depolama süresi ve % 0.010 CMC konsantrasyonu için kömürleşme derecesine ve tane boyutuna bağlı olarak penetrasyon değerlerini vermektedir.

Şekil 13'den izleneceği üzere; kömürleşme derecesine bağlı olarak stabilizasyon sürelerinin değiştiği tespit edilmiştir. Kömürleşme derecesi yüksek olan kömürlerle hazırlanan karışımlarla daha iyi stabilizasyon şartlarının sağlandığı saptanmıştır. Ayrıca, tane

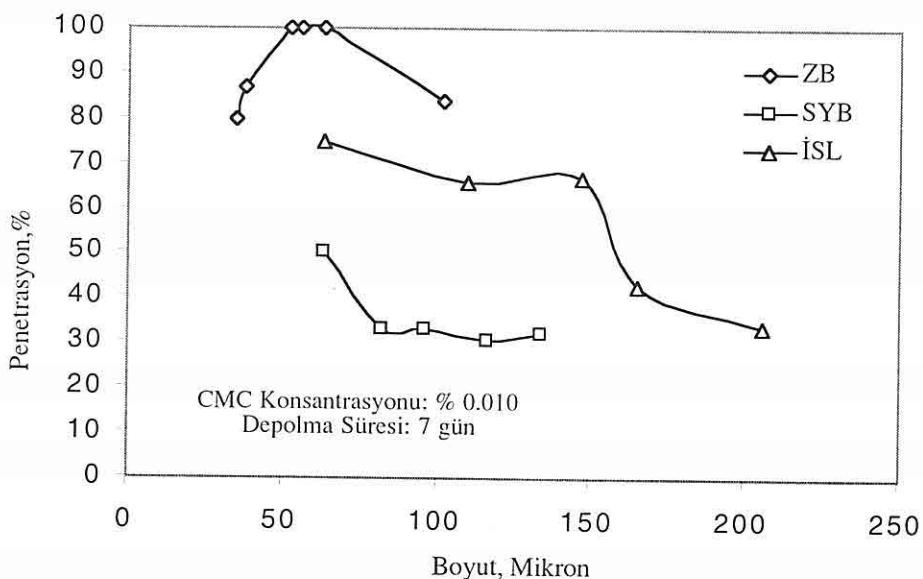
**KÖMÜR SU KARIŞIMLARI TEKNOLOJİSİNDE FARKLI YAPIDAKİ TÜRK
KÖMÜRLERİNİN STABİLİTE ÖZELLİKLERİ**



Şekil 11. İSL kömürü ile hazırllanmış karışımlarda 7. gün sonunda ulaşılan stabilizasyon değerlerinin kömür tane boyutuna göre değişimi



Şekil 12. İSL kömürü ile farklı boyutlarda ve % 0.010 CMC ile hazırlanan karışımların depolama süresine bağlı olarak penetrasyon değişimleri.



Şekil 13. Farklı rankılı kömürlerle hazırlanan karışımlarda kömür tane boyutu-süre-stabilite ilişkisi

boyutunun küçültülmesi ile karışım stabilizasyonu iyileştirilebilmektedir. Dolayısıyla, stabilizör ilavesi kadar, tane boyutunun da karışım stabilizasyonu üzerinde büyük etkisinin olduğu ve KSK'larda çalışılması gereken tane boyutunun, atomizasyon ve yanma işlemlerinde olduğu kadar, karışım stabilitesinin de göz önüne alınarak değerlendirilmesi gerektiği saptanmıştır.

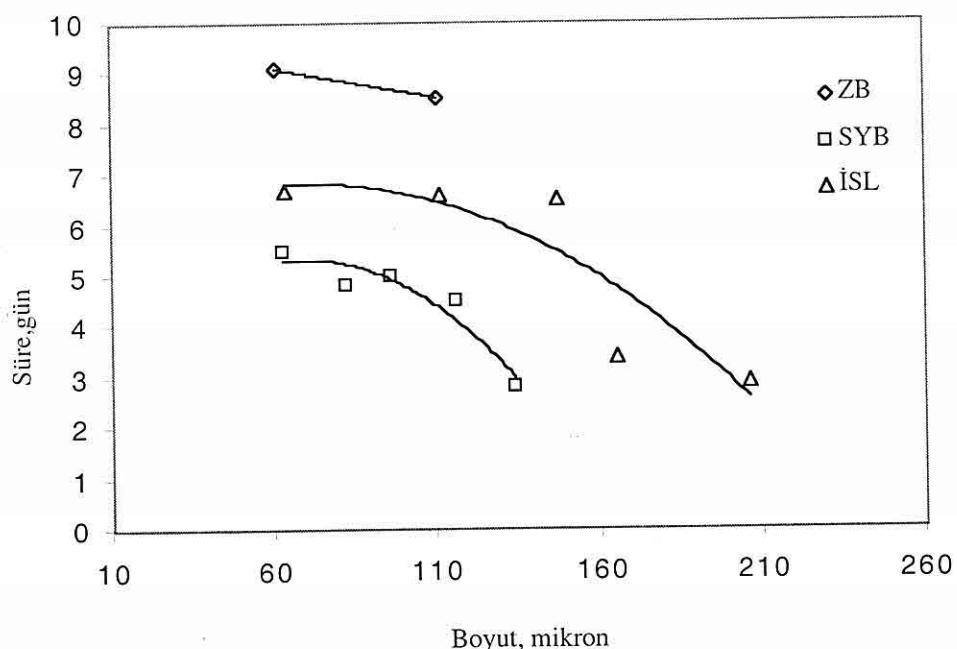
Bunun yanısıra, her üç kömürde de, 63 mikron boyutuna öğütülen ve tane boyut dağılımı benzer özellik gösteren (Çizelge 2) numuneler ile hazırlanan karışımlar ile en yüksek penetrasyona ulaşmaktadır. 63 mikron d_{90} boyuttunda, ZB kömürü ile hazırlanan karışımlarda, penetrasyon % 100 iken, aynı boyutta SYB ve İSL kömürleri ile hazırlanan karışımlarda

sırasıyla % 78 ve 55 olarak tespit edilmiştir.

ZB, SYB ve İSL kömürleri ile hazırlanan karışımlar için, tane boyutu-ideal depolama süresi ilişkisi Şekil 14 ve 15'de verilmektedir.

Şekil 14, stabilizasyon açısından en ideal stabilizör konsantrasyonlarında, tane boyutu değişimine göre ideal depolama sürelerini vermektedir. İlgili şekillerden izleneceği üzere; hidrofob özelliği taşıyan kömürlerle daha stabil karışımlar hazırlanabilmektedir. Kömürleşme derecesine bağlı olarak değerlendirilme yapıldığında; genel olarak, kömürleşme derecesi arttığında, daha stabil karışımların elde edildiği tespit edilmiştir. SYB ve İSL linyit kömürleri ise düşük kömürleşme derecesine sahip kömürlerdir. Genel olarak

**KÖMÜR SU KARIŞIMLARI TEKNOLOJİSİNDE FARKLI YAPIDAKİ TÜRK
KÖMÜRLERİNİN STABİLİTE ÖZELLİKLERİ**



Şekil 14. En uygun koşullarda (stabilizörlü/stabilizörsüz) kömür cinsi-stabilizasyon süresi-kömür boyutu ilişkisi

değerlendirildiğinde, SYB ve İSL benzer stabilizasyon davranışını göstermektedir. Karışımın hazırlanmasında stabilizör olarak kullanılan CMC, taşıdığı karboksilik gruplar nedeniyle anyonik özellik göstermeyece ve linyit tipinde olan SYB ve İSL kömürleri ile hazırlanan karışımın stabilizasyonu üzerinde önemli bir etki yaratmaktadır. Ancak, çok düşük kömürleşme derecesine sahip İSL kömürü ile hazırlanan karışım, gerek yüksek hidrofillik özelliği taşıyan inorganik madde içeriği gerekse boyut küçültme işlemleri sonucunda levha şekilli taneler oluşturması nedeniyle, stabilizasyonda SYB kömürü ile hazırlanan karışımlara göre avantaj

yaratmaktadır. İSL kömürü ile elde edilen depolama süresinin, SYB kömürleriyle hazırlanan karışımın ideal depolama sürelerine göre 2 gün daha uzun olması da bu durumdan kaynaklanmaktadır. Ayrıca, İSL düşük ranklı kömür olduğundan, selülozik yapıdadır ve özgül ağırlığı diğer kömürlere nazaran oldukça düşüktür. Bu nedenle İSL kömürleri ile hazırlanan karışım, SYB kömürü ile hazırlanan karışımlara oranla daha stabildir.

Şekil 14, ayrıca, değişen tane boyutuna bağlı olarak, ideal depolama sürelerinin; ZB kömürü ile hazırlanan karışım için 9-10 gün, SYB kömürü ile hazırlanan karışım için 2-5 gün, İSL kömürü ile hazırlanan karışım için 3-7 gün

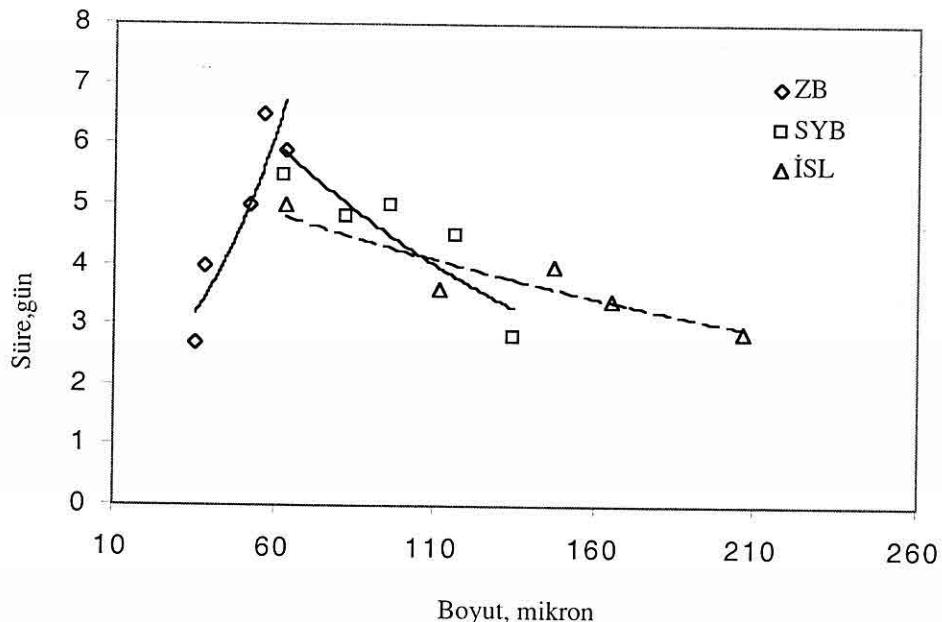
arasında değiştğini göstermektedir.

Şekil 15 ise, stabilizör ilavesi olmadan ZB, SYB ve İSL kömürleri ile hazırlanan karışımın tane boyutuna bağlı olarak ideal depolama sürelerini göstermektedir. Stabilizör ilavesi olmaksızın, hidrofob yapısından kaynaklanan, hidrofob etkileşimler ve floklaşma dolayısıyla ZB kömürüyle stabilizasyon sağlanamamaktadır.

edilmiştir. Şekil 15 ayrıca, stabilizör ilavesi olmaksızın ideal depolama sürelerinin; ZB kömürü ile hazırlanan karışım için 3-7 gün, SYB kömürü ile hazırlanan karışım için 3-6 gün, İSL kömürü ile hazırlanan karışım için 3-5 gün arasında değiştiğini göstermektedir.

4. SONUÇLAR

* ZB, SYB ve İSL kömürleri ile



Şekil 15. En uygun koşullarda (stabilizörsüz) kömür cinsi-stabilizasyon süresi-kömür boyutu ilişkisi

Bununla birlikte, ZB kömürünün boyutunun küçültülmesi ile hidrofobik etkileşimler ve artan yüzey aktiviteleri dolayısıyla stabilizasyon olumsuz etkilenmektedir. Stabilizör ilavesi olmaksızın, SYB ve İSL kömürleri ile hazırlanan karışımın benzer stabilizasyon davranışını gösterdikleri tespit hazırlanmış karışım üzerinde gerçekleştirilen stabilizasyon deneyleri sonucunda, karışım içerisindeki kömür boyutu arttıkça karışım stabilitesinin olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir. Karışımlara ilave edilen stabilizörün (CMC), karışımın stabilitesi üzerindeki etkisinin incelendiği deneyel çalışmalar

KÖMÜR SU KARIŞIMLARI TEKNOLOJİSİNDE FARKLI YAPIDAKİ TÜRK KÖMÜRLERİNİN STABİLİTE ÖZELLİKLERİ

sonucunda; CMC'un kömürleşme derecesi yüksek olan kömürlerle hazırlanan karışımının stabilitesi üzerinde pozitif etkisi olduğu, kömürleşme derecesi düşük olan SYB ve İSL kömürleri ile hazırlanmış karışımının stabilitesi üzerinde ise önemli derecede etkisinin olmadığı saptanmıştır.

*Özellikle japon araştırmacılar tarafından, kömür-su karışımında stabilizör olarak kullanılması tavsiye edilen CMC'in, bitümlü olan ZB kömürü ile hazırlanmış karışımlarda dahi, maksimum 9 gün içinde % 80'in üzerinde penetrasyon gösterdiği tespit edilmiştir. 9 günden daha uzun sürelerde karışımının stabilizasyonu bozulmaya başlamıştır. Dolayısıyla ZB kömürü ile hazırlanmış karışımın ideal depolama süreleri (% 0.010 CMC varlığında) yaklaşık 9 gün olarak saptanmıştır. Hidrofilik yüzey özelliği taşıyan SYB ve İSL (linyit) kömürleri ile hazırlanan karışım için ise, % 0.010 CMC konsantrasyon değerinde, ideal depolama süreleri 4.5 ve 6.5 gün olarak tespit edilmiştir.

*CMC ilavesi olmadan gerçekleştirilen, stabilizasyon deneylerinde, bitümlü kömür olan ZB kömürü ile hazırlanmış karışımın, içerisindeki kömür yapısının hidrofobik olması nedeniyle stabilizasyonunun sağlanamadığı tespit edilmiştir. Bilindiği üzere su içerisindeki hidrofobik yapıdaki malzemeler, hidrofobik çekim kuvvetleri etkisiyle aglomere olmakta ve çökmektedir. Hidrofilik yapıdaki SYB ve İSL kömürleri ile hazırlanmış karışımlarla, CMC ilavesi yapılmadan daha stabil karışımlar elde edilmiştir. Ancak, SYB kömürüne nazaran

daha düşük ranklı olmasına karşın İSL kömürü ile hazırlanmış karışımın daha stabil oldukları tespit edilmiştir. 63 mikron (d_{90}) kömür boyutu için, CMC olmadan 7. gün sonunda yapılan penetrasyon ölçümünde, SYB kömür-su karışımı penetrasyon değeri % 55 iken, İSL kömür-su karışımı ile % 70 penetrasyon sağlanmıştır.

*Genel olarak değerlendirildiğinde, 63 mikron (d_{90}) kömür boyutu için, stabilizör kullanmadan ulaşılan ideal depolama süreleri, üç karışım için 6 gün olarak tespit edilmiştir. ZB ve İSL kömürleri ile hazırlanmış karışımlarda, en uygun stabilizör konsantrasyonu olan % 0.01 CMC değeri için ideal depolama süresi, sırasıyla 7 ve 9.5 gün olarak tespit edilmiştir. CMC konsantrasyonunun SYB kömürü ile hazırlanmış karışımın stabilizasyonu üzerinde etkisi olmadığı için, en ideal şartlarda (CMC ilavesi olmadan), SYB kömürü için ideal depolama süresi 5.5 gün olarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla, 63 mikron d_{90} boyutu için, ZB ve İSL kömürlerine % 0.01 CMC ilavesi ile ideal depolama sürelerinin sırasıyla 3.5 ve 1.5 gün uzațılabileceği tespit edilmiştir.

5. KAYNAKLAR

Ateşok, G., Boylu, F., Sırkeci, A. A. & Dinçer, H., 2002a, *The effect of coal properties of coal-water slurries*, Fuel, 81, 1855-1858.

Ateşok, G., Boylu, F., Sırkeci, A. A., 2002b. *Rheological behaviour of low rank turkish coal-water slurries*, Proceedings of IXth Int. Mineral Processing Symp..

- Kapodakya, Türkiye, 208-210.
- Boylu, F. & Ateşok, G., 1999. Çevre dostu yeni bir enerji hamaddesi: kömür-su karışımıları, Türkiye'de Kömür Politikaları ve Temiz Kömür Teknolojileri Sempozyumu, 21-22 Ekim, Ankara, 154-161.
- Boylu, F. & Ateşok, G., Acarkan, N. & Koçak, E., 2001. Determining properties of some turkish lignites for the coal water slurry technology, Proceedings of The 9th Balkan Mineral Processing Congress, İstanbul, Türkiye, 395-400.
- Boylu, F., 2003, Kömür-Su karışımı teknolojisi ve bu teknolojinin Türk kömürlerine uygulanabilirliği, Doktora Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Boylu, F., Dinçer, H., Ateşok, G., 2004, Effect of coal particle size distribution, volume fraction and rank on the rheology of coal-water slurries, Fuel Processing Technology, 85, Mart, 241-250.
- Dinçer, H., Boylu, F. & Ateşok, G., 2002a. Stabilization of coal water slurries and its standartization, Proceedings of 19th Int. Pittsburgh Coal Conference, Pittsburgh-USA. ISBN I-890977-19-5.
- Dinçer, H., Boylu, F., Sirkeci, A. A. & Ateşok, G., 2002b. The effect of chemicals on the viscosity and stability of coal-water slurries", Int. Journal Of Mineral Processing, 70, 41-51.
- Hamieh, T., Siffert, B., 1993. Rheological properties of coal-water hihgly concentrated suspensions, Proceedings of the 18th Int. Technical Conference on Coal Utilization and Fuel systems, Clearwater, Florida, USA, 809-820.
- Hashimoto, N., 1999. CWM: Its Past, Present and Future, Coal Preparation, 21.
- Kaji, R., Muranaka, Y., Otzuka, K. & Hishinuma, Y., 1985. Effect of ions on the rheology of CWM, Proceedings of 7th Int. Symp. On Coal Slurry Fuels preparation and Utilization, May, Louisiana, USA, 16-23.
- Laskowski, J. S., 1999. Does it matter how coals are cleaned for CWS", Coal Preparation, 21, 105-123.
- Laskowski, J. S., 2001. Coal Flotation and Fine Coal Utilization, published by Elsevier.
- NEDO (New energy and Industrial Technology Development Organization), 1997. CWM in Japan, International Cooperation Project for Coal Utilization Technology, March.
- Yavuz, R., 1996. Linyit-su karışımlarının incelenmesi, Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye
- Zang, Z., Zhang, L., Fu, X., & Jiang, L., 1993. Additive for coal-water slurry made from weak slurriability Coal, 18th Int. Tech. Conference on Coal Utilization & Fuel Systems, Florida, USA, 361-367.

HİDROJEN VE ALTERNATİF ENERJİ KAYNAĞI SODYUM BORHİDRÜR

Turan BATAR, Bayram KAHRAMAN
D. E. Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir/Türkiye

Necmettin ERDOĞAN
Kümaş-Kütahya Manyezit İşletmeleri A.Ş, Kütahya/Türkiye

Erol KAYA, Mustafa ÖZEL
D. E. Ü., Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İzmir/Türkiye

ÖZET: *Hidrojen, ev ve ofislerin ısıtılmamasından, otomobil ve uzay araçları yakıtlarına kadar, yaşamın her aşamasında kullanım potansiyeline sahip, çevre dostu bir yakittır.*

Gaz halde çok büyük tank hacmi gerektiren hidrojen, 0°C de kaynamakta ve sıvılaştırıldığında yoğunluğu yaklaşık 845 kat artmaktadır. Sıvılaştırma için -253 °C gibi çok düşük bir sıcaklığa gereksinim duyulmaktadır. Depolanmasındaki güçlükler nedeniyle, gaz ya da sıvı olarak doğrudan kullanımı oldukça zordur. Bu güçlükleri ortadan kaldırmak üzere alternatif metodlar geliştirilmiş olup başlıcaları sodyum borhidrür ve metilsiklohekzan-toluen-hidrogen (MTH) sistemleridir. Yeni metodların temel hedefi, kolayca reaksiyona girerek bünyesindeki hidrojeni yakıt olarak açığa çıkarabilen ucuz bileşikler elde etmektir. Sözkonusu teknikler üzerindeki çalışmalar halen devam etmektedir.

Bu çalışmada, sözkonusu alternatif depolama teknikleri ele alınmakta, avantaj ve dezavantajları irdelenmektedir.

HYDROGEN AND SODIUM BOROHYDRIDE AS AN ALTERNATIVE ENERGY SOURCE

ABSTRACT: *Hydrogen is a fuel with a large spectrum of applications in our daily life. It can be used simply for house and office heating as well as a fuel in space crafts. It is environmentally friendly.*

In the form of gas hydrogen requires a large volume of tank. It boils at 0 °C, and when liquidize its density can increase 845 times. For liquidation, it requires a very low temperature of -253 °C. Its direct use in the form of gas or liquid is very difficult due to the storage problems. Alternative methods such as sodium borohydride and MTH (metilsiklohekzan, toluen, hidrogen) have been developed to overcome these problems. Basic principle of these techniques is to obtain inexpensive compounds by simple

reactions to free the hydrogen as fuel. Further research is continuing in this area.

In this study alternative storage methods are reviewed to investigate the advantages and disadvantages of the techniques.

1. GİRİŞ

Yeryüzünde saf halde bulunmayan hidrojen, diğer elementlerle birlikte bileşik halde bulunur. Diğer elementlerden ayırtılmadan, doğrudan yakıt olarak kullanılması oldukça zordur. İçinde suyun da bulunduğu birçok kimyasal madde hidrojen içermektedir. Hidrojenin doğada karbon elementi ile bileşik oluşturduğu birçok formu mevcuttur. Bunlar arasında, fosil yakıt olarak bilinen, doğalgaz, kömür ve petrol başlıcalarıdır.

Fosil yakıtların yakılmasıyla, karbon ve kükürt içerikleri nedeniyle, toz, is, CO, CO₂, SO₂, NO_X, gibi havayı kirleten partikül ve gaz biçiminde emisyonlar aşağı çıkmaktadır. Bunların yanısıra, insan sağlığı ve çevre üzerinde zehirleyici etkisi olan arsenik, kadmiyum, kurşun, bakır, civa, nikel, selenyum ve çinko emisyonunun da olduğu bilinmektedir (T.K.İ., nihai rapor, 1994). Atmosferin doğal bileşimi düşünüldüğünde, sözkonusu emisyonların yüksek konsantrasyonları potansiyel problemlere sebep olmaktadır. Hidrojen, reaksiyon sonucu, diğer yakıtların sebep olduğu CO, CO₂, CnHm, SO_X, NO_X vb oluşumların aksine, sadece su oluşturmaktadır.

Fosil yakıtların zararlı etkileri, rezervlerin hızla tükenmesi ve artan yakıt fiyatları yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını daha önemli hale getirmiştir.

Yakın bir gelecekte, yenilenebilir enerji kaynakları ve alternatif yöntemlerle enerji üretimi, fosil yakıtlara göre hem fiyat, hem de uygulama ve bolluk açısından daha fazla avantaja sahip olabilecektir. Dünya toplam enerji gereksiniminin %80'i fosil yakıtlardan ve yalnızca % 7'si yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Gün geçtikçe yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına daha çok ihtiyaç duyulmakta, ve kullanım kapasitelerinin artırılması talep edilmektedir. Bu tür enerjiler çevre için zararlı atıklar içermemelerinden çevre dostu olarak bilinmektedirler. Yakın gelecekte hidrojenin, alternatif yenilenebilir enerji kaynakları arasında daha fazla bir paya sahip olacağı tahmin edilmektedir. Çizelge 1'de ise hidrojene ait temel değerler verilmektedir.

Günümüzde, petrokimya ve gübre endüstrisinde yaygın olarak kullanılan hidrojenin kullanım sahası hızla genişlemektedir. Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA), uzay mekiği üzerindeki on-board yakıt pillerinden elektrik gücü elde etmede, mekiplerdeki itici yakıt kadar birçok sahada kullanmaktadır. Genel bir hidrojen enerji çevrimi ise Şekil 1'de şematize edilmiştir.

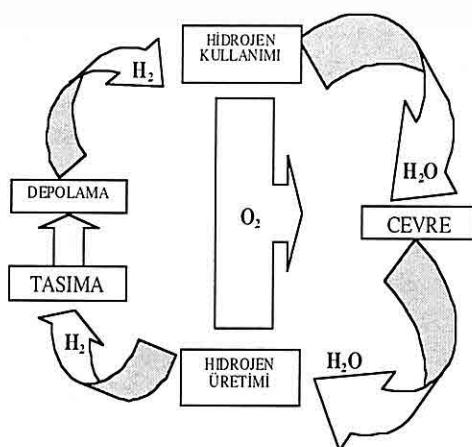
2. HİDROJEN ÜRETİM

YÖNTEMLERİ

Fosil yakıt kaynaklarından, yan ürün

Çizelge 1. Hidrojen İle İlgili Temel Bilgiler (Ersöz, A., Yolcular, S., 2001)

Enerji içeriği	1 kg Hidrojen = 3.5 lt Petrol
(Enerji /Hacim) oranı	Petrole göre 1/4, doğal gaza göre 1/3
Sudaki hidrojen oranı	Kütlece % 11.2
Patlama limitleri	% 13 - % 59
Difüzyon katsayısı (havada)	0.61 cm ³ /s (metan gazının 4 katı)
Alt ısı değeri	120 kJ/kg
Saf halde yanma (tutuşma) ile oluşan yan ürün	Su



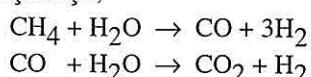
Şekil 1. Temel hidrojen çevrimi (Ersöz, A., Yolcular, S., 2001)

veya esas ürün olarak çok büyük miktarlarda Hidrojen elde edilmektedir (Ersöz, A., Yolcular, S., 2001). Petrolden farklı olarak yenilebilir enerji kaynaklarından kolaylıkla üretilmektektir. Hidrojenin suyun elektrolizi ile üretimi bilinen bir yöntem olmakla birlikte günümüzde ağırlıklı olarak doğal gazdan buhar reformasyonu sonucunda hidrojen elde edilmektedir. Ekonomik hidrojen üretimini amaçlayan çalışmalar kapsamında, güneş enerjisinden

biyoteknolojik yöntemlerle hidrojen üretimi konusunda geliştirme çalışmaları da devam etmektedir.

2.1. Doğal Gazın Buhar Reforming İşlemi

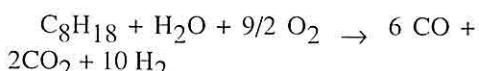
Buhar reforming endotermik, katalitik bir işlem olup, 850 °C sıcaklık ve 2.5 Mpa basınç altında aşağıdaki reaksiyonlarla gerçekleşir;



Karbon monoksit absorpsiyon ya da membran ayrıştırma yöntemlerinden biriyle uzaklaştırılır.

2.2. Hidrokarbonların Kısıtlı Oksidasyonu

Hidrokarbonların kısıtlı oksidasyonu, oksijen ve buhar ile devam eden egzotermik bir reaksiyondur. Dışarıdan enerjiye ihtiyaç olmadan devam eden bu reaksiyonda, oksijen ve buhar miktarları kontrol edilmektedir. Bu işlem için örnek reaksiyon aşağıdaki şekilde gelmiştir;



2.3. Plazma Ark İşlemi

Doğal gaz ya da petrolün plazma ark işlemi 1600°C civarında, elektrik kullanılarak saf karbon ve hidrojen üretimi sağlayan bir işlemidir. Bu teknolojiyle, $1000 \text{ m}^3/\text{saat}$ doğal gaz ve 2100 kw elektrik enerjisi kullanılarak, $2000 \text{ m}^3/\text{saat}$ hidrojen ve $500 \text{ kg}/\text{saat}$ karbon elde edilebilmektedir.

2.4. Suyun Ayırıştırılması İşlemi

Suyun ayırıştırılması için kullanılan en yaygın yöntem elektroliz işlemidir. Bu işlemde su elektrik akımı yolu ile ayırıştırılır. Hidrojen iyonları negatif yüklü kated, oksijen iyonları ise pozitif yüklü anot etrafında toplanırlar. Bunlara ilave olarak, güneş ışığı yardımı ile suyun ayırıştırılmasıyla da hidrojen elde edilmektedir.

3. HİDROJEN DEPOLAMA TEKNİKLERİ

Herhangi bir yakıtın depolanmasındaki önemli kriterler güvenlik, ekonomiklik ve depolama tekniğinin verimliliğidir. Bir yakıt kaynağı olan hidrojenin bir metre küpünün ağırlığı 0.8 kg 'dır. Çok yer kaplaması nedeniyle sıvılaştırılarak depolanması daha önemli hale gelmiş ve birçok depolama tekniği geliştirilmiştir. Ancak, sıvılaştırmanın da güçlük ve sakıncaları vardır. Uzun süre çalışılarak geliştirilen tekniklerin kendilerine özgü özellikleri ve kullanım sahaları vardır. Örneğin, hidroelektrik santrallerine yakın bir bölgede, ayırtırılan hidrojenin depolanabilmesi için tank boyutu sınırlamasına gerek olmazken, araç

uygulamalarında küçük depo kaçınılmazdır. Uzun süredir geliştirilmekte olan hidrojen depolama tekniklerinin başlıcaları aşağıda verilmektedir.

3.1. Sıkıştırılmış Gaz

Hidrojen yüksek basınçlı tanklarda sıkıştırılarak depolanabilir. Aynı hacme her ilave m^3 hidrojen için $0.068 \text{ atm}'lik$ ilave ek basınç oluşmaktadır. O nedenle yüksek basınçda dayanıklı tanklara gereksinim duyulmaktadır (<http://www.warsitz.com>, 2002). Sıkıştırılmış hidrojen depolaması için öngörülen en uygun tanklar karbon/alüminyum alaşımı özel malzemelerdir. Bu tip bir tank, birim ağırlık başına diğer geliştirilen silindirlere göre oldukça dayanıklı ve hafiftir, ancak araç uygulamaları için bu teknikle üretilen prototipler oldukça pahalıdır. Günümüz koşullarında, ekonomiklik ve güvenlik açısından, araçlarda yaygın olarak kullanılması söz konusu değildir.

3.2. Sıvı Hidrojen

Hidrojen 0°C de kaynamakta ve sıvılaştırıldığında gaz haldeki yoğunluğunun yaklaşık 845 katı olmaktadır. Fakat bu hal değişikliği için -253°C gibi çok düşük bir sıcaklığa gereksinim duyulmaktadır. Hidrojen sıvılaştırıldığında oldukça soğuktur ve sahip olduğu enerjisinin $\%30$ 'u soğutulmaya, yani sıvılaştırılması için sıkıştırılmaya harcanmaktadır (<http://www.warsitz.com>, 2002).

Sıvı hidrojen hemen her ortamdan sızma eğilimindedir; o nedenle de

depolanması çift cidarlı, ısı aktarımının minimum olduğu süper izolasyonlu tanklarda sağlanabilmektedir. Bu tip bir sistemin en büyük dezavantajı yüksek maliyet ve sıvı hidrojenin buharlaşma kayıplarıdır. Benzin depolama sistemi ile karşılaşıldığında ise daha az ağırlıkta olmasına karşılık, aynı bir araç için daha çok yer kaplamasıdır. Yakıt olarak benzinin ağırlığının $1/4$ 'ü ağırlığındaki sıvılaştırılmış hidrojen için, yaklaşık 3 kat daha fazla hacme gereksinim duyulmaktadır. Hidrojen ve benzinin enerjileri ise; $E_{H_2}: 2396 \text{ kcal/l}$, $E_{\text{Benzin}}: 8316 \text{ kcal/l}$ ve $[E_{\text{Benzin}}]/[E_{H_2}] = 3.47$ dir (Ersöz, A., Yolcular, S., 2001).

3.3. Metal Hidrürler

Göreceli olarak daha yeni bir yöntem olan bu teknikte, hidrojen atomları, metal-hidrür üzerinde depolanmaktadır. İnter metalik bileşikler de denilen bu tür maddeler, hidrojeni bir sünger gibi emip, bünyesi içerisinde saklayabilmektedir. Daha fazla hidrojen depolayabilmeleri için yüksek çalışma sıcaklıklarına sahip olmaları gerekmektedir.

Düzenlere oranla daha az basınca gereksinim duyulan bir yöntemdir ve oldukça ağırdır. Hidrojenin açığa çıkması için yanma ya da oksidasyon işlemi gerekmektedir (<http://www.warsitz.com>, 2002).

Farklı tekniklerle depollanmış hidrojenin hacim ve ağırlıklarının benzinle karşılaşılması Çizelge 2'de verilmektedir.

Hidrojen metanol, sıvı metan, amonyak,toluen, metilsikloheptan, veya diğer sıvı formlar içinde de depolanabilir. Fakat kullanımda önce kimyasal bir reaktör kullanılarak katalitik ortamda açığa çıkarılması gerekmektedir (<http://www.warsitz.com>, 2002). Yaz aylarında aşırı üretilen elektrik, özellikle fosil enerji kaynakları olmayan bölgelerde, farklı bir sistem olan MTH teknigi ile değerlendirilmektedir. Bu sistemde bir enerji kaynağı olarak hidrojen, sıvı organik hidrür olarak depolanmakta ve mevsimsel ihtiyaca göre kullanılmaktadır.

Bu teknikte toluen ve metilsikloheptan döngü içinde sürekli olarak kullanılabilmektedir.

Çizelge 2. Yakıt depolama sistemlerinin karşılaşılması (Ersöz, A., Yolcular, S., 2001)

	LH ₂	CH ₂	MH	Benzin
Ağırlık (kg)	53.5	13.4	13.4	181
Hacim (m ³)	0.07	0.19	1.0	0.23
Tank Ağırlık (kg)	13.6	181	1361	45.4
Hacim (m ³)	0.08	0.28	1.53	0.25
Toplam (kg)	67.1	194.4	1374.4	226.4

LH₂: Sıvı hidrojen depolama

CH₂: Sıkıştırılmış hidrojen depolama

MH : Metal hidrür hidrojen depolama (Metal olarak Fe, Mg, Ni, Mn ve Ti)

Sadece dehidrojenasyon sonucunda oluşan hidrojen tüketilmektedir. Kullanılmış hidrür tekrar hidrojenasyon reaksiyonu ile yeniden işleme tabi tutularak tekrar devreye beslenmektedir (Yolcular, S. Ersöz, A., 2001).

MTH sisteminde, önce suyun elektrolizi ile hidrojen elde edilmektedir. Daha sonra hidrojen, toluenin (ya da benzenin) hidrojenasyonunda metilsiklohekzan (ya da siklohekzan) üretimi için kullanılmaktadır. Metilsiklohekzan diğer kullanılan fosil yakıtlar gibi daha kolay depolanmakta ve tankerler metilsiklohekzanı servis istasyonlarına daha kolay ulaştırmaktadır. Arabaların motoruna bağlanacak bir dehidrojenasyon reaktöründe ise bu metilsiklohekzan kullanılmaktadır. Tankerler, geri dönüşlerinde ise kullanılmış hidrürleri, yani tolueni rafinerilere geri getirmektedirler. Kullanıcılar dehidrojenasyon sonucunda oluşan tolueni boşaltıp, tanklarını metilsiklohekzan ile doldurmaktadır (Şekil 2) (Yolcular, S. Ersöz, A., 2001).

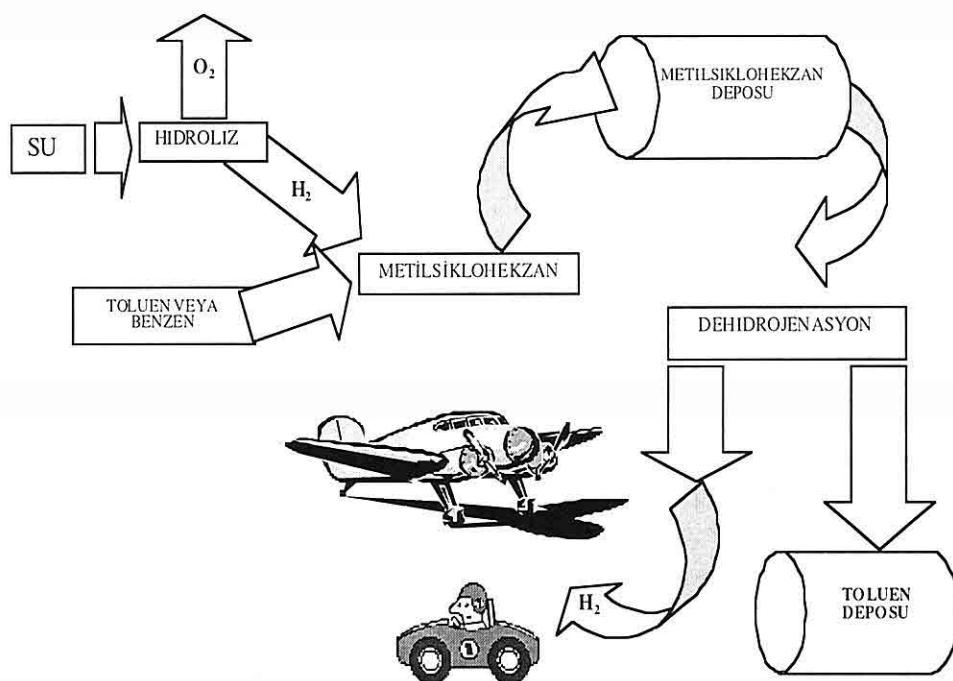
3.4. Kimyasal Depolama

Hidrojenin peletlenmiş sodyum, potasyum ya da lityum bileşikleri üzerinde depolanması esasına dayanmaktadır. Peletlenmiş bileşiklerin sulu ortamda çözünmesiyle gerekli olan hidrojen aşağı çıkmakta ve geriye sodyum hidroksit, potasyum hidroksit gibi maddeler ortamda kalır.

3.5. Sodyum Bor Hidrür

Bor hidrür, kimyasal formülü NaBH_4

olan bir sodyum-bor-hidrojen bileşigidir. Doğada bu bileşimde bulunmaz. Borlar doğada genellikle oksijenli yapıdadır. Sodyum borhidrür; sodyumlu bor tuzunun rafinasyonu sonucu elde edilen ve deterjan (sabun) sanayiinde kullanılan bir üründür. NaBH_4 'ün eldesi, sodyumlu borların bünyesindeki oksijenin hidrojenle yer değiştirmesi esasına dayanmaktadır. NaBH_4 ağırlıkça %10,6 hidrojen içermekte olup bu değer, hidrojen depolayıcı birçok bileşikten çok daha yüksektir. Yapay olarak gerçekleştirilen bu işlem oldukça pahalıdır. Günümüzde bor hidrür, kağıt hamurunun ağartılması, çözeltilerden altın, gümüş gibi değerli metallerin geri kazanılması; atık sulardan kadmiyum, civa gibi ağır metallerin uzaklaştırılması; vitamin, antibiyotik gibi organik kimyasalların üretilmesi gibi pek çok ticari alanda kullanılmaktadır. Kobalt, rutenuyum veya asit gibi bir katalizör ilavesiyle, NaBH_4 su içinde çözünmekte ve hidrojen gazı açığa çıkmaktadır. Böylece açığa çıkan hidrojen gazı, diğer yakıtlar yerine ikame olabilecek, alternatif bir yakıt olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer yakıtlarla karşılaşıldığında ise aynı tank boyutlarında araç menzili iki katına çıkmaktadır. Bu özelliği nedeniyle de, araç uygulamaları gibi sınırlı tank boyutu gerektiren uygulamalarda ön plana çıkmaktadır. Bu uygulama türünün uzay araçlarının yanısıra, otomobillerde yaygın kullanımını da gündeme getirmiştir. Bu konuda yapılmış çok sayıda prototipler mevcuttur (Bilim ve Teknik Dergisi, 2002). Aşağıda, NaBH_4 'ten hidrojen eldesine ait, prensipleri farklı iki

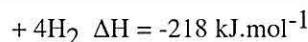
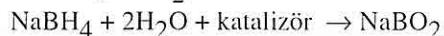


Şekil 2. MTH sistemi ile enerjinin depolanması (Yolcular, S. Ersöz, A., 2001).

uygulama verilmektedir.

3.6. İçten Yanmalı Motorlar

Açığa çıkan hidrojen, içten yanmalı motorlarda yapılacak revizyonla, benzin hava karışımı yerine yanma odasına gönderilmektedir. Millenium Cell şirketi, sodyum borhidrürün bu özelliğine dayanarak, taşınabilir hidrojen depoları geliştirmiştir (Bilim ve Teknik Dergisi, 2002). Sodyum borhidrür ile su reaksiyona girdiğinde aşağıdaki ekzotermik reaksiyona uygun olarak hidrojenin ağırlıkça %10,8'i açığa çıkmakta ve yan ürün olarak sodyum metaborat (NaBO_2) üretilmektedir.



Sodyum borhidrürün alkali çözeltisine, oda sıcaklığında bile bir katalizör (rutenyum, platin vb.) ilave edildiğinde yukarıdaki tepkimeye göre hidrojen gazı açığa çıkmaktadır (Bilici, M. S. U; 2004)

Reaksiyonun ekzotermik olması nedeniyle sistemden elde edilen hidrojen nemlidir ve kullanılacağı ortama bağlı olarak hidrojen gazının nem miktarını düzenleyici bir sistemden geçirilmesi gerekmektedir. Hidrojen tüketen sistemlerde sodyum borhidrür kullanımının bazı avantajları şunlardır;

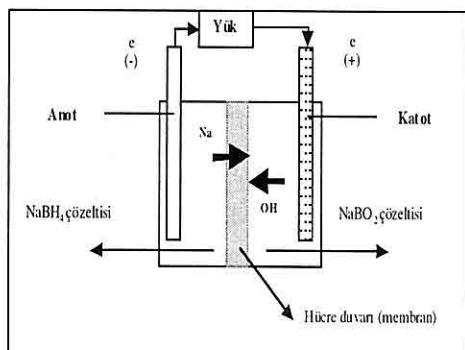
* Reaksiyon için oda şartları yeterlidir

* Katalizörün opsiyonel kullanımıyla reaksiyon daha kolay kontrol edilmektedir

- * alev alma ve patlama gibi özellikler taşımamaktadır
- * Katalizörler pek çok kez kullanılabilirmektedir
- * Sodyum metaborat yeniden sodyum borhidrür üretiminde kullanılabilmektedir.

3.7. Yakıt Pilleri

NaBH_4 'ün elektrokimyasal tepkimelerle sodyum borata oksidasyonunu esas alan pillerde de kullanıldığı bilinmektedir. Ancak pilin içindeki borhidrür bitince, enerji üretimiyle birlikte pil de biter. NaBH_4 beslemesi devam ettikçe, enerji üretimi de devam etmekte; oluşan sodyum metaborat boşaltılıp yeniden sodyum borhidrür ilave edilerek enerjinin sürekliliği sağlanmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Sodyum borhidrür yakıt pil şeması (Bilim ve Teknik Dergisi, 2002)

Farklı kullanım amaç ve işletme koşulları nedeniyle, değişik tip ve özellikle yakıt pilleri geliştirilmiştir. Söz konusu pillere ait verim ve uygulama alanları Çizelge 3'te karşılaştırmalı olarak verilmektedir.

Yakıt pilleri, hidrojeni ya da hidrojence zengin bir gaz karışımını kullanarak, yanma olayı olmadan direkt olarak elektrik ve ısı enerjisi elde etmede kullanılan elektrokimyasal sistemlerdir.

Günümüzde yakıt pilleriyle yapılan teknolojik araştırmalar, ulaşım ve sabit elektrik üretimi olmak üzere iki önemli uygulama alanı üzerinde yoğunlaşmış durumdadır. Ulaşım uygulamalarında oldukça fazla mesafe katedilmiş olup prototip üzerindeki çalışmalar halen sürdürülmektedir. 2005 yılına kadar ilk yakıt pilli aracın seri üretimi planlanmaktadır (Ersöz, A., Yolcular, S., 2001). Prototip olarak; içten yanmalı motorlarda Ford Crown Victoria taksi, akülü sistemde Ford Explorer, yakıt pili olarak da Ford Mercury Sable üretilmişlerdir (Bilim ve Teknik Dergisi, 2002).

Yakıt olarak NaBH_4 benzinle karşılaştırıldığında, 50 kat daha pahalıdır. Pahalı olmasının esas sebebi, sıvı yakıtları elde etmek için daha az enerjiye gereksinim duyulmasıdır (Wakefield, J., 2002). NaBH_4 'ün pahalı olmasının yanı sıra, şimdije kadar yapılan çalışmalarda, teorik olarak 1 kg NaBH_4 'ten üretilmesi gereken 9.3 kWh enerjiye karşılık sadece 0.18 kWh/kg enerji üretilebilmiştir (Amendola, S. C.; Onnureddi vdğ, 1999). Kısaca, teorik olarak hesaplanan enerji miktarı üretilememekte ve büyük bir enerji kaybı söz konusudur.

Günümüzdeki prototip uygulamalarına karşın yine de, NaBH_4 de dahil tüm hidrojen kaynaklı yakıtların araçlarda kullanımı, günümüz koşullarında

Çizelge 3. Temel Yakıt Pili Özellikleri (Ersöz, A., Yolcular, S., 2001)

Yakıt Pili türü	Sıcaklık°C	Verim	Uygulama
Polimer Elektrolitik Membran (PEM)	80-90	32-40	Ulaşım, küçük ünite
Katı Oksit Yakıt Pili (SOFC)	900	50-60	Büyük ölçekli MW
Ergimiş Karbonat Yakıt Pili (MCFC)	600-650	50-60	Büyük ölçekli MW
Fosforik Asit Yakıt Pili (PAFC)	200-220	40-45	50-250 kW
Alkalın Yakıt Pili (AFC)	80-90	55-60	Ulaşım, küçük ünite

akaryakıtlara bir alternatif gerekse içten yanmalı motorlarda kullanılmakta olan çok sayıda prototipi mevcuttur.

4. SONUÇ

Temiz bir yakıt olması nedeniyle, hidrojen önemli bir enerji kaynağıdır. Ancak depolanmasındaki zorluklar nedeniyle, doğrudan yakıt olarak kullanımı oldukça zordur. Bu zorluklar, gerekli olan büyük tank kapasitesi ve yüksek sivilaştırma enerjisidir. Büyük tank kapasitesi, araç uygulamalarındaki kullanımı imkansız hale getirdiğinden, hidrojenin sıvı hale getirilmesi gerekmektedir. Sıvı hale dönüştürülmesi için de -253°C'ye kadar soğutulması, yani sivilaştırılması için sıkıştırılması gerekmektedir. Sivilaştırma kademesinde ise sahip olduğu enerjisinin %30'u soğutulmaya harcanmaktadır. Bu nedenle de büyük enerji kayıpları söz konusudur.

Gaz veya sıvı halde depolamanın getirdiği sınırlamalar nedeniyle, hidrojenin diğer elementlerle bileşikleri oluşturularak, kullanımına yönelik birçok proses geliştirilmiştir. Bu bileşiklerin en önemli olanı, tablet haline de getirilebilen NaBH₄'tür. NaBH₄, gerek pillerde

Sodyumlu borların hidrojen gazı eldesi için önemli bir enerji kaynağı olması, borların önemini bir kat daha arttırmıştır. Ancak yapılan araştırmalarda, benzinle karşılaşıldığında NaBH₄ 50 kat daha pahalıdır (Wakefield, J., 2002). Diğer bir ifadeyle, her ne kadar alternatif bir hidrojen depolama tekniği olarak kabul edilse de; günümüz teknolojik koşullarında NaBH₄'ün petrol ürünler ile rekabet edebilmesi ekonomik görülmektedir. Ancak, hidroelektrik enerji kaynağı bol olan Kanada ve Yeni Zelanda gibi ülkeler bu doğrultuda programlar başlatılmışlardır. Bu yaklaşımla hidroelektrik santrallerinin belirli yoğunlukta sürekli çalışmasını esas almakta; ihtiyaç fazlası enerji ise suyun elektrolizi ile hidrojen üretiminde değerlendirilmekte ve bu şekilde enerji depolanmaktadır.

5. KAYNAKLAR

T.K.I. Ege Linyitleri İşletmesi
Kömürlerinin Klasik Yakma Sistemlerinde

- Yanma Sonucu Oluşturdukları BOR; Bilim ve Teknik Dergisi, sayı Emisyonların Etüdü, Nihai rapor, 1994, 414, sy 38-48, Mayıs, 2002.
İzmir.
- Ersöz, A., Yolcular, S. & Olgun, Ö.; Julie Wakefield; "The Ultimate Clean
Geleceğin Yakıtı Hidrojen; Yenilenebilir Coal", The Journal of Scientific American,
Enerji Kaynakları Sempozyumu, Kayseri, May, 2002.
2001.
- Hydrogen Storage Methods, Amendola, S. C.; Onnure, P.; Kelly,
<http://www.warsitz.com>, 2002. M. T.; Petillo, P. J.; Goldman, S. L. §.;
Yolcular, S. Ersöz, A.; "MTH Sistemi Binder, M.; "A Novel High Power Density
ile Enerjinin Mevsimsel Depolanması", 6. Hidrojen, Hidrojen Taşıyıcısı Sodyum
Türk-Alman Enerji Sempozyumu, 2001, Borhidür, Madencilik Bülteni, sayı 67,
İzmir. 2004.

**GEO SOUND / YERBİMLİMLERİ
YAZIM KURALLARI**

Yerbilimleri / Geosound, yerbilimleri dalında teorik veya araştırma sonuçlarını içeren ve özgün sonuçları olan Türkçe, İngilizce, Fransızca ve Almanca makaleleri kabul eder. Dergide ayrıca tanınmış bilim adamlarının güncel yenilikleri içeren tercüme yazılarına da yer verilebilir.

Makalelerin Türkçe olanlarına İngilizce, yabancı dillerde olanlarına da Türkçe özetler konulmalıdır. Makaleler şekil, çizelge veya tablo, fotoğraflı levhalar dahil 8 sayfayı geçemez. Ancak yazarları tarafından ısrar edilen ve kısaltılamayacak makaleler her yıl sayfa başına tesbit edilen katkı payı miktarı kadar ödeme yapılarak yayınlanabilir. Yazilar A4 ebadındaki kağıtların bir yüzüne çevresine 2.5 cm boşluk bırakılarak yazılmalı, harita, kesit ve levhalar da aynı boyutta hazırlanmalıdır. Yazilar 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 mizanpajı yazarlar tarafından yapılmalı, şekiller, tablolar, fotoğraflar metin içine yerleştirilmeli ve alt yazılar tek dilde yazılmalıdır.

Makaleler, biri orjinal olmak üzere 3 nüsha halinde aşağıdaki adrese disketile birlikte gönderilmelidir.

Yerbilimleri / Geosound Editörlüğü
Çukurova Maden ve Jeoloji Mühendisleri Derneği
01330-Balcalı / ADANA / TÜRKİYE
Tel : Fax: (322) 338 67 11
e-mail : yerbilimleri2004@hotmail.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 8 pages including figures, tables, plates and photographs. The ones which are insisted by their authors not to be shortened can be published by charging for each additional page on the amount defined by editorial committee. Papers should be written on one side of A4 sheets leaving a blank space of 2.5 cm at each side of the sheet and maps, plates, cross sections must be prepared in the same form. Any wordprocessor compatible with Macintosh computer system should be used to type the papers and diskets including articles should be attached to the papers. It is possible for the editorial committee to get the articles written with an available Macintosh system but this has to be charged.

The papers should be organised as follows: Title in Turkish; Author's name and address; Summary; Title in English; Abstract; Introduction; Sections and Sub-sections; Conclusions or Discussions and Conclusions; Acknowledgement; References; Appendices. Sections and Sub-sections should be enumerated in the form of 1., 1.1., 2., 2.1., etc.

References in the main text should be cited on the basis of Author's name and date. The information related to these should be given in the References section as: "Surname, Initial(s), Date, Title of Article, Abbreviated Name of the Journal, Volume No, First page-Last page".

Articles which are not published in the Journal are returned. 20 copies of the published papers are sent to the authors. In the joint papers this number is divided between the authors. Copy right is not paid for the published papers.

Figures, maps, graphics should be drawn by black Indian ink on transparent drawing paper, photographs and plates should be prepared such that they can be placed in the frame of 13x19 cm. Yerbilimleri / Geosound is printed with offset printing method that's why coordination of the articles should be done by their authors; figures, tables and photographs should be organised in the text and all explanations about these should be written in one language.

Papers should be sent in three copies, one being the original, to the following address together with the disket containing the article.

Yerbilimleri / Geosound Editörlüğü
Çukurova Maden ve Jeoloji Mühendisleri Derneği
01330-Balcalı / ADANA / TÜRKİYE
Tel : Fax: (322) 338 67 11
e-mail : yerbilimleri2004@hotmail.com