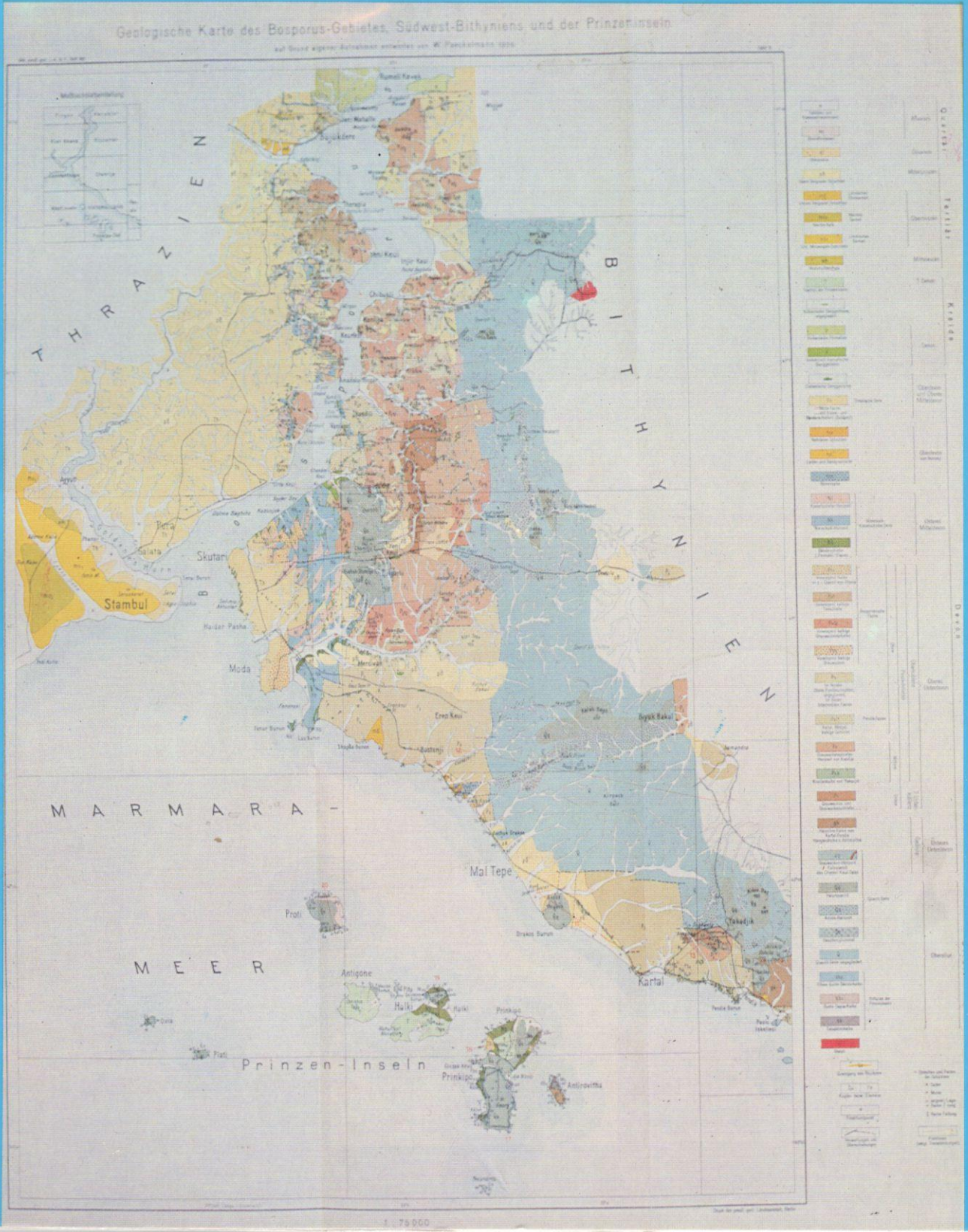




# MÜHENDİSLİĞİ

tmmob jeoloji mühendisleri odası yayın organı  
Publication of The Chamber of Geological Engineers of Turkey



# JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

TMMOB JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI  
Chamber of Geological Engineers of Turkey

## Yönetim Kurulu (Executive Board)

**Behiç ÇONGAR**  
Başkan (President)

**Hikmet TÜMER**  
İkinci Başkan (Vice President)

**Mehmet Yüksel BARKURT**  
Yazman (Secretary General)

**Dr. Zeynep DEMİREL**  
Sayman (Treasurer)

**Coşkun NAMOĞLU**  
Mesleki Uygulamalar Üyesi  
(Secretary of Professional Activities)

**Mesude AYDAN**  
Sosyal İlişkiler Üyesi (Secretary of Social Affairs)

**Erçin TÜRKEL**  
Yayın Üyesi (Secretary of Publications)

## Yayın Kurulu (Publication Board)

**Dr. Tuncay ERCAN**  
Baş Editör (Chief Editor)

**Dr. Erdal ŞEKERCİOĞLU (DSİ) - Halil TÜRKMEN (MTA)**  
Editör (Editor) Editör (Editor)

Bu sayıdaki yazıların incelenmesinde Prof. Dr. Mesut ANIL (ÇÜ), Hasan BAŞ (MTA), Prof. Dr. Rafat BOZKURT (AÜ), Prof. Dr. Remzi DİLEK (KTÜ), Dr. Orhan DURAN (TPAO), Prof. Dr. Cihat EROSKAY (İÜ), Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ (ÇÜ), Abdullah GEDİK (MTA), Prof. Dr. Cahit HELVACI (DEÜ), Erol ÖNHON (DSİ), Y. Doç. Dr. Sadettin KORKMAZ (KTÜ), Doç. Dr. Nurkan KARAHANOĞLU (ODTÜ), Dr. Sefer ÖRÇEN (MTA), Dr. Fırat ŞAROĞLU (MTA), Prof. Dr. Selçuk TOKEL (KTÜ), Doç. Dr. Fuzuli YAĞMURLU (SDÜ) ve İsmail YİĞİTEL (MTA) in de katkıları olmuştur.

**KAPAK RESMİ:** İstanbul Sığıcı çarşısının en eski ayrıntılı Jeoloji Haritası. Alman araştırmacı Werner Paeckelmann tarafından 1936 yılında hazırlanmış ve 1938 yılında Almanya'da Berlin'de basılan "Neue Beiträge zur Kenntnis der Geologie, Paläontologie und Petrographie der Umgegend von Konstantinopel" adlı kitapta ek olarak verilmiştir. Orjinal boyutları 58 cm x 45 cm olup 1/75 ölçeğindedir.

ISSN 1016 - 9172

# JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

tmmob jeoloji mühendisleri odası yayını organı

Sayı : 41

Kasım 1992

## İÇİNDEKİLER

**SAHİBİ ve YAYIM SORUMLUSU**  
Behiç ÇONGAR

### YÖNETİM YERİ

Bayındır Sokak No: 7/1 Kat 1  
Kızılay - ANKARA  
Tel: (4) 432 30 85 - 434 08 22  
Fax: (4) 434 23 38

### YAZIŞMA ADRESİ

P.K. 507 - 06424 Kızılay - ANKARA

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası yayınıdır. Yılda iki kez yayınlanır. Dergi Oda'nın amaç, ilke ve yayım koşullarına uygun bilimsel ve teknik yazılara açıktır. Yayınlanan yazılardaki fikir ve teknik sorumluluk yazarlarına ait olup, Jeoloji Mühendisleri Odası ve Dergi sorumlu değildir.

### REKLAM FİYATLARI

|                         |                 |
|-------------------------|-----------------|
| Arka Dış Kapak (Renkli) | 1.500.000.- TL. |
| Arka Dış Kapak (S/B)    | 1.200.000.- TL. |
| Arka İç Kapak (Renkli)  | 1.300.000.- TL. |
| Arka İç Kapak (S/B)     | 1.000.000.- TL. |
| İç Sayfa (S/B)          | 600.000.- TL.   |
| 1/2 Sayfa (S/B)         | 300.000.- TL.   |
| 1/4 Sayfa (S/B)         | 200.000.- TL.   |
| Özel Renk               | 75.000.- TL.    |
| Renk Süzümü             | 90.000.- TL.    |

Tescilli bürolara ve sürekli reklam yayınlanması isteminde % 10 indirim yapılır.

Bu sayı 4000 adet basılmıştır.

- OKURLARIMIZA ..... 3
- Güney Amerika'daki And Dağlarının Tektonik ve Volkanik Gelişimine Bağlı Borat ve Diğer Tuz Yataklarının Oluşumu  
CAHİTİ HELVACI ..... 5-22
- Kestanecik ve Kozagaç (Yatağan-Muğla) Mermer Yataklarının Jeolojik ve Ekonomik Özellikleri  
MUSTAFA KUŞCU ..... 23-36
- Trakya'daki Senozoyik Volkanizması ve Bölgesel Yayılımı  
TUNCAY ERCAN ..... 37-50
- İstanbul-Taşdelen ve Karakulak Kaynak Sularının Hidrojeolojisi ve Kaptaj Sorunlarına Çözüm Önerileri  
ERDOĞAN YÜZER-TURGUT ÖZTAŞ-ORHAN MUTLU ..... 51-62
- Levent Kuzeybatısında (Akçadağ-Malatya) Ulupınar Formasyonunun (Maestrihtiyen) Organik Fasiyes İncelemeleri  
ORHAN ÖZÇELİK ..... 63-69
- 13 Mart 1992 Erzincan Depremi ile İlgili Jeolojik Gözlemler ve Bazı Öneriler  
SİMAV BARGU-ŞÜKRÜ ERSOY ..... 70-83
- Markov Zinciri Analiz Yönteminin Linyit İçeren Zırmak Formasyonuna (Pliyosen, Hınıs) Uygulanması  
ALİ İHSAN GEVREK-ILKER ŞENGÜLER ..... 84-90
- Çiftelhan-Koçak (Ulukışla-Niğde) Yöresi Demir Yataklarının Mineralojik ve Genetik İncelemesi  
SEDAT TEMUR-HALİL BAŞ ..... 91-103
- Torun İstiflerindeki Kırmızı Tabakaların Kökeni  
HÜKMÜ ORHAN ..... 104-108
- Büyük Depremlerle İlişkili Öncül Kabuk Hareketleri  
HAYRETTİN KORAL ..... 109-117
- Boğsak Karst Kaynağı (Mersin-Taşucu) Dolayının Karst ve Karstlaşma Özellikleri  
TURGUT ÖZTAŞ ..... 118-130
- Bolucan (Zara-Sivas) Yöresinde Oligosen Yaşlı Selimiye Formasyonu Kumtaşlarının Sedimanter Petroloji İncelemesi  
ORHAN ÖZÇELİK-MEHMET ALTUNSOY ..... 131-137
- Çambaşı (Trabzon-Çaykara) Baraj Yeri Temel Kayasının Jeomekanik Özellikleri  
FİKRİ BULUT-FİKRET TARHAN ..... 138-145
- Güney Afrika, Permien Yaşlı Witbank Kömür Tabakalarının Sedimentolojisi ve Jeokimyası  
B. CAIRNCROS-R.J. HART-J.P. WILLIS ..... 146-153
- Altının Ekonomideki Yeri ve Pazarı  
GÖNÜL ÇETİNEL ..... 154-160
- Kalkerli Mikrofosillerin Kireçtaşından Knitter Yöntemi ile Çıkarılması  
SERPİL ERK ..... 161-165
- Dünya'da ve Türkiye'de Sepiyolitik Kil  
GÜLER CAN ..... 166-170
- Radyoaktivite, Radyasyon ve Çernobil Sonrası Yaşadıklarımızı  
ERNUR ERDEN ..... 171-173
- Anadolu'nun Renkli Olarak Basılan İlk Jeoloji Haritaları-II ..... 174-177

## OKURLARIMIZA,

Jeoloji Mühendisleri Odası gelecek yıl kuruluşunun yirminci yılını kutlayacak, insan yaşamında olduğu gibi kurumların yaşamında da gençlikten olgunluğa doğru bir gelişim süreci söz konusudur. Aradan geçen yıllar boyunca bir çok olgunun Jeoloji Mühendisleri Odasını olumlu ve olumsuz yönde etkilemesine karşın, bugün ulaşılan noktada kazanımların kayıplardan çok daha fazla olduğu söylenebilir. Çok az sayıda bir kurucu ile kurulan Odamız bugün beşbin üyeyi aşmış bulunmaktadır.. Unvan kargaşası .artık geride kalmış, mesleki yetki ve sorumluluk alanlarının belirlenmesinde gözardı edilmeyecek bir konuma ulaşılmıştır., Bu nicel gelişim, nitel gelişimle desteklenmelidir. İşte, Jeoloji Mühendisleri Odası nitel gelişimin ancak üniversite eğitiminin ve mesleki araştırmaların güçlendirilmesi,, başarılı uygulamaların gerçekleştirilmesi ve bunların yayın, bilimsel kurultay, sempozyum gibi etkinliklerde meslektaşlara ve kamuoyuna aktarılmasıyla olanaklı olacağını savunmaktadır.

46. Türkiye Jeoloji Kurultayı'na tüm üniversitelerimizden, araştırmacı ve uygulayıcı, kuruluşlarımızdan ve yurt. dışından çok sayıda bildiri için başvurulmuştur., Sevindirici bir diğer konu ise tüm yayınlarımızın zamanında yayınlanabilmesi ve belirli bir düzeye ulaşmış olmasıdır.

Türn yayınlarımıza ilgi büyük ölçüde artmıştır. Meslektaşlarımızın artarak devam eden yayın destekleri bizleri son derece mutlu etmektedir. Jeoloji Mühendisliğinin bu sayısı 17 makaleyi içermekte ve yukarıdaki tanımlamalarımızın bir kanıtını oluşturmaktadır.

Mesleki etkinliğimizin gelişmesine bağlı olarak uygulama ve istihdam, alanlarımızdaki etkinliğimiz de artmakta, diğer yandan bunlara ek olarak yeni uygulama ve istihdam alanları ortaya çıkmaktadır. Maden Yasasının yeniden düzenlenmesi çalışmalarında Odamız en fazla görüşü sorulan ve en büyük etkinliği gösteren örgüt olmuştur. Toplu Konut İdaresi'nin hazırladığı yönetmelikte hak ettiği yetkinliğe kavuşturulmuş, böylece meslektaşlarımız için yeni uygulama alanları ve istihdam olanakları ortaya çıkmıştır.

Daha saygın bir Jeoloji Mühendisliği,, daha güçlü ve etkin bir .Jeoloji Mühendisleri Odası için üye ve örgüt ilişkisinde gözlenen bu olumlu sürecin devam etmesi ve üye katılımının artması dileğiyle saygılar sunarız.

YÖNETİM KURULU



# GÜNEY AMERİKA'DAKİ AND DAĞLARININ TEKTONİK VE VOLKANİK GELİŞİMİNE BAĞLI BORAT VE DİĞER TUZ YATAKLARININ OLUŞUMU

Cahit HELVACI Dokuz Eylül. Üniversitesi, Müh., Mim. Fakültesi, Jeoloji Müh. Bölümü, Bornova - İZMİR

ÖZ: And Dağları, Nazca levhasının Güney Amerika levhası altına dalması sonucu gelişmiştir., 7 km derinliğe erişen Peru-Şili hendeği Nazca levhası ile Güney Amerika levhası arasındaki dokanakta yer alır. Ana volkanik ada-yayı, Nazca levhasının bu. açı ile dalımı ile magma oluşumu ve volkanik ada yayı gelişmesi için en uygun koşullar sağlanmıştır. Orta Andlar kesiminin 15° güney enleminin, kuzeyinde ve 28° güney enleminin güneyinde Nazca levhası çok düşük eğimlidir ve bu kesimlerde volkanik ada yayı bulunmaz. Volkanik ada. yayı hendeğe paralel olup, yükseltilerden birisi deniz seviyesinden itibaren 7 km yüksekliğe erişir. Hendeğin ile yayı arasındaki topoğrafik farklılık yaklaşık 14 km ile yerkürenin en önemli özelliklerinden birini oluşturur.

Altiplano-Puna platosu ada yayı ile yakından bağlantılıdır. Plato, doğuda dar, kıvrılmış ve faylanmış bir kuşak olan. ve Doğu. Kordilyer olarak isimlendirilen volkanik cevher ile sınırlanmıştır. Plato deniz seviyesinden 4 km yükseklikte olup iç kesimleri büyük düz bir havza ile kaplanmıştır. Bölge çok kurak ve yıllık çok düşük yağışa sahiptir. Bundan dolayı bu havzada çok kalın bir toz istifi toplanır. Havzaların tabanı, "salares" diye isimlendirilen çok geniş, düz ve beyaz yüzeyler şeklinde beliren tuzlar ile kaplanmıştır. Altiplano-Puna plato 2000 km. uzunluk ve 300 km. genişlik ile çarpışma türü olmayan dağ kuşağındaki en büyük platodur.

Plato bölgesi kaim. evaporit istiflerini içerir. Volkanik ada yayından doğuya doğru gelişen transversal volkanik zincirlerden dolayı bu bölgedeki havzalar çok kapalı bir konumda olduklarından dolayı Puna bölgesinde evaporitler son derece önemlidir. Bu volkanik kuşaklar dahan Nazca levhasında gelişen derin kırıklar sonucunda gelişmişlerdir, Transversal volkanik kuşaklar arasında yer alan bu havzalar yay içi havzaları şeklinde düşünülebilir, Bu havzaların önemi Andların sadece bir bölgesinde Miyosen borat yataklarını içermesindedir.

Miyosen sırasında, bölge günümüzdeki bu bölgede geçerli olan koşullara çok benzer çevre koşullarına sahip olmuştur. Salar veya playa gölü ortamları litoloji» sedimenter yapılar, evaporitlerin tipleri, kuş ayak. izleri ve benzeri, özellikle ayrılanabilir. Küçük göllerde veya. göl zincirleri, içinde yoğun termal su kaynaklarının aktivitesi ve kurak koşullar sonucunda evaporit depolanması sonuçlanmıştır. Evaporitler başlıca kayatuzu, jips ve borlardır.

Bor yatakları» Güney Amerika'da Orta Andlar Bölgesinde yaklaşık 15° ile 27° güney enlemleri arasında yer alırlar. Andlardaki bütün Tersiyer yaşlı borat yatakları 5 ile 7 milyon yıl arasında depolanmış oluşları boratların oluşumunun Messiniyen yaşlı (Geç Miyosen) olduklarını belirtir, Aralarında yaklaşık 100-150 km uzaklık olan boratlar K-G yönünde üç farklı yerde depolanmışlardır. Bu yataklar kuzeyden güneye doğru şu şekilde sıralanırlar: Loma Bianca, Sijes ve Tincalayu.

.Loma Bianca, 1 milyon ton, % 16 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörlü, borat içeren 30 p kalınlığında bir istif ve başlıca üleksit» inyoit ve boraks içeren bir yataktır. Radyometrik yaşı 6.9 milyon yıldır., Sijes Andlardaki en büyük kalsiyum ve kaMyum-magnezyum borat yatağı olup baskın olarak Mdroborasit, ikincil olarak, kolemanit ve az oranda üleksit ve inyoit içerir Bor düzeyleri içeren Sijes Formasyonunun yaklaşık kalınlığı 1500 m'tredir, Radyometrik yaşı 6.8 milyon yıldır. Tincalayu 10 milyon ton rezerv ve ortalama % 18 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörlü. sodyum borat (boraks) yatağıdır. Baskın olan mineral türü. boraks, Az oranda, kemik, ve ender olarak ise, rivadavit, ezkurit, aristarainit, ameghitit gibi bor mineralleridir. Radyometrik yaş 5,8 milyon yıldır.

Birçok **evaporit yatağının** bulunduğu **Neojen** diastrofik. **sahasından** sonra **ence** daralan **Andlarda Ruva-** **terner** havzalar oluşmuştur. Başlıca **evaporitler kayatuzu**, jips, **borlar ve az. olanda** sodyum, sülfat» sodyum. karbonat ve diğerleridir. Boratlar salarların üst kesimlerinde **bulunurlar. Üleksit** ve boraks olmak üzere iki mineral tura 'bulunmuştur. Boraks, çamur içinde büyüyen özbiçimli **kristaller** şeklinde az oranda bulunur. **Ekonomik** oranda boraks sadece **Cauchari ve Turi-Lari salarlarında** bulunur. Üleksit» **nodüller ve masiv** katmanlar şeklinde olmak üzere başlıca **iki** şekilde **bulunur. Nodüller**, "papas" veya patates ve masiv **üleksit** ise "barra" diye adlandırılır, Nodüller, 5-10 cm çapında ve güneşte kurutulmuş şekliyle **% 30 B2O3 tenörlüdür.** Üleksit katmanları salarlarda 1 **noukahlığa** kadar erişirler. Üleksit içeren başlıca salarlar **Hombie Muerto, Ratonés, Diablillos, Centenario, Pastos Grandes, Pozuelos, Rincon, Cauchari, Olaroz, Salinas Grandes ve Quayatayoc'dur.**

**Andlardaki** diğer bir özel borat yatağı, tipi termal su kaynakları ve gayzerlerle **ilişkilidir.** Doğrudan **doğruya** sıcak suların oluştuğu güncel üleksit **yataklarından** iki örnek vardır. Bu örneklerden bir tanesi **Quevar Volkanının** yamacında bulunan sıcak su **kaynağından** oluşan Antico, diğeri ise Şili'deki küçük **bir havzanın kenarında** bulunan sıcak su **kaynağından** oluşan Salar **Siniredir.** Sıcak su kaynakları genellikle üleksit, bazı örneklerde boraks ve bir örnekte ise magnezyum **boradan (pirmoit ve indent)** oluşturmuştur.

Borat **yataklarını** içeren salarlar, çözeltilerde mevcut olan lityum yönünden de zengindir. Li ve B arasında yakın bir ilişki mevcuttur. Gayzerlerde, jeokimyasal analizler B, As ve Sb arasında yakın bir ilişkinin olduğunu vurgular. **Bazı** gayzer ve kaynakların çevresinde veya taban kesimlerinde diğer metallerin epitermal **yataklarının** bulunması önemli niteliktedir. Sıcak su bor yatakları ile yakından **ilişkili** gümüş yatakları çok yakın tarihte **bulunmuştur.**

Özetle özgün **volkano-tektonik** konum, kurak iklim, ve aktif sıcak su kaynakları borat ve diğer **tuzların** oluşmasına neden olmuştur. Başlıca yatakları» kontinental volkanik, ada yayı ve Altiplano-Puna. platosunun iç kesimlerindeki havzalarla yakından **bağlantılıdır. Andların** güncel gelişimi» volkanik ada yayının oluşumu ve bunlarla bağlantılı gayzer ve sıcak su kaynakları» karasal borat ve diğer tuzların oluşumunu **sonuçlayan** neden ve verilerin çalışılması için en önemli doğal **laboratuvar koşullarını** sağlarlar.

## GİRİŞ

Arjantin Salta Üniversitesi ve araştırma kuruluşu olan. CONICET'in davetlisi olarak **Nisan-Temmuz** 1987 tarihleri arasında **yaklaşık itdbuçuk** aylık bir süre içinde, Latin Amerika'da bor yatakları yönünden en büyük potansiyele sahip Arjantin başta **olmak üzere. Şili** ve Bolivya'da, **tüm yatakların jeolojisi, mineralojisi, rezervi ve üretim durumundan** hakkında kapsamlı araştırma ve inceleme yapılmıştır.

Bu inceleme, özellikle **tüm** bor yataklarının bulunduğu And **dağlarının Altiplano (Puna)** bölgesinde 45 günlük bir saha çalışması» daha sonra Arjantin, Şili ve **Bolivya'da**id çeşitli araştırma, kuruluşları ve bor endüstrilerinin ziyaret ve **incelemele-iyle** sürdürülmüştür. Konuyla **ilgili** olarak **dokumanlar** derlenmiş ve Türkiye'de Üniversite ve Etibank için ileriye dönük **bağlantıların** ilk adımları, atılmıştır.

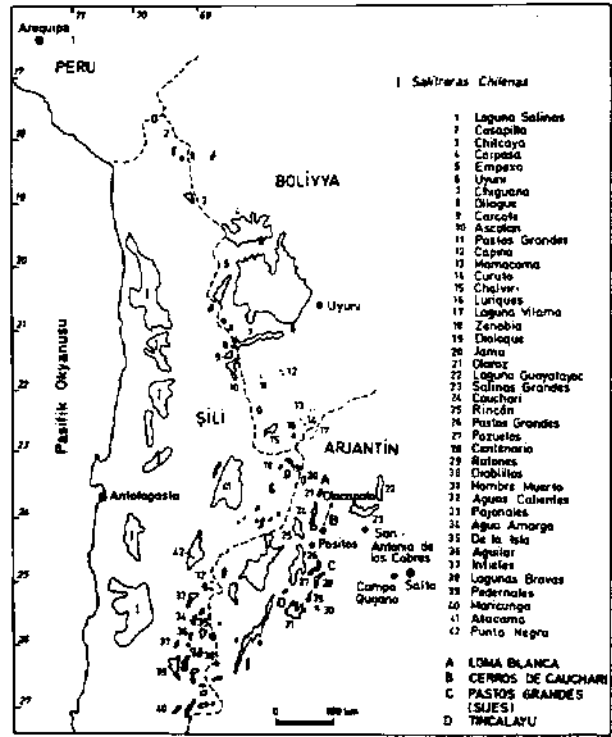
Bu yazıda» Latin Amerika'daki bor **yataklarının** bulunduğu bölge jeolojik ve rezerv **durumları,** mineralojileri ve belli başlı üretilen bor mineralleri, ile bu minerallerden üretilen **ürünler ve pazarlama sorunları** irdelenecektir.

## LATIN AMERİKA BOR YATAKLARI BÖLGESİNİN (ALTIPLANO=PUNA) GENEL TANITIMI

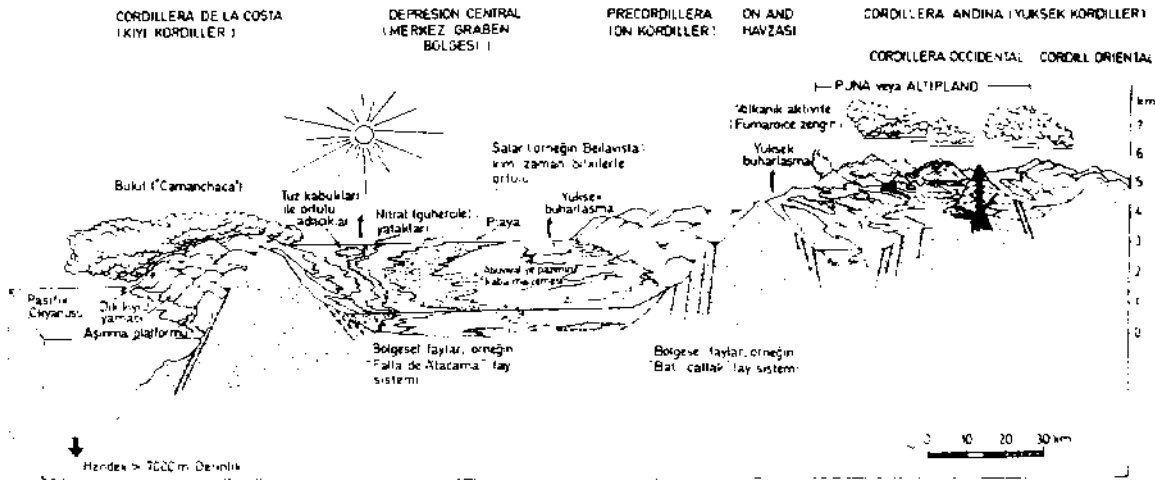
Güney Amerika bor yatakları, And **dağlarının** yaklaşık 1000 **km<sup>2</sup>lik** kesiminde Altiplano (Pu.no) diye isimlendirilen bölgede Senozoik yaşlı **volkano-sedimenter** kayalar içinde yer alırlar. Altiplano (**Puna**) bölgesinde kırktan fazla bor yatağı saptanmış ve bu yatakları Peru, Arjantin, Bolivya ve Şili'nin birleştikleri **genellikle Ana dağlarının** yüksek kesimlerinde oluşmuştur (**Şekil 1 ve 2**). Türkiye, Amerika Birleşik Devletleri, Meksika» Çin, İran ve Tibet'teki yatakları oranla Güney Amerika yatakları daha düşük **deformasyon.** ve diagenез geçirmişlerdir. Tüm Güney Amerika bor yatakları Neojen (Miyosen), **Kuvaterner ve güncel** olarak üç farklı zamanda olmak üzere **volkano-sedimenter ortamlarda» playa-göl,** sıcak su kaynağı çevresinde, gayzerlerde ve salarlarda oluşmuş veya **oluşumları** halen sürmektedir. Güncel bor yatakları ya gayzer ve sıcak su **kaynaklarının** hemen çevresinde ya da borca zengin sıcak su kaynaklarının beslediği salarlarda **oluşumlarını** sürdürmektedir (Şekil 3),



Şekil 1 Latin Amerika'daki borat bölgesi. Taralı alan borat bölgesinin yayılımını gösterir.



Şekil 2 Latin Amerika'daki bor yataklarının dağılımı ve önemli sular ve yatakların isimleri şekilde gösterilmiştir (Alonso ve Viramonte 1985'ten alınmıştır).



Şekil 3 And dağlarının Puna (Altiplano) bölgesinde suların konumunu gösteren kesit (Chong Diaz, 1984'ten alınmıştır).

And dağlarının Altiplano diye isimlendirilen merkezi bölgesi, yalnızca 2 ile 25 cm yıllık yağış miktarı, soğuk rüzgarlar ve yüksek mevsimsel ve günlük sıcaklık değişimlerine sahiptir. Peru ve Şili bölgesinde And tektonik kuşak, geniş, çizgisel, sıkça kuzey-güney yönünde uzanan dağ silsileleri ile ayrılan sularlardan (playalar) meydana gelen kapalı havzalardan oluşur (Şekil 3). Miyosen

ve Pliosen devrinde Batı ve Amerika Birleşik Devletlerinin batı kesimlerinde bor yataklarının olduğu havzalarda da And dağlarındakine benzer durum geçerli olmuştur.

And dağlarının Altiplano (Puna) bölgesi Şili, Arjantin, Bolivya ve Peru ülkelerinin ortak sınır bölgelerindeki geniş bir alanı kapsar (Şekil 1).



## GENEL JEOLJİ

Güney Amerika, bor yatakları, Tersiyer'den (Miyosen) Kuvaterner'e kadar değişen, zaman sürecinde volkano-sedimenter kayalar içinde, eski playa, sıcak su kaynağı çevresi ve düzensiz katmanlı salar yatakları şeklinde 3000 ile 4400 m arasında değişen yükseklikteki Occidental Cordillera ve Altiplano bölgelerinde gözlenirler (Şekil 3). Saladan kapsayan, havzaların teşelini genellikle Senozoyik ve yaşlı sedimenter kayalar ve daha yaşlı Prekambriyen ile Mezozoyik zaman aralığındaki yaşlı metaklasik ve plutonik istifler oluşturur (Muessig, 1966; Turner 1964; Chong Qlaz, 1984; Alonso, 1936).. Şili'de bazı salarlar hem Mezozoyik hem de Tersiyer'den (Pliyosen) tüm Kuvaterner volkanikleri ile yakından ilişkilidirler., Arjantin de ise, borat ardalanması içeren Tersiyer karasal sedimenlerin yüzlekleri güncel salarların bulunduğu birçok havzanın, kenarları boyuncadır (Muessig, 1966).

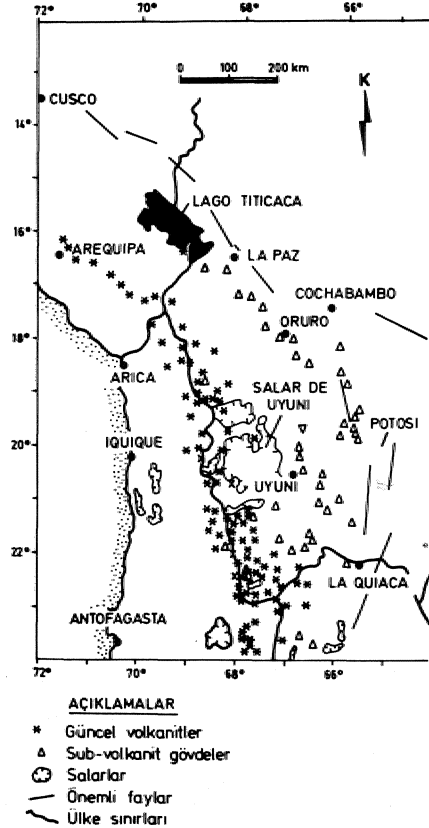
And dağlarının oluşumunda magmatik olayların önemli rol oynamasına karşın,, Orta And dağları bölgesindeki bor yataklarının oluşumu ile ilgili önemli volkanik, olaylar Miyosenden, günümüze dek aktif olanlardır., Bu volkanik aktivite ise Nazca levhasının dalmasına paralel, olarak batıdan doğuya, diğer bir deyişle Şili'den Arjantin'e doğru, kayma, gösterir.. Böylece, Mezozoyik sonu ve Tersiyer başı (Paleosen ve Eosen) volkanizması Şili içinde,, Şili-Arjantin sınırında etkili olmasına karşın; Tersiyer sonu (Miyosen ve Pliyosen) ve Kuvaterner volkanizması Şili-Arjantin-Bolivya sınırlarında ve daha çok Arjantin ve Bolivya içlerinde aktif olmaktadır. And dağlarının orta kesimindeki güncel volkanizma Pe.ru, Bolivya, Şili ve Arjantin'in ortak sınırları bölgesinde olup, bu alan bor dağılım bölgesiyle çakışmaktadır (Şekil 4).

Günümüzde Orta Andlar bölgesinde volkanik aktivite çok azdır., Sadece Peru'nun güneyinde, kuzey Şili ve Şili-Arjantin ortak sınırının kuzey kesiminde volkanizma günümüzde de aktif vitesini sürdürmektedir. Geriye kalan kesimlerde ise volkanik faaliyet fumaral solfataras ve gayzerler ile sınırlanır. Yüksek Cordillera (High Cordillera.) boyunca 5000 ile 6800 metre arasında değişen yüksekliklerde 600 civarında ve genellikle lav ve piroklastik aşdalanması sunan, straktovolkanlar gözlenir (Şekil 3). Volkanik kayaların yaşlı planları alkanin, riyolitik, dasitik birimler, genç olanlar ise baskın olarak andezitlerdir. Orta. And dağlarında, ignim.birit katmanları, 20 milyon yıldan daha uzun bir süre boyunca Oligosen ve Miyosen

aralığı ile Pleistosen'in başlarında oluşmuştur (Zeil, 1979).., Orta Andlarda volkanik aktivite bölgelere göre değişim, göstermekte, kuzey ve güney kesimlerinde yaşlı ignimbirit kalm.an.lan ile daha genç stratavolkanlar yer alırken, orta kesimde baskın olarak çok büyük oranda riyolitik ignimbirit katmanları ve yüksek silis içerikli andezitlerden oluşan kalk-alkalin kayalar yendir.

Andların orta kesimindeki tektonik kıvrımda karasal kabuğun kalınlığı, kuzey ve güney kesimlerdeki kabuktan 20 km daha kalın olup 70 km kalınlığa erişir (Zeil, 1979)..,

Orta Andların Batı Cordillera (Western Cordillera) kesimindeki baskın kalk-alkalin karakterli kayalar, Batı Anadolu ve Amerika Birleşik devletleri'nin batı kesimindeki bir model kalk-alkalin volkaniklerine çarpıcı şekilde benzedik gösterirler., Yaşlı riyolit, serisi kayaları genellikle riyolit ve riyodasitik ignimbritlerle temsil edilirler. Genç andezitik volkanikler ise başlıca latit ve andezitlerle karakterize edilirler. Riyolitler ve andezitler yer yer, zaman zaman ve jeokimyasal olarak bağlantılıdır (Zeil, 1979). Her iki grupta kalk-alkalin volkanik serilerine ait olup, iki grup arasında açık



Şekil 4- Andların orta kesimindeki Senozoyik yaşlı güncel, volkanik ve sub-volkanik yaşlı güncel, volkanik ve sub-volkanik gövdeler.

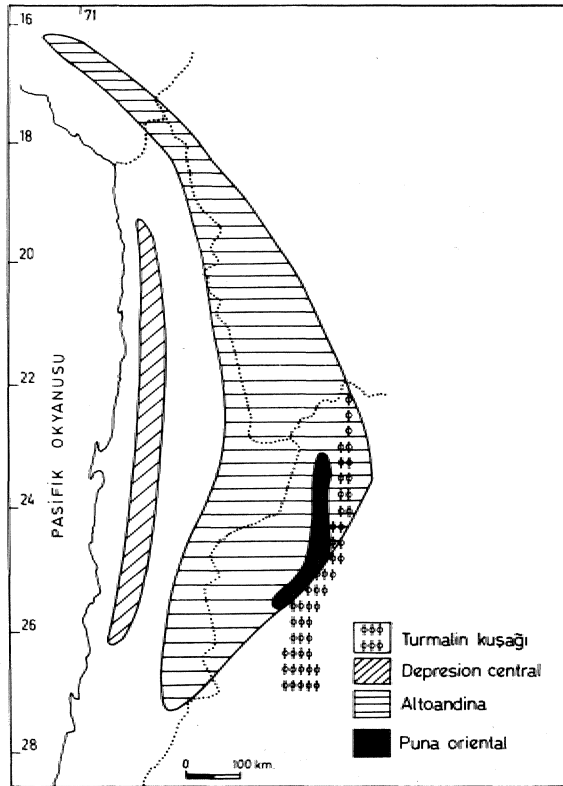
bir petrografik geçiş mevcuttur. Bu volkanik kayalar,, bölgedeki kabuksal malzemenin kalın bir kesitinin dalma zonunda ergimesi sonucu oluşmuşlardır (Zeil, 1979).

#### PUNA BÖLGESİNİN BOR KAYNAKLARI

Orta Andlardaki uzun süren jeoloji ve madencilik çalışmaları sonucu, özellikle Altiplano-Puna bölgesi, "Boraih Orta Aodlar Bölgesi = Provincia Boratifera Centroandina" metalojenik bölgesi olarak isimlendirilmiştir (Alonso ve Viramonte» 1985).. Bu metalojenik bölge, Orta Andlardaki Se» nozoyik volkanik yayın tarihî ve gelişimi ile yakından, ilgilidir.

Bölgedeki yatakların yaş, mineraloji, orijin ve jeolojik-tektonik ortamlarına göre bu metalojenik bölge alt bölgelere de ayrılmıştır: Subprovincia Boratifera Altoandia, Subprovincia Boratifera de la Puna Oriental ve Faja Turmalinica (Alonso ve Viramonte, 1985) (Şekil 5).

Bu borat metalojenik bölgesi, 1500 km uzunluğunda, 450 km genişliğinde ve 400 000 km<sup>2</sup>İşk elips şeklinde bir alanı kapsar» Bu. bölgede başlıca üleksit, boraks, hideoborasit, kolemanit ve inyoit mineralleri olmak üzere yaklaşık % 20 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörla 100 000 000 lon borat içerir (Alonso,, Vñi-



Şekil .5 Orta Andlarda (Centroandinas) borat alt bölgelerini gösteren harita (Alonso"ve Viramonte, 1985'ten alınmıştır).

monte, 1985),,,

Latin Amerika'daki borat metalojenik bölgedeki en önemli yataklar Arjantin'in Salta, ve Jujuy eyaletlerindeki Miyosen yaşlı Tincalayu boraks» Sijes hidroborasit ve kolemanit, Loma Blanca, inyoit ve boraks yataklarıdır. Sijes yatakları çevresinde daha. az ekonomik ve teras şeklinde Kuvaterner yatakları mevcuttur. Latin Amerika'daki Salar türündeki güncel yataklarda ise kaya tuzu, sülfat, tuzları ve lityum tuzlarının yanı sıra başlıca, üleksit ve boraks yatakların önemli ekonomik mineral bileşenlerdir. Sıcak su kaynakları ve gayserlerde ise üleksit baskın mineraldir.

Güney Amerika'nın bor kaynaklarının çok fazla olduğu düşünülmesine karşın kesin rezervleri veren bilgiler son derece eksiktir., U.S. Bureau of Mines,, Latin Amerika'daki borat yataklarının rezervini ortalama % 20 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörlü olmak üzere 90 milyon ton olduğunu belirtir.,

Borax Consolidated Ltd. Şirketi 1852 yılında Güney Amerika'daki çeşitli, salar yataklarından üleksit üretmeye başlamıştır. Güney Amerika'daki en eski işletme Şili'deki Salar de Ascotan'da başlamıştır (Şekil 1). Şili dünya üretiminin yaklaşık üçte birini karşıladığı zaman,, 1914 yılında 36 000 ton "üretim ermiştir. ABD'de borların, fiyatlarının düşmesine paralel, olarak Şili'deki üretim azalmıştır ve 1929 yılında durma noktasına, gelmiştir (Bain and Read, 1934),,, 1979 yılında yaklaşık 27 000 ton cevher Alacama ve Ascotan salarlarından üretilmiştir. Yaklaşık, yılda. 27 000 ton bor cevheri, yan ürün olarak Alacama salarlarındaki lityum ve potasyum tuzları işlenmesinden üretilmektedir (Dickson and Harben, 1983; Lyday, 1984),,,

Güney Amerika'daki en önemli bor cevheri üretimi Arjantin'in Salta eyaletinde yapılmaktadır. Hombre Muerto salarının kuzey kesimini oluşturan Tincalayu yatağından yılda yaklaşık 136 000 ton boraks cevheri, üretimi yapılabilmektedir., Bu yataktan 1983 yılındaki üretim 140 000 tondur (Lyday, 1983). Peru'daki Laguna Salinas'dan 1894'ten 1920'lere kadar üleksit üretimi ve ihracı yapılmıştır ve Peru'dan toplam üleksit ihracatı,, 1930 öncesine kadar yaklaşık 91 000 tona erişmiştir. Peru'nun üretimi halen daha Laguna Salinas'a bağlıdır ve bu salarlardan yıllık, üleksit cevheri üretim kapasitesi 27 000 tondur., Şu an için Bolivya'da yapılan bor üretimi son derece limitlidir.

#### Salar Yatakları

Güney Amerika'daki salar yatakları genel olarak üleksit (NaCaB<sub>5</sub>G9.8H<sub>2</sub>O) içerir, fakat inyoit

(Ca<sub>2</sub>OB<sub>6</sub>O<sub>1,13</sub> H<sub>2</sub>Q) ve boraks *Qia<sub>2</sub>B<sub>p</sub>, İQH<sub>2</sub>O*) bazı salarlarda ekonomik, oranda tesbit edilmiştir. Kolemanit O<sup>E</sup>E<sup>Ö</sup>n-SEy)) çok ender olarak bir iki, salarda tesbit edilmiştir (Buttgenbach, 1901; Ericksen, 1963).

• Salar yataHannadaki boratlar genellikle Latin Amerika'da "papas" diye tanımlanan salar yüzeyine bir metrelik derinlikte nodüller, merccekler veya ince bant ve düzeyler şeklinde bulunurlar.. Bu salar yataklarının bir çoğu salar çevresinde veya içinde tüllerle yakından bağıntılıdır ve bu salarların havzaları sıcak, ve soğuk su kaynakları ile beslenmektedir.

Salar borat yataklarının şekilleri ve yayılımları çoğunlukla düzensizdir. Boratlar, genellikle çamur, kil, kum, ve silt matrisi içinde bulunur. Jips, halç ve diğer tuzların borat düzeyleri ile yakından ilişkili olduğu çoğunlukla gözlenir. Salarların ku. yüzeyinin (yüzey kabuğunun) altındaki, şedimentler genellikle ıslaktır. Salar havzalarının birçoğu sınırlı veya iç drenaja sahip olup» bir kısmı ise eski kıyı çizgilerine veya yaygın ve devamlı borat dağılımı gösterir., Salar içindeki boratların çevredeki eski kayaların aşınma ürünü olduğunu veya salar içindeki durgun derin su gövdesinden çökeldiğini gösteren hiçbir veri yoktur. Borlar, saladan besleyen volkanizma ürünleri ile bağıntılı sıcak suların salar havzası için B ile Ca ve Na elementlerinin konsantrasyonu olmaları, sonucu çökelmişlerdir. Borat zonları 3 m kalınlığa kadar değişebilir ve yaklaşık olarak % 20 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerirler.. Salar içinde karbonatlar genellikle ya azdır veya hiç bulunmazlar.

Borat içeren, salarların coğrafik dağılımı, Andlann orta. kesimindeki Batı Cordillera'daki (Western Cordillera) Senozoik volkanizmasının çevresinde bulduklarını gösterir (Şekil 2 ve 4). Volkanlardan uzağa gidildikçe, örneğin doğuya doğru Altiplano veya batıya doğru kıyıya giden çöl bayırlarında, salar borat yatakları, hızlı şekilde kaybolur (Chamberlain, 1912).., Volkanik olmayan Doğu Cordillera (Eastern Cordillera) ile ilişkili hiçbir borat yatağının bulunmayışı da boratların volkanilerle yakından, bağlantılı olduğunu gösterir.

Arjantin, Peru, Bolivya ve Şili'de borat içeren, 35 tane salar bilinmektedir (Muessig, 1966; Alonso, 1986). Bu salarların herbiri birkaç binden birkaç milyon, tona kadar borat içerir.. Salarlar çok geniş (birkaç yüz km<sup>2</sup>) alanları kapsarlar.. Sal adarın bir çoğunda madencilik koşulları, iklim şartlarındaki çok büyük farklılıklar yükseklik ve salar

yüzeyine çok yakın yeraltı su, tablasının mevsimsel oynamasından dolayı çok zordur. Bunlara ek olarak, liman noktalarına veya rafinerilere uzaklıkları çok fazla olup, dünyanın başka yerlerindeki borat yataklarına oranla ulaşım ve nakliye son derece güçtür. Birçok Güney Amerika borat yatağı mekanik olmayan, ilkel yöntemlerle işletilir ve bor cevherleri rafineriler veya limanlara küçük kamyon veya Uurlarla taşınır., Tren ile taşımacılık sadece belli yörelerden yapılabilmektedir.,

Sıcak Su. Kaynağı Yatakları (Spring apron deposits=geyser deposits)

Borat sıcak su kaynağı, yatakları, bir çatlak, bir zayıflık zonu veya koniden çıkan borca zengin su ve gazların hemen kaynak yerinde veya çok yakın çevresinde kristalleşmesi ve çökmesi sonucu oluşurlar. Bu tür yataklar genellikle küçük boyutlu.» borat minerallerinin kesikli düzeyler şeklinde veya termal kaynaklar tarafından getirilen diğer minerallerle kaşık şekilde gözlenirler. Arjantin ve Peru'da onbeş adet sıcak su kaynağı yatağı bilinmektedir.. Bu yataklar koni ve önü şeklinde üleksit ve sadece bir yalakta ise boraks içerir,.. Diğer Senozoik yaşlı borat, oluşumlarında olduğu gibi, bu yatakların çevresinde de benzer volkanik kayalar. an riolit ve andezit bileşimi i seriler gözlenir.

Güney Amerika'da, borat sıcak su yatakları çok güzel şekilde gelişmiş ve korunmuşlardır., örtü şeklindeki, yataklar günümüzde bazı örneklerde görüldüğü gibi halen daha gaz ve çeşitli sıcaklıklarda veya. soğuk, su üreten baca ve konilerin çevresinde örtü. şeklinde gelişmişlerdir. Birçok yatakta, eski borat düzeylerini örten, geç evre tüller bulunur (Kistler ve Smith, 1983). Sıcak su kaynağı örtü. yatakları genellikle küçük boyutlu olup, ortalama tenoru % 20 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> olan sadece birkaç yüz tondan birkaç bin tona kadar borat kapsarlar.. Her ne kadar ayrıntılı kimyasal çalışmalar yeterli olmasa da diğer tipteki borat yataklarında olduğu gibi borun kaynağı, bu tür yataklarda da volkanik kökenlidir.

Playa (Salar=Tu7Ja) ve Sıcak Su Kaynağı Yataklarının Kökeni (Origin of Playa and Spring Apron Deposit)

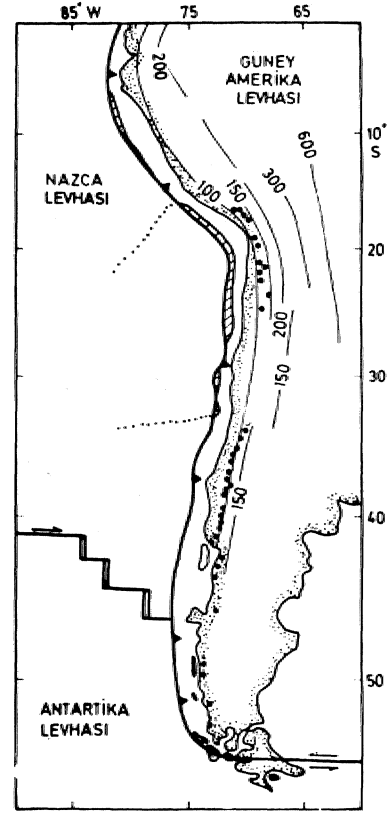
Volcano-scd i m ante r formasyonlarda bor içeriğinin artışının alta bindiren liosfrik levhalarla ilişkili olduğu saptanmıştır (Ozol, 1976),» Ayrıca, Tersiyer kayalarındaki bor birikimine karasal, asidik-ortaç karakterli volkanizmanın eşlik ettiği bilinmektedir« Güney Amerika'daki bor yatakları da Orta Andlarda lokalize olmuş Senozoyik volkanik ak ti vite ve bağlantılı sıcak su kaynakları ile yersel

ve zamansal olarak ilişkilidirler,.. Salar yatakları, havza içine akan sıcak su kaynağı kökenli bor çözeltilerinin sonuçlandır. Bor ve birlikte bulunan klor» volkanik kökenlidirler (Muessig, 1966; Helvacı ve Alonso, 1989).

Güney Amerikan bor yatakları, için volkanik olmayan orijin ayrıntılı saha jeolojisi ili skileri ışığında geçerli değildir. Bilinen bor yatakları çevresinde veya daha alt düzeylerde benzer stratigrafide borca zengin kayalar olmadığı ve çok sınırlı drenaj alanı olduğu için çevre kay açların ayrışması sonucu mevcut, bor yataklarının oluşması da söz konusu olamaz. Diğer taraftan çevredeki daha yaşlı bor yataklarının yıkanması sonucu olarak bugünkü yatakların oluşması mümkün değildir. Dünya genelinde, yüzey (effusive) ve piroklastik kayalardak Uen yüksek bor içeriği (50-1000 gr/ton), Pasifik Okyanusu ve Alp-Himälaya tektovolkanik kuşaklarda aktif levha sınırlarında ada yayı sistemlerindeki volkanik kayalarda bulunur (Ozol, 1976). Bu kayalardaki asıl bor getirici malzeme volkanik camlardır (Bczina ve diğer., 1975).. Yüzeide magma kristalizasyonu sırasında, borun büyük bir kesimi artık ergiyikte, kısmen de uçucularda toplanır. Volkanik patlamalar arasında şayet bor diğer uçucu bileşenler ile toplanırsa» gaz kaçağı ve göçme ile magma çemberinden ayrılır ve kırıklı zonlardan yüzeye doğru gaz buharı kaynağı şeklinde erişir.. Bu olasılık, Pasifik ve Alp-Himalaya volkanik kuşağındaki gazlar ve hidrotermal çözeltilerdeki yüksek bor içeriği ile desteklenir. Senozoyik havzalara akı bor içeriği, genellikle alta bindirme zonları ile ilişkili olan volkanik kayalarda en yüksektir, Bor içeriği, rift zonlardaki havzalarda az, volkanik etkinliğin az veya olmadığı sahalarda ise en düşüktür. Ayrıca, yitim, tektoniği sahalardaki termal sulardaki bor kapsamı (600-800 mg/l), Okyanus ortası sırtlarında veya rift zonlanndaki (yanlızca yaklaşık 10 mg/l) bor içeriğine oranla son. derece yüksektir (Ozol, 1976).

Güney Peru. ve Kuzey Şili'de bazı kesimlerde fümerai ve solfatara. etkinlikleri olmasına karşın, Güney Amerika'nın orta. kesimlerindeki volkanik etkinliğin bugünkü düzeyi düşüktür. And. Dağlan, morfolojik olarak yüksek dağlan oluşturan volkanik, ve magmatik yapılarla karakterize edilir. Bu malzemenin büyük bir kesimi Miyocen'den günümüze dek süren volkanik olaylarla üretilmiştir., Bu volkanizma, And dağ silsilesinin Fay tektoniği ve yükselmesi ile doğrudan doğruya, ilişkilidir. Orta Andlarda, Scnozoik' /volkanizmasının merkezi. Peru, Boliviya, Şili ve Arjantin

sınırlarındaki bölgede bulunmaktadır (Zeil, 1979). Bu bölge veya zon 2000 km uzunluk ve 100 veya 200 km genişlikte olup (Şekil 4) dünyanın en yüksek ve en büyük sayıdaki volkanlarını kapsar (Zeil, 1979), Francis ve Rundle (1976), sadece son 10 milyon yılda» 21 ve 22 güney enlemleri arasındaki Kuzey Şili'nin Yüksek Kordillera (High Cordillera) kesiminde yaklaşık 2000 km<sup>3</sup> volkanik malzemenin oluştuğunu öngörmüşlerdir. Volkanik kayaların kalın kesiti kaynak köklerini, tayin etmeyi zorlaştırır, fakat volkanik malzemenin, bu tür büyük miktarının kırık sistemi ile bağlantılı olduğu sanılmaktadır. Güney Amerika bor yatakları, zaman ve yer yönünden orojenik, kuşağın, doğrultusunu izleyen riyolit ve andezitlerle yakından bağlantılıdır.. Andezitler,, ilksel olarak 'yakınısyan levha sınırlarıyla bağlantılı olacak şekilde belirgin tektonik, yerleşime sahip olup, başka yerlerde sınırlı miktarlarda bulunurlar. Andezitlerin bir dizisi Pasifik levhasının batı ve kuzey sınırları ile Juan de Fuca, Cocos ve Nazca levhalarının doğu sınırları boyunca oluşmuştur, Peru-Şili hendeği,



Şekil 6 Güney Amerika'nın tektonik konumu. Gölge alanların derinliği 3000 kulaçtan (fathoms) büyük kesimleri kapsar. Levha sınırları. Forsyth (1975) ten sismik konturlar Barzangi ve Isachs (1976) dan alınmıştır. (Gill, 198Tden alınmıştır).

Güney Amerikan ve Nazca levhalarının sınırında bulunmaktadır (Şekil 6 ve 7).

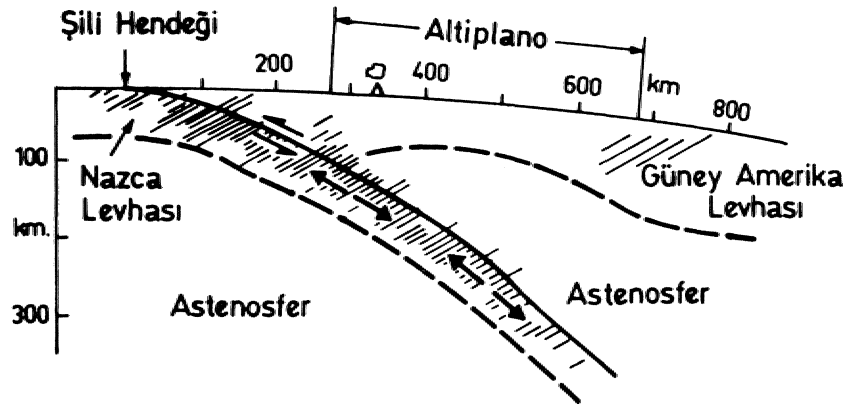
Peru-Şili hendeği, andezilik volkanik cepheden yaklaşık 250 km mesafededir (Şekil 7 ve 8) ve bu bölgede volkanik yay yaklaşık 50 km genişliktedir. Dalan sismik zonun üzerinde volkanların yüksekliği 80 ile 250 km arasında değişir ve sismik zonun eğimi yaklaşık 35 derecedir (Barazangi ve Isacks, 1976), Nazca ve Güney Amerikan levhaları yılda 10.3 ile 10.8 cm arasında değişen bir miktar kadar birbirlerine yaklaşırlar. Orta Andlar bölgesinde kabuk kalınlığı 70 km'ye yaklaşır (James, 1971). Bu bölgede dalma 175 ile 200 milyon yıl arasında değişen bir zamandan beri olagelmektedir (Gül, 1981).

Nazca, levhası, Peru ve Şili'nin altında en azından dört parçaya ayrılır ve 25° den daha büyük bir açıyla dalan bu parçalardan sadece ikisinin üst kesiminde aktif volkanik sahalar bulunmaktadır (Barazangi ve Isacks, 1976)., Bu volkanik aktif sahalar, Orta Andlardaki bor yataklarının bulunduğu kesimlere karşı gelir. Peru-Şili hendeğinin bulunduğu sahada, astenosfer karasal ve okyanusal levhalar arasında 90 km. derinliğe erişen sandeviç şeklinde sıkıştırılmıştır... Güney Amerika'daki baskın orojenik andezitler ile volkanların 90 veya 200 km derinliklerinde dalan litosferin varlığı arasındaki yersel ve zamansal ilişki, dalan litosferin andezitlere bileşimsel olarak katkıda bulunduğunu vurgular veya yakınsama (yitim) olayının kendisi bu mekanizma içinde ayrılaşmayla andezitleri sonuçlan

Güney Amerika ve dünyanın diğer kesimlerinde bor yatakları, yukarıda sözü. edilen tektonik model ile yakından ilişkili olarak görüldüğünden, andezit ergiyiğinin kökenini ve göç etme mekanizmasını anlamak önemlidir. Ergiyiğin kökeni yitim olaylarına bağlı görünmesine karşın,, orojenik kalk-alkalin volkaniklerin kökeni ve buna bağlı yüksek bor konsantrasyonu için değişik çeşitli teoriler ve görüşler mevcuttur. Gill'in (1981) bu konudaki görüşleri aşağıdaki gibi özetlenebilir

1. Oksitlenme koşulları, altında bazaltik bileşimli yan. kabuksal ilksel magmanın kristalleşerek ayrılaşması.
2. Derinlerde bulunan, kabuksal malzemenin kısmen veya tamamen anateksiye uğraması.,
3. Simatik bazaltik magmanın sialik malzemenin anateksisinden ikincil asit. ergiyiklerle karışması.
4. Sialik malzemenin simatik bazaltik magma tarafından özümlemesine (assimilation) ek olarak kristalleşerek ayrılaşması.
5. İlksel andezitik magmanın oluşumu ile üst manto malzemesinin karışımı.

Elde olan güncel veriler, bir andezit ve borun ortak ergi yığının mantodan, mı yoksa kabuktan, mı türediği; •volkaniklerin, ayrılaşma ürünü mü yoksa bir kesim karasal kabuğun kısmen veya tamamen ergimesinden mi oluştuğu; ya da kökenin bir kıttadan kenarında dalan okyanusal litosferik levhanın kesikli olarak eklenmesi mi olduğu, konusun-



Şekil 7 Orta Andlardaki levhaların tektonik konumu. Profil, Kuzey Şili'de Nazca levhasının dalma geometrisini gösterecek şekilde kuzeye bakılarak çizilmiştir. İnce çizgiler hiposentirleri, oklar ise dalan Nazca levhasındaki gerilme kuvvetlerini gösterir (Zeil, 1979'den alınmıştır).

da tüm veriler son derece kesin ve açık değildir.

Bu ergiyiklerdeki bor içeriğinin konumunu açıklamak çok daha zordur. Şayet tor, bir magma çemberinin ilksel ergiyiğinde uçucu olarak bulunursa magma çıkışı sırasında, veya öncesinde eksolüsyon olarak kaybedilmesi büyük bir olasılıktır. Magma çıkışı sonrasında camlaşma (devitrifikasyon), ayrışma veya allerasyon ile de bor kazanılır veya kaybedilir., Böylece Güney Amerika ve dünyanın diğer kesimlerindeki büyük Senozoyik bor yatakları ile yakından ilişkili olan orojenik andezitlerdeki magma çıkışı öncesi bor konsantrasyonlarını tayin etmek veya saptamak oldukça güçtür.

Orta Andlarda salarlar (tuzlalar) ve sıcak sulardaki çok büyük bor konsantrasyonları ile Senozoyik volkanizmasının merkezleri arasında çok belirgin bir korelasyonun varlığı mevcuttur. Buna ek olarak, volkanik bölgeler ile olasılıkla kabuğun derinlerine kadar inen kırık zonlarıyla bağlantılı olan Orta Andlardaki grabenler arasında çok yakın bir ilişki vardır. Volkanikler ile levha tektoniği arasındaki bağlantı daha çok yorumsaldır. Senozoyik volkanik, malzemenin yaklaşık 200 km'lik bir derinlikten kaynaklandığı (Benioff zonunun üst kesimine kadar olan bir derinlikten), yitim olayının Miyosen'den önce başladığı ve birçok milyon yıl aralıksız kesilmeden devam ettiği şeklinde yorumlanması bazı çalışanlar tarafından olanaksız olarak değerlendirilmektedir (Zeil, 1979). Ozol'unda

(1977) dahil olduğu diğer çalışanlar. Güney Amerikan kalk-alkalin magmasının okyanusal kabuğun 150-200 km derinliklere kadar yitimi ve yeniden ergimesi sonucu oluşan andezitlerle yakından bağlantılı olduğu fikrini benimserler. Borca zengin her iki serpantin ve denizel killeri de içerebilen okyanusal kabuk malzemesi. Güney Amerika'da olduğu kadar Kuzey Amerika ve Alp-Himalaya bölgelerinde de Benioff zonlarının üstünde belirgin bor yatakları oluşumu için gerekli, olan bor miktarını üretebilir.,

Orta Andlardaki bor yatakları ile ilişkili kalk-alkalin volkaniklerin kökenine bakılmaksızın» Güney Amerika'daki tüm veriler dahan levha tektoniğiyle ilişkili derin kırıklardan gelen hidrotermal çözeltiler termal kaynaklar ve kalk-alkalin volkanikler ise kaynak örtü (spring apron) ve salar (tuzla) tipi bor yatakları için bor kaynağı oluşturduğunu gösterirler.

## MİNERALOJİ

Latin Amerika'daki Neojen yaşlı yataklar,, Kuaterner ve güncel yaşlı salarlar ve gayzerlerin tümünde gözlenen en önemli ve ekonomik değeri olan mineraller boraks, üleksit, Mdiobiasit, kolemanit, kemit ve inyoittir. Neojen yaşlı yataklarda işletilen en önemli ekonomik, mineraller sırasıyla boraks, üleksit» hıdroborasit, kolemanit, kemit ve inyoittir. Bu önemli ekonomik bor minerallerinin yanısıra az ve eser miktarda çok değişik bor mineralleri var olup bunlar Çizelge 1» 2 ve 3'te her yatak için ayrı ayrı verilmiştir.

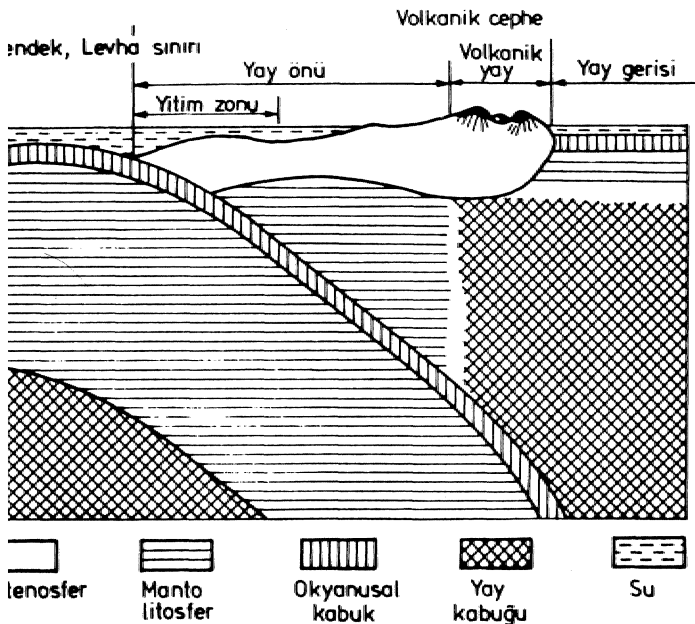
Salarlarda (=tuzlalarda) ekonomik olarak en önemli bor mineralleri üleksit ve borakstur. Bunların yanısıra az oranda inyoit, ve eser miktarda kolemanit ve hıdroborasit tespit edilmiştir\*. Gayzerlerde ise baskın mineraller üleksit, boraks ve pinnoittir., Çizelge 4'te Arjantin'deki gayzer tipi bor oluşuklarındaki minerallerin listesi verilmiştir.

\* Kuzey Arjantin'deki bir güncel playada saptanan inyoit Helvacı ve Alonso (1989) tarafından tanımlanmıştır.

## ÜRETİM

### Şili

1950 öncesine kadar Şili'nin en önemli borat üretimi Salar de Ascotan'dan gelmekteydi. Ascotan'daki bor madenciliği 1883'e başladı, 1913'te yılda 36.000 ton ile en yüksek notaya erişti ve 1967'de durdu. Salar de Ascotan'daki üleksitin büyük bir kesimi» sıcak su kaynağı ortamlarında



Şekil 8 Yakınsayan levha sınırları (Okyanusal levhalar) için terminoloji (Gill, 1981'den alınmıştır).

Çizelge 1. Tincalayu yatağındaki bor mineralleri

| Mineral İsmi   | Kimyasal Formül   |
|--|---|
| Boraks veya Tinkal   | $\text{Na}_2[\text{B}^{\circ}\text{O}_5(\text{OH})_{11}] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$   |
| Tincalkonit  | $\text{Na}_2[\text{B}_{11}\text{O}_{20}(\text{OH})_{11}] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$   |
| Kernit   | $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_7(\text{OH})_2] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  |
| ö 1 e k s i t M a C a [ U e D e ( O H ) e ] . 5 H 2 O                |   |
| Ez kurit   | $\text{Na}_2[\text{B}_4(\text{OH})_4] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  |
| aa e g binit N a 2 l B 3 O 3 ( O H ) 4 )                             |   |
| Riva davit   | $\text{Na}_{11}\text{Mg}[\text{B}_3\text{O}_4(\text{OH})_2] \cdot 8.14\text{H}_2\text{O}$   |
| A r i s t a r a i n i t K a 2 H g f B ] 7 O 2 0 . T O H 7 O          |   |
| M a k a l l i s t e r i t 11 g [ B 6 O 6 ( O H ) 2 ] . 6 1 . 2 H 2 O |   |
| Inder it   | $\text{Mg}[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_5] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  |
| Kurnakovit   | $\text{Hg}[\text{B}^{\circ}\text{O}_3(\text{OH})_5] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  |
| inyoit   | $\text{Ca}[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_5] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  |
| Ginorit  | $\text{Ca}_2[\text{B}_2\text{O}_5(\text{OH})_4][\text{B}_2\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$                             |
| Esttonsioginorit   | $(\text{Sr}_2\text{Ca})_2[\text{B}_2\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot [\text{B}_2\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ |
| Pırober-tit  | $\text{BaCa}[\text{B}_2\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  |
| Sea ries üt  | $\text{K}[\text{B}_2\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$  |

sıkça gözlenen ve çiçeksi foimlan içeren diatome toprağı içinde bulunur (Muessig, 1966). Kistler ve Smith (1983), üleksit'in Ascoton'da salar (tuzla) yüzeyinin hemen altında başlıca düzensiz kütleler ve 1 metre kalınlığa kadar değişen katmanlar şeklinde bulunduğunu belirtin Diğer borat üretilen Şili salarları Chilcaya. ve Federnales salarlarını kapsar (Şekil 2).

Birçok Şili saladan çok yüksek jips. kapsarlar. Sülfatların büyük bir kesiminin volkanik kükürtün oksitlenmesiyle oluştuğunu birçok araştırmacı belirtir. Bazı Şili havzaları ise aktif kaynaklara sahiptir. Salar ve Zenotria, Salar de Aguilar gibi kenarları boyunca, sıcak, su kaynakları, ve gayzerler kapsar. Salar de Maricunga'nın yüzeyini traverten ve tüf konileri sınırlar.

Ascotan ve Carcote salarlarından, bugünkü salar yüzeyinden, birkaç metre yukarıda da bulunan eski kıyı çizgileri bir zamanlar sığ-göl ortamının varlığını belirtir. Bu salar, Güney Amerikan salarları içinde farklı bir konuma sahip olup, salarlarda bulunan boratların laküstrin suyun belli bir doygunluğa eriştikten sonra çökeldiğini gösteren veriler bulunmamaktadır (Muessig; 1966).

Antofagasta ve Tarapaca eyaletlerindeki diğer önemli üleksit içeren salarlar Alacama, Quiio, Punira Negra ve Pedemales salarlarını kapsar (Şekil 2). Güncel araştırmalar daha çok bu salarlar üzerinde yoğunlaşmış olup, borlar genelde yan

Çizelge 2.. Sijes yataklarında bulunan bor mineralleri

| Mineral İsmi  | Kimyasal Formül  |
|---------------|--|
| Hidroborasit  | $\text{Ca}[\text{B}^{\circ}\text{O}_4(\text{OH})_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$     |
| Koltenanit    | $\text{Ca}[\text{B}^{\circ}\text{O}_4(\text{OH})_3] \cdot \text{H}_2\text{O}$      |
| aleksit       | $\text{CaCa}[\text{B}_6\text{O}_{10}(\text{OH})_6] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$      |
| inyoit        | $\text{Ca}[\text{B}^{\circ}\text{Cu}_3(\text{OH})_{11}] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ |
| Keyeriofferit | $\text{Ca}[\text{B}_3\text{O}_7(\text{OH})_5] \cdot \text{H}_2\text{O}$            |
| Mohleit       | $\text{Ca}[\text{B}_2\text{O}_5(\text{OH})_2] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$           |
| inyoit        | $\text{Ca}[\text{B}_3\text{O}_7(\text{OH})_5] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$           |
| inyoit        | $\text{Ca}[\text{B}_3\text{O}_7(\text{OH})_5] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$           |

ürün olarak, alınmaktadır. 3000 km<sup>2</sup>lik bir yayılımı sahip Salar de Atacama lityum ve potasyum, tuzlarının yanı sıra 11 milyon ton borik aside eşdeğer üleksit içermektedir. Corporation de Fomento de la Produccion, SMine Processes Inc., ve Foote Mineral Co. Şirketleri karışık tuz komitesi kurarak bu yatağı ortak işletmek için yatırım yapmışlardır. Sociedad Chilena de Litio (S.C.L.) ortak adıyla dünya lityum ihtiyacının % 25'ini (yılda 1000 ton lityum); ve yan ürün-olarak ta. yılda 28.000 ton borik asid ve ayrıca bir miktar potasyum üretimi yapılmaktadır. 1981 yılında Salar de Pedemalente yapılan çalışmalar da lityum ve potasyumun yanı sıra çok az boraksın varlığı ortaya koyulmuş, fakat bu salar üzerindeki çalışmalar her nedense devam ettirilmemiştir. Daha birçok, salarlarda bor minerali bulunmasına karşın ekonomik önemi bulunmamaktadır. Yeni bir İngiliz Şirketi, yörede araştırmalarına devam etmektedir.

#### Arjantin

Güney Amerika'da en fazla bor üreten ülke Arjantin olup, dünya sıralamasında da üçüncü sıraya erişmektedir (Helvacı, 1989). Yıllık bor üretimi yaklaşık 150.000 tona erişmiştir. Arjantin'in 40 dan fazla büyüklü küçüklü bor yatakları var olup, - hepsi Andların yüksek kesiminde ve Şili, Peru. ve Bolivya sınırlarına yakın kesimlerinde yer alırlar. Bu bölge eski Neojen yatakları, Kuvaterner ve güncel playa veya salarları (tuzlar) yatakları ve sıcak su kaynakları çevrelerinde oluşan, güncel bor yatakları kapsar (Şekil 2), Bor mineralleri ile birlikte genel olarak en çok halt (kaya. tuzu) ve jips bulunmaktadır. Bu yörede Salta, Jujuy ve Catamarca eyaletlerinde, eski bor yataklarının oluşum şekline benzer şekilde güncel sıcak su kaynakları bor mineralleri oluşturmaya devam etmekte olup, henüz hiç birinin bor konsantrasyonu ekonomik önemde değildir.

Çizelge 3. İoma Bianca yatağında bulunan bor ve diğer mineraller

|     |                |   |
|-----|----------------|---|
| II  | Boraks         | $\text{Jia}^{\wedge}\text{B}^{\wedge}\text{O}^{\wedge} \dots 10\text{H}_2\text{O}$      |
| H   | Tink.,a1K'onit | $\text{Ha}^{\wedge}\text{Oj} \dots 5\text{H}_2\text{O}$                                 |
| II  | Öl eksi t      | $\text{NaCaUgOg. BH}_2\text{ü}$   |
| H   | İnyoit         | $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \dots 13\text{H}_2\text{O}$                         |
| II  | Koleroaitit    | $\text{Ca}^{\wedge}\text{O} \dots 5\text{K}_2\text{O}$                                  |
| I   | Terujit        | $\text{Ca}_2\text{HgAsgB}_{12}\text{O}_{22}(\text{OH})_{12} \dots 14\text{H}_2\text{O}$ |
| II  | Realgar        | AsS   |
| III | Orpiment       | A s.H, 5-   |
| III | Jips           | $\text{CaSo}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   |
| III | Sülfür         | S   |
| III | Kalsit         | $\text{CaCO}_3$   |
| III | Aragonit       | $\text{CaCO}_3$   |
| I   | Montmorillonit | $(\text{Hg, Al})_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot (\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  |
| II  | Klorit         | $(\text{K, H}_3\text{O})\text{Al}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$           |
| II  | Klorit         | $(\text{SiAl})_2(\text{Hg, Fe})_2\text{O}_{10} < \text{OH}$                             |

## Neojen Yaşlı İior Yatakları

### Tincalayu Yatağı

Tincalayu madeni, salt Arjantin, değil aynı zamanda Güney-Amerika'nın da en büyük borat yatağı olup 4118 metre yükseklikte bulunur. Bu yatak Salta eyaleti sınırları içinde olup Salar de **Hombie Muerto**'nun hemen kuzeyinde yenilir, Tincalayu madeni, **RTZ Borax Şirketi**nin bir branşı olan Boroquimica SAMJCAF tarafından açık ocak yöntemiyle ve oldukça, modem, ekipman ile işletilmektedir. Bu yataktaki borat gövdesi Pliyosen yaşlı kumlası, kilaşı, tuf, kireçtaşı ve çakıltası gibi **tortulların altında**, boyutları 500 m. uzunluğunda (D-B yönünde), 350 m genişliğinde (K-G yönünde) ve 50 m. kalınlığındaki bir mercek şeklinde gözlenir.. Boraks yatağı,, 100 m kalınlıktaki **Nad** tuz (halit) zonunun üstünde yer alır. Boraks zonunun üstünde ise çok az oranda kernit, kurnakovit, üleksit ve inyoit içeren 50 metre kalınlığındaki **kırıntılı** tortullar bulunur. Bu tortulları da yaşı **0.75** my olan bazaltlar üstler. Mercek şeklinde boraks gövdesi kuzey-güney eksenli antikalinalde tektonik olarak, denetlenmiştir. Yan taraflardaki iki fayla yükselerek bugünkü, konumunu, almıştır. Bu yatakta ekonomik, olarak, bulunan, boraks ve az orandaki kernifin yanısıra mevcut diğer ender mineraller rivadavit, ezkurit, ameghinit, makallisterit vs. Çizelge 1'de verilmiştir.

Bu yataktan üretim kapasitesi yılda 150.000 ton olmasına karşın, 1980li yıllarda ortalama 130,000 ton üretim, yapılmıştır. 1982 yılında yapılan çalış-

Çizelge 4. Sıcak su kaymakları ve gayzerlerde tespit edilen bor Mineralleri \*

| Yatak İsmi  | Mineraloji | Yatak Tipi | Aktivite |
|-------------|------------|------------|----------|
| Coyahuaima  | Ux - 8x    | G - M      | R - E    |
| Caniye] as  | Ux - 8x    | M          | E        |
| Volcancito  | üx         | G - M      | R - E    |
| San Marcos  | Ux         | G          | R - E    |
| Daniel      | Ux         | H          | E        |
| Aristusa    | Ux         | G          | R        |
| Ojo de Agus | Ux         | G          | E        |
| Toro        | Ux         | M          | E        |
| Libertad    | Ux         | H          | E        |
| La ri       | Ux - Bx    | H          | E        |
| Los Bay     | o s Ux     | M          | E        |
| Tropapete   | Bx         | G          | R        |
| Adriana     | Ux         | G          | E        |
| Antuco      | Ux         | M          | A        |
| Socacastro  | Ux - Pn    | G - H      | E        |
| Bianca Lila | Ux         | G - Mi     | R - t    |
| Oire        | Ux         | H          | E        |

#### AÇIKLAMALAR

Bugünkü aktivite: A: Aktif. R: Kalıntı. E: Dyrnuş

Tip: G: Gayzer (koni şeklinde çıkışlar). M:Sıcak su kaynağı (plate şeklinde oluşumlar)

Mineraloji: Ux; Uleksit, Bx: Boraks veya tinca'l... Pn: PinnO'it

malarla da, bu yataкта. 2 milyon görünür» 3,5 milyon muhtemel ve 5 milyon mümkün toplam olarakta 10,5 milyon ton boraks rezervi tespit edilmiştir., Bu yataкта üretilen boraks (ortalama % 16 - % 18 B2O3 lenörlü) iki kısma ayrılarak cevherlerin bir kesimi hemen yatağın yanındaki bir kesimi ise yataktan, 400 km uzaklıktaki ve Salta, yakınlarındaki Canipo Quijano'daki konsantrasyon fabrikalarında işlenmektedir. Tincalayu'da önceleri çalışmakta olan küçük çaplı bir borik asit fabrikası olmasına karşın bugün artık bu. fabrikada, üretim' yapılmamaktadır. Tincalayu'da ürünler % 28 ve % 32 tenörlük .konsantrasyonla yapılıyor, fakat enerji ile su sorunlarından dolayı borik, asit fabrikası çalıştınlamıyor., Tüm ürünler 100 km uzaklıktaki Salar de Pocitos tren istasyonu oradan da tren ile Salta yanındaki Campo Quijano'ta taşınmaktadır.

#### Sijes Yatakları •

Bu bölgedeki işletilmekte olan yatakların tümü Boroquimica SAMJCAF ait olup,» bu yöreden, başlıca •-hidroborasit, üleksit, inyoit ve koicmanit üretilmektedir. Bu bölgede,, tüm borat yatakları **kil-taşı**, çamutaşı ve tüfler ile ardalınlmalı olarak bulunurlar. Hidroboras.it başlıca Monte Azul, Monte Amorillo ve Monte Verda ocaklarından, koicmanit



ise başlıca Esperanza ocağından, üretilmektedir. Yatakların genel yaşı Üst Miyosen-Pliyosen olup, yatakların içinde bulunduğu Sijes formasyonu yaklaşık kuzey-güney yönünde uzanır ve doğuya doğru eğimlidirler. Bu bölgedeki yataklarda, yer yer arsenik yüzdesi 5000 ppm'e kadar erişir.

Sijes bölgesinde en önemli yatak Monte Amarillo olup, bu yatak aynı zamanda dünyanın en büyük, hidroborasit yatağıdır. Yatakta baskın olan hidroborasit, az oranda inyoit, kolemanit ve üleksit mineralleri bulunur ve yatağın toplam, rezervi 19 milyon tona ulaşır. Bu yataktaki hidroborasitin rezervi, ise 15 milyon tondur. Bu yatakta en kalın **damarın** kalınlığı 2 m olmak üzere 22 ayrı hidroborasit damarı, var olup» yatağın, uzunluğu 4 km dolayındadır.

Santa Rosa yatağı Sijes'in tam kuzeyinde bulunur ve yatakta hidroborasit kolemanit, inyoit ve üleksit mineralleri, bulunur. Ayrıca yatakta realgar, orpiment, jips ve anhidritte bulunmaktadır., Yatakta herbiri yaklaşık 6 metreye erişen en az üç bor zonu vardır ve borat zonları Salar Santa Maria batı kenarı boyunca, en. az yedi kilometre uzanır. Bu yatakta toplam 5 milyon ton. görünür rezerv saptanmıştır,

Esperanza yatağında genel, olarak kolemanit egemen mineral, olup yaklaşık rezervi 1-2 milyon • tona ulaşır, Munte Azul yatağında baskın olarak tttflede ardalanan. ilksel hidroborasit içerir. Bu yatakta işletme yapılmamaktadır. Monte Vende yatağı, ise genel olarak kolemanit ve inyoit minerallerini içerir., Tüm Sijes bölgesinde saptanan bor mineralleri Çizelge 2'de verilmiştir.. Yılda. 5 bin ton hidroborasit» 2 bin. ton kolemanit ve değişen oranlarda üleksit üretilmektedir. Ürünler 40 km uzaklıktaki Salar de Positos tren. istasyonundan **Campo Quijano'daki** borik asit fabrikasına taşınır.

### Loma Bianca Yatağı

Bu yatak» Saltamdan 440 km uzaklıkta ve Jujuy eyaletinin Boliviya sınırındaki Coranzuli volkanının yakınında yer alır. Yatak şu anda Industrias Quimicas BARABERO'ya ait olup, 1987 başında işletmeye açılmıştır., Daha eski tarihlerde çok küçük çapta bu yataktan inyoit üretimi yapılmıştır... **4000** metre yükseklikteki ve Neojen yaşlı (6.99 milyon yıl) bu yatakta önceleri yalnızca- inyoit üleksit ve terujit minerallerinin saptanmasına karşın» son yıllarda yapılan çalışmalarla yatağın bütün bir kesiti ortaya çıkarılmıştır. Böylece yatağın alt kesimleri ile birlikte boraks ve kolemani-

tin de varlığı ortaya konmuştur. Yapılan gözlemler, bu yatağın borat çökeümi ve mineral bileşimi yönünden Kırka yatağının küçük bir modeli olduğunu göstermektedir (Alonso ve diğer., 1987)..

Yataktaki en önemli bor mineralleri boraks, inyoit ve üleksit olup,, gözlenen tüm mineraller Çizelge 3'te verilmiştir., Yataktaki toplam rezerv maksimum 1 milyon tondur. Paleozoik, bir temel "üzerine oturan bu küçük havzada bor mineralleri volkanoklastiklerle birlikte bulunurlar. Alt kesimde kolemanit ve inyoit, daha sonra sırasıyla üleksit, boraks, üleksit ve inyoit zonları özellikle yeşil renkli kilaşlan. içinde gelişmişlerdir., Bor mineralleri genellikle killer içinde 10 cm. büyüklüğe kadar varan, düzgün kristaller şeklinde ve maksimum. 1 metreye erişen, zonları şeklinde gözlenirler. Bu yatağın uzun süne ekonomik olarak işletilmesi **cevher/matriks oranının düşük oluşundan dolayı olanaklı değildir...** Yatağın değişik düzeylerinden alınan temsili, örneklerin kimyasal analizleri Çizelge 5'te verilmiştir.

### Salar Yatakları

Bu tür yataklar salar: playa: tuzla, diye adlandırılan çok genç (Kuvaterner'den günümüze) yatakları olup, bu yataklardan bazılarının oluşumu halen devam etmektedir... Bu tür çok. sayıda yatak olmasına karşın birçoğu önemsiz oranda, bor içerir. Bu tür salar yataklarından lityum, potasyum., sodyum tuzları ile jips üretimlerinin yamsıra boraks ve üleksit üretilir. Salarlarda eser oranlarda inyoit, kolemanit ve hidroborasit mineralleri de saptanmıştır.

Çizelge 5. İou a Bianca «'atağının farklı 2 anlarından. \*linan temsili oluk ce vine TO rnek teri ni m ki r a s a l a n a l i z l e r i

| İ                             | 1     | 2     | 3     | 4               | 5       | 6              |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-----------------|---------|----------------|
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 14.24 | 12.2B | 10.75 | 16.5S           | '23-1'J | 1 U. 49        |
| CaO                           | 6.06  | 4.80  | 6.82  | 6.. 8           | 7       | h.fii u.z      |
| K <sub>2</sub> O              | "3. 4 | 2     | 3.29  | 3.. 72          | 2.4     | 2 2.3b >.c7    |
| Cl                            | 1.0   | 2     | 0.28  | 0.2             | 2       | 0.29 0.36 ü.tl |
| F e                           | 0.05  | 0.10  | 0.15  | Ö..04           | 0.0^    | Ü.. 1 ;,       |
| Çözünmeyen kesim              | 66.07 | 60.04 | 66.38 | 53.66           | 34.74   | 66. jö         |
| 1. üleksit zonu               |       |       |       | 4. İnyoit zonu  |         |                |
| 2. üleksit zonu               |       |       |       | 5. İnyoit. zonu |         |                |
| 3. üleksit zonu               |       |       |       | 6. Boraks zonu  |         |                |

Arjantin'deki salarlarda, boratlar, genellikle sodyum ve kalsiyum sülfat, sodyum ve magnezyum klorit, demir oksit, kum ve kil ile birlikte kalın katmanlı, düzensiz seviyeler şeklinde gözlenirler. Üleksitler ya düzensiz katmanlar ya da nodüller şeklinde bulunurken boraks hemen hemen tüm yataklarda çok düzenli kristaller şeklinde bulunur, Arjantin'deki salarların jips içerikleri Şili'deki salarlara göre daha azdır. Bor mineralleri çoğunlukla salarların yüzeyinde veya yüzeyine yakın olarak bulduklarından işletilmeleri oldukça kolaydır. Büyük salar yatakları,, Şili ve Bolivya siniianna yakın, olan Altipla.no boyunca ve 3650 ile 4000 m. arasında değişen yüksekliklerde bulunurlar.

Salar de Cauchan, 53 km uzunluğunda, 3 ile 8 km arasında değişen genişlikte ve 10 cm'den 2 metre kalınlığına kadar değişen borat zonları içerir. Salarlarda Boroquimica SAMICAF ve diğer küçük şirketler üleksit ve boraks üretirler.. Üleksit, yersel olarak "papas" diye adlandırılan 10 cm çapına kadar erişen patates şeklindeki yumrular şeklinde gözlenir. Inundada madeninde (Saların orta kesimleri) çamurtaşları içinde 10 cm'den büyük çok düzenli boraks kristalleri gelişmiştir. Salann kenar kesimlerinde ise taravertenler gözlenir., Tüm boratları içeren sedimentler Paleozoyik yaşlı bir temel üzerinde gelişmiştir. Bu salar Olacapato tren istasyonundan 72 km uzaklıktadır.. Bu. yataktaki güneşte kurutulan üleksit cevherinin tenoru ortalama % 35 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> olup, yataktan ilk. çıkarıldığında % 60 civarında su kapsarlar.

Salar de Rincon, baskın olarak üleksit ve az oranda boraks içeren 50 cm kalınlığında, bir bor zonu içerir. Pocitos tren istasyonundan 30 km uzaklıktaki bu salardan, genellikle üleksit üretilmiştir. Günümüzde bu salardan tuz üretilmektedir. Sodyum klorür, kalsiyum karbonat, kalsiyum sülfat ve sodyum, sülfat mineralleri bu salarda yaygın olarak bulunurlar.

Salar de Turi-Lari'de karbonat, lityum, ve arsenik içeren yeşil bentonitik çamurların içinde boraks kristalleri bulunur. Bir veya iki kilometre çapında ve küçük kuru bir göl görünümünde olan bu salarda üleksit işletilmiştir. Cauchan salarının kuzey ucunun 60 km kuzeyinde bulunur (Şekil 2). Salann kuzeydoğu ucu hariç her tarafı tuellerle çevrilmiştir. Güneydoğu, kesiminde borat üretimi yapılmaktadır. 5 cm'e erişen boraks kristalleri gri-yeşil kiler içinde bir metrelik bir zonda bulunurlar. Cevher düzeyinin altında seyrek olarak boraks kristallerinin bulunduğu yarım metrelik bir kil ve ondan sonra da su tablası bulunur. Coyaguaima

volkanik merkez, bu salardan yaklaşık 10 km kuzeyde bulunur ve oldukça genç volkanik akıntılar salann iki kilometre yakınına kadar uzanır. Taze olivin bazalt boraks sahasının kenarına kadar gelmiştir.

Salar de Pasfos Grandes ve Salar de Diamillos'da genel olarak üleksit ve çok az oranda boraks gözlenir. Bazı küçük şirketler yalnızca üleksit üretirler. Boioquimica SAMICAF Salar de Diablillos da bazı sahalara sahiptir. Yüzeyden itibaren 2 milyon ton üleksit saptanmıştır.

Salar de Centenario'nun temelinde Copalayo kuşağını oluşturan metamorfikler ve onları kesen intrasif pegmatitler bulunur. Kuzeyden ise borca zengin Sijes formasyonundan oluşan Tersiyer kayaları ile sınıflanır. Doğu kesimde kuzey-güney yönünde uzanan fay boyunca büyük kesimi kurmuş olan sıcak su kaynakları gözlenmektedir. Holosen'den güncele kadar bir zaman aralığında, oluşum mevcuttur. Espinoza Şirketi, Maggie ocağında her ay 500 ton üleksit üretmektedir. Üretim doğrudan doğruya Brezilya'ya gitmektedir, Salarlarda ayrıca sülfat mineralleri ve çok az boraks bulunur.

Salar de Ratonos bol üleksit. minerali içerir. Bu salann hemen güney ucunda Cerro Ratonos volkanı doğu tarafında ise metamorfik ve intüisiferi bulunur, Batı kesimde ise alüvyon yelpazeleri oluşmuştur, Saların güney ucunda kayatuzu (NaCl) ile üleksit oluşurken kuzey ucunda güncel, trona oluşuklarına rastlanır. Bu inceleme sırasında bu salarda ilk defa tronanın varlığı tespit edilmiştir.

Salar de Hombre Muerto, Positos tren istasyonunda 140 km uzaklıkta (güneye doğru) ve Tincalayu boraks yatağının hemen güney bitişğinde yer alır. Cerro Ratonos volkanı (5 500 m) bu salan kuzeydeki Salar de Ratonesten ayırır. 4000 metre yükseklikteki bu salar,, batıdan Del Gallego sırtı, güneyden Incahuasi kuşağı ve doğudan ise sırtlarla. Calchaquies vadisinden ayrılır. Hombre Muerto veya Limon tepesi ile Farallon Çatal Hombre Muerto yaylasını Oriental ve Occidental olmak üzere ikiye böler. Bu yörede Odovisiyen yaşlı kayaların üzerine önce Tersiyer yaşlı Sijes formasyonunun benzeri volkano-sedimenter kayalar oturur. Bu formasyon içinde Tincalayu. madeni yer alır. Ondan, sonra Cefto Ratonos ve Hombre Muerto volkanları faaliyete geçerek andezitik bileşimli volkanik malzemeyle Ratonos ve Hombre Muerto havzalarını ayırmıştır. Incahuasi formasyonuna ait bazalt akıntıları ise geniş alanları kaplamıştır. Daha, sonra bu salar çevresinde alüvyon yelpazeleri

.. oluşurken içinde ise evaporiter oluşmaya başlamıştır.

Bu salarda **kayatuзу** (NaCl), jips ve lityum tuzlanının yarılarına Üleksit ve boraks oluşmaktadır. Bu salardan bazı ufak şirketler ile Boraquimiea SA-MICAF üleksit ve boraks üretmektedir.

**Yukarıda** sözü edilen salarlara ek olarak daha birçok salardan çeşitli ufak şirketler boraks ve üleksit üretmeye **çalışmaktadırlar**. Fakat, bu salarlarda ne önemli derecede bor oluşumu, ne de önemli oranda bor üretimi vardır., **Ayrıca** bu konuda kesin veriler de bulunmamaktadır.

Sıcak Su Kaynağı Yatakları (Spring Apron Deposits)

Rio **Alumbrio** yatağı, dünyadaki en güzel ve tipik sıcak su kaynağı türünden bir yataktır. **Herbiri** birkaç yüzden birkaç bin ton üleksit kapsayan ve birkaç kilometre karelik alan kapsayan onbir adet örtü yatağı şekindedirler. Düzensiz üleksit **katmanları** ve yer yer onları örten tüller yer almaktadır. Jips ve diğer sülfatlar bulunmamaktadır. Bu bölgedeki en büyük yatak halen daha aktif ve 18°C **sıcaklığındaki** bir kaynakla beslenir. Bütün örtü **yatakları** temel kayalar üzerinde ve kaynak çevresinde örtü şeklinde gelişmişlerdir, Bazaltlar, **Coyaguaima** volkanik karmaşığının yöredeki en genç **kayalardır**. Bütün bu kaynaklar, sulan içinde

Çizelge 6. Sıcak su kaynaklarında tespit edilen inyoit ve üleksit mineral lerinin kimyasal analizleri

| %   | I ny o i t I ny o i t I I n y o i t K l ü l e k s i t |        |        |           |
|---|---|--------|--------|-----------|
| JtgsO   | 0.27  | 0.06   | 0.01   | u.01=     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                  | 1.42  | 1.11   | U.2b   | J.<.:     |
| SiO <sub>2</sub>  | 1.08  | 0.34   | 1.06   |           |
| CaO   | 30.60   | 22.72  | 19.50. | i . . . * |
| Li <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                  | 22.27   | 32.06  | 36.69  | - - *     |
| KgO   | 0.17  | 0.17   | ü.t'b  |           |
| W320  | 0.36  | 0.27   | U.âü   | . . -     |
| SO <sub>2</sub>   | 0.24  | 0.27   | 0.4    |           |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                  | 0.00  | 0.39   | ü.00   |           |
| TiO <sub>2</sub>  | 0.15  | 0.15   | 0.28   | . . o     |
| Nn <sup>+</sup> O.  | 0.00  | 0.02   | 0.00   | j. i .    |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                                   | 0.00  | 0.00   | 0.00   | u. .      |
| Cl <sup>-</sup>   | 0.0009-   | 0.00 H | 0.0011 | >J. . . " |
| Toplan H <sub>2</sub> O   | 25.12   | 36.29  | 40.15  | is. - , * |
| CO <sub>2</sub>   | 18.08   | 5.30   | 1.36   | ü J       |
| Kız... Kaybı<br>{1000°C)<br>(CO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O) | 43.20   | 41.59  | 40.51  | 3j. 'a    |

üleksitin oluştuğu Laguna de Guayatayoc'ta son bulurlar. Bu yörede % 35 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörlü (güneş kurutulma sonunda) toplam 40 000 ton üleksit mevcuttur.

**Volvanicito**, Rio Alubrio yataklarının 6 km batısında küçük, ve tablamsı şekilde bir üleksit yatağıdır. Üleksit ve tüf konisinin her iki tarafında kaynaklar halen aktiftir. Üleksitin kaynağı kaynak sulandır., Üç adet sıcak su kaynağına bağlı olarak gelişen bu üleksit yatağı 200 m uzunluğunda, 40 m genişliğinde ve 2 m kalınlığındadır. Üleksit saf, ipeğimsi ve pamuksu bir görünüme sahiptir., Volcanicito'nun drenaj suları da Laguna de **Guayatayoc'a** erişir, Sıcak su kaynağının akıntısı boyunca eflorenses olarak (yüzey kabuğu şeklinde) üleksit oluşmaktadır., Çizelge 4 bu tür yataklarda, tespit edilen mineralleri vermektedir. Çizelge 6 ise bu tür yataklarda tespit edilen inyoit ve üleksit minerallerin kimyasal analizlerini vermektedir.

Coyaguaima, 4600 metre yükseklikteki Coyaguaima volkanik kütesinin yaklaşık 40 km kuzeyinde yer alır. Demirli bir tüf örtüsüyle kaplanmış üç ayrı yatak bulunmaktadır. Bu yataklarda üleksitin yanısıra boraks da vardır. Bu yataklardaki sıcak su kaynağı faal i yeti dunu ustur. Temel kayalar üzerinde ıslak ve yumuşak üleksit, az oranda halit ile birlikte düzensiz tüf mercerleriyle ard.aldanma gösterirler., Yatağın doğu kesiminde ve üst düzeylerinde boraks saçılmış (dissimine) kristaller şeklinde bulunur.. Buradaki yatakların toplam bor rezervi 9000 tondur. Kaynakların aşağı kesimlerinde üleksit yüzeyde kabuk şeklinde gelişmektedir.,

**Antuco'da**, Salar de Cauchari'den 15 km kadar güneyde volkanik, ortama bağlı olarak: küçük bir üleksit yatağı gözlenir. Bu yatak 4-5 hektarlık bir alanda 50 cm'lik bir kalınlık gösterir. Yatağın büyük kesimi üretilmiş olup, zaman zaman çok az oranda üretim yapılmaktadır. Çünkü, bu su kaynağı halen daha aktif olup borat çökeltmeye devam etmektedir. Kaynak sulan kuzeye doğru akarak Salar de Cauchari'ye erişir. Antuco kaynağı dasitik ve bazal tik akıntılarının yaygın olduğu, bir alandan kaynamaktadır... Kaynak, bor-çeriğim volkanik kaynaktan getirmektedir., Yöredeki tüm volkanik malzeme Quevar volkanından türemiştir.,

Arjantin bor kaynakları, yönünden Türkiye ve Amerika Birleşik Devletlerinden sonra üçüncü sırayı almaktadır (Helvacı, 1987) (Şekil 9). **1983'te** 140 000 tona erişen bor üretiminin yanısıra yılda, 4000 veya 5000 ton borik asit üretilmiştir.. Küçük şirketlerin üretimleri hakkında kesin bilgi olmasına karşın yukarıdaki rakamlar ortalama olarak verilebilir..

## Bolivya

Güneybatı Bolivya'da borat içeren birçok salar bulunmaktadır. Bunlardan, en önemli olanları Laguni ve Uyuni saladandır. Bu salarlar Şili ve Arjantin'deki salarlara çok benzerlik gösterirler (Şekil 2 ve 4).

Bolivya'da çok az olan üretim ancak iç tüketimi karşılayacak niteliktedir. Madenciler birliği tarafından, üretilen bor. Corporation Minera de Bolivia (OOMIBOL) tarafından işletilen bizmut ve Empresa Nacional de Fundiciones (ENAF) tarafından işletilen kalay ve antimon, izabelerinde kullanılmaktadır.,

Üretimin az olmasına karşın güneybatı Bolivya'nın Altiplano kesimindeki salarlar borca oldukça zengindir., 7 milyon ton. olarak bilinen, rezervlerinin. yanısıra toplam rezervin 65 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir. Bu yatakların en. önemlisi lityum ve potasyum tuzlarının yanısıra üleksit ve boraks kapsayan. Salar de Uyuni'dir (Şekil 4).

1984'ten sonra Bolivya, hükümeti ülkenin, güneyindeki salarlardan, lityum üretecek projeleri destekleyeceğini açıklayınca, en az oniki şirket sa-

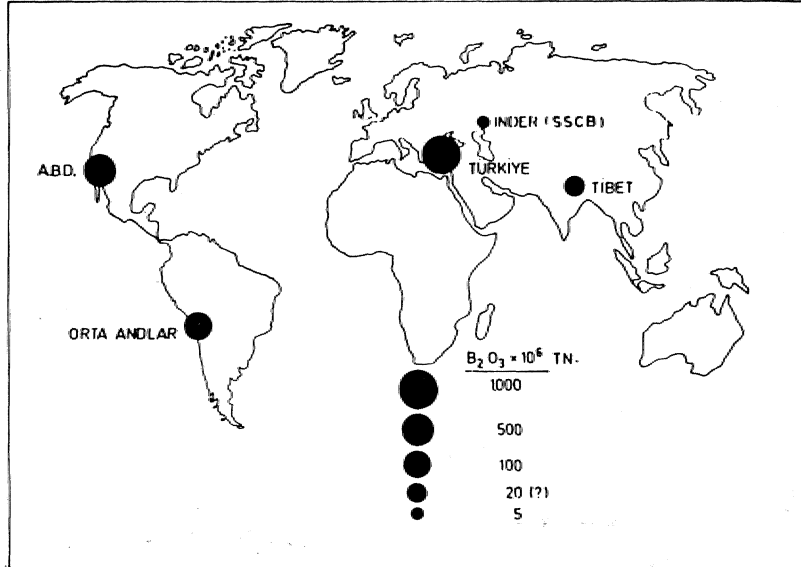
larlarda lityum tuzları ile birlikte potasyum ve bor araştırmasına başlamıştır. Hiç şüphesiz Salar de Uyuni en önemlisi olup, orta Altiplano'da 9000 km<sup>2</sup> İlk bir alanı kapsar ve 5 metrelik bir tuz kabuğuna sahiptir.. Bu salarda 64 000 milyon ton halitin (NaCl) yanısıra 3.2 milyon, ton bor, lityum ve potasyum tuzlan olabileceği hesaplanmıştır.

## Peru

Peru'nun güney kesiminde salar ve sıcak su kaynağı yatakları gözlenir. Bunların en önemlileri ise Laguna Salinas ve Chillioipa'dır..

Laguana Salinas, Arequipa'nin 80 km doğusunda olup, egemen olarak üleksit minerali içerir. 4328 metre yüksekli/teki bu. salar, mev.sim.sel olarak, sularla kaplanır (Şekil 10).

Salardaki tortullar içinde birkaç seviye olarak düzensiz ve mercekli üleksit katmanları, bulunur (Şekil 11). Sülfat ve halitan yanısıra saların doğu kesiminde inyoit bulunur., Kuru mevsimlerde salar kenarlarından elle veya basit yöntemlerle üleksit üretimi yapılır. Açık. havada kurutulmuş üleksitler, Arequipa'ya taşınır, Salar, 1926'dan 1974'e kadar Borax Consolidated Limited tarafından, 1975'ten



Şekil 9 Dünyanın önemli bor bölgelerini gösteren harita TÜRKİYE: Batı Anadolu. Bor Yatakları; A.B.D.,: Amerika Birleşik-Devletlerinin batısındaki başlıca. Kali, forniya'dakiler olmak üzere yataklar\*, ORTA ANDLAR: Arjantin, Şili, Peru. v<s,Bolivya'daki tüm yataklar; İNDER (S.S.C.B.) Verilen, rakam kesin değildir; TİBET: Bu yöreden başka kesimlerde küçük, boyutlu yatakların olduğu tahmin edilmektedir.

1981'e kadar Boratos del Peru S.A. tarafından ve '1981 de ise Bare\* de Peni ile Boroquimica tarafından işletilmiştir. Foole Mineral Company salarlarda çalışmaları yapmış, 1982'de ise Anaconda Mineral Company salardaki maden işletme haklarına sahip olmuştur.

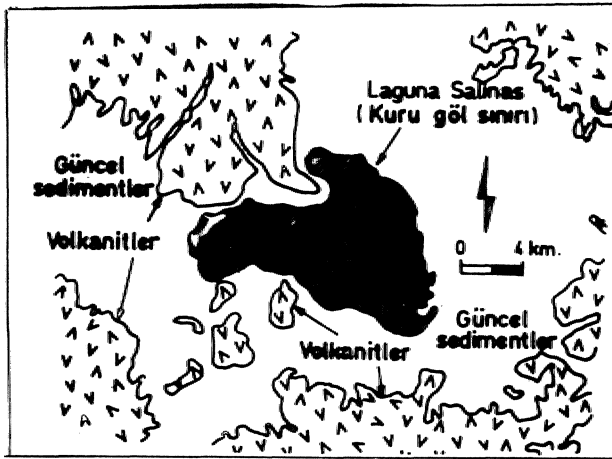
Lağım Salinas'ta tenörü % 10 ile % 23  $B_2O_3$  arasında değişen 9 milyon ton üleksit mevcuttur. Üretimden sonra elle ayıklama yöntemiyle tenör % 35  $B_2O_3$  kadar çıkarılmaktadır.\*

Arequipa çevresinde Barcx de Peru şirketi tarafından, yapılan diğer çalışmalarla,, sondaj vs. rezervlerin artabileceği ortaya konmuştur. Salarların yanı sıra Chillicoipa üleksit yatağı gibi sıcak su yatakları da saptanmıştır., Bu yatakta, üleksit aktif sıcak su kaynağına bağlı olarak oluşmaktadır.

Son zamanlarda artan, rezervlere bağlı olarak borik asit fabrikası kurulması planlanmışsa da bu proje 1983te durdurulmuştur. Peru, yılda 10 000 ile 27 000 ton arasında üleksit. üretmekte ve bu üretimin büyük bir kısmı yöredeki cam imalinde kullanılmaktadır.

#### TEKNOLOJİ

Latin Amerika'nın Puna ve Altiplano bölgesinde yer alan ve Arjantin başta olmak üzere Şili, Peni ve Bolivya sınırları içinde gözlenen birkaç farklı tüldeki bor yataklarını, irili ufaklı birçok şirket işletmektedir.. Fakat tüm Puna bölgesinde bor yatağı işleten büyük şirketlerin sayısı son derece sınırlıdır. Örneğin bu sayı dünyanın üçüncü büyük bor ülkesi olan Arjantin'de Boroquimica SAMICAF ve Industas Quimieas BARADERO olmak üzere iki adettir. Buna karşın Arjantin'in Puna bölgesinde işletme kapasitesi veya kapitali olmayan birçok kişi ve kuruluş saha kapatmış durumdadır.

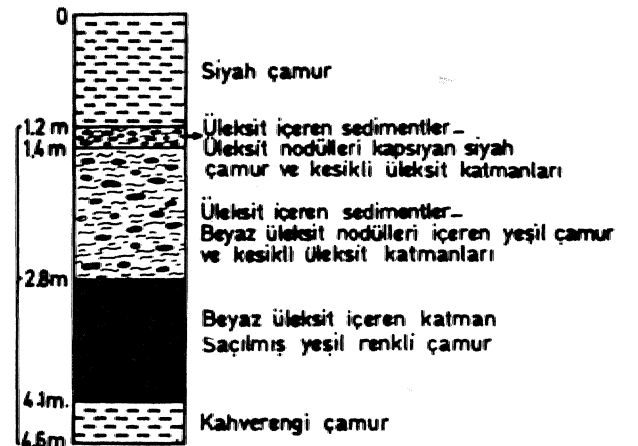


Şekil 10 Laguna Salinas'ın basitleştirilmiş jeolojik haritası

Puna veya Altiplano diye adlandırılan ve bor yataklarının bulunduğu bölgelerde yükseklikler genel olarak 3000 metrenin üzerindedir.. Özellikle 3000 ile 4500 metre arasında tipik çöl iklimi sürdüğünden iklim koşulları madencilik için olumsuz şekilde etkilemektedir. Buna ek olarak su, enerji ve olası olanakları oldukça kısıtlıdır. Bu yüzden birkaç büyük şirketin dışında üretim, çok ilkel koşullarda yapılır.. Ayrıca küçük şirketlerin hiçbirinin, kendilerine ait konsantratör ve buna benzer borla ilgili fabrikaları yoktur. Bu tür küçük şirketler çıkardıktan ham ürünleri ya büyük şirketlere veya doğrudan doğruya yabancı ülkelere pazarlarlar.

Arjantin'de Boroquimica SAMICAF, Güney Amerika'nın 150 000 ton/yıl tincal (boraks) kapasitesine sahip en büyük madeni Tincalayı Tyu işletir. Düşün dereceli cevher madende kırılır öğütülür ve % 28 ile % 32  $B_2O_3$  tenörlü iki farklı konsantrasyondaki cevher, Tincal ay u'daki borik asit fabrikası enerji ve su sorunundan dolayı çalışmadığından, kamyonlarla Salar de Pocitos tren istasyonuna oradan da tren ile Salta, yakınındaki Campo Quijano borik asit fabrikasına taşınırlar. Campo Quijano bor rafinerisi 20 000 ton/yıllık boraks ve susuz türevleri üretim kapasitesine sahiptir. Bu tesiste saf boraks, boraks» susuz boraks, boraks penta ve boraks deka üretimleri yapılmaktadır. Ham cevher olarak boraks» üleksit, kolemanit ve hidroborasit kullanılmaktadır.

Industrias Quimieas BARADERO'nun Salta yakınlarında iki ayrı bor işleyen küçük kapasiteli fabrikaları var olup, üleksit cevherini işletmektedir. Fabrikaların birinden borik asit, diğerinde ise boraks dekahidrat üretilmektedir. Günlük 30 ton borik asit ve 10 ton boraks dekahidrat üretimi yapılmaktadır. Kapasite artırma planları cevher



Şekil 11 Laguna Salinas bor yatağının orta kesiminin stratigrafik dikme kesiti.

duru.muna bağlıdır. Çünkü bu şirketin Loma Blanca'dan başka işletmeleri yoklun Gencide şirketlerden aldığı cevherleri işletmektedirler.. Boraks dekahidrat üctimi için gerekli sodyum karbonat (tirona) dışardan ithal edilmektedir.

Şili'de borik asit, nitrat ve iyot üretiminin bir yan ürünü olarak elde edilir. Sociedad Quimica y Minera de Chile en önemli üreticidir. Bor fiyatları uygun olduğu zaman borit asit. yan ürün olarak elde edilir. Sociedad Chilena de Litio Ltda., lityum., potasyum ve borik asit eldesi için bir lityum, karbonat tesisi., kuyuları ve dinlenme havuzlarının inşasını 1983'ün sonlarında tamamlamıştır (Chilean Lithium, 1937)..

PenTda, Compania del Bono y Deny ados S.A. Laguna Salinas'tan. bor üretmektedirler. Üretim kapasitesi 11 ten/yıl olan üleksit cevherlerinin tenörleri % 32 ile % 36 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> arasında değişir.. 1982 yılında faaliyete geçen Quimica Oquendo S.,A. şirketi tesisinde 1984 yılında 660 ton borik asit üretmiştir., Gelecekte bu tesisten 1300 ton/yıl borik asit üretilmesi planlanmaktadır. Peru'da üretilen borit asi tin bir kısmı içerde cam yapımında., büyük bir kesimi ise başta Brezilya olmak üzere Kolombiya, Ekvator ve Venezüella'ya ihraç edilmektedir.

#### PAZARLAMA

Latin Amerika'da bor rezervi ve üretimi yönünden en önemli ülke hiç şüphesiz Arjantin'dir. Bu ülkede üretilen tüm to[lam konsantre veya işlenmemiş ürünlerin % Win. ihraç edilir. İhraç edilen cevher veya ürünlerin büyük bir kesimi yine bir Latin Amerika ülkesi olan Brezilya'ya gider.,

Latin Amerika'da bor ve bor bağlantılı endüstrinin cnçok geliştiği ülke Brezilya'dır. Bu ülkenin. özellikle Sao Paulo eyaletinde bor ile ilgili birçok, cevher hazırlama, rafineri, alüminyum-bor ve alüminyum-titanyum-bor ve diğer önemli alایشim üreten, fabrikalar bulunmaktadır. Bundan dolayı» başta Arjantin olmak üzere Peru, Şili ve Bolivya'dan, bu ülkeye bor cevherleri, ve ürünlerinin ihracı yapılmaktadır.

Başta Arjantin'den olmak üzere Peru, ve Şili'den tüm. Latin Amerika ülkelerine (Kolombiya, Ekvator., Venezüella, vs.), Amerika Birleşik Devletlerine» italya, Alman, Avusturalya ve Yeni Zclnda'ya bor cevheri ve ürünleri ihraç edilir.

#### SONUÇLAR<sup>1</sup>

L Tüm Latin Amerika bor yatakları, And dağlarının ulaşımı, ve çalışma koşulları zor olan yüksek kesimlerinde oluşmuşlardır.

2. Yataklanma şekilleri genellikle merceksi veya yanal geçişli yapılar sunarlar.

3. Bor mineralleri, çoğu kez jips, kayatuzu, lityum ve potasyum, tuzlan ile birlikte bulunurlar. Ekonomik, oranda bulunan ve işlenen, önemli bor mineralleri önem sırasına göre boraks, üleksit, hidrobo.rasit, înyoî ve kolemanittir.

4. Cevher mineralleri çoğunlukla safsızlıklar gösterirler. Sijcs yatağında oldukça yüksek sayılabacak As oranları, elde edilmiştir. Öte yandan salarların birçoğundan borlar ancak yan ürün olarak alınmaktadır ve tenörleri oldukça düşüktür.

5. Zenginleştirme ile ilgili kurulu, tesisler Arjantin de Boroquimica SAMICAF ve Industrias Quimicas BARADERO Şirketlerine aittir. Bor ürünleri, elde edilen tesislerin en önemlileri ise Brezilya'nın Sao Paulo ve Arjantin'in Salta şehirleridir., Çok değişik tenörlerde bulunan cevherler zenginleştirme işlemlerine tabi tutularak % 35 veya % 36 tcnörlü tüvenan cevherler elde edilir.

6. Arjantin'de bor cevherlerinden yukarıda adı geçen iki önemli, şirket tarafından Salta yakınlardaki fabrikalarda borik asit,saf boraks, boraks dekahidrat ve boraks pentahidrat üretilmektedir. Bu ülkede üretilen cevherlerin % 90'ı ihraç edilmektedir. Bor türevleri sanayiinin en çok geliştiği ülke Brezilya'dır.

7JBu tesislerde bor türevleri üretimi için kullanılan sodyum karbonat Kuzey Amerika'dan ithal edilmektedir.

8. And Dağlarının Puna bölgesindeki bor yatakları ve zenginleştirme ünitelerinin çevresinde arlık ve çevre kirlenmesi sorunu yoktur. Çünkü bu yörede hiçbir yerleşim birimi olmadığı gibi tarım veya oraman alanı da bul yumanı aktadır. Bölge çöllerle kaplıdır.Salla yakınındaki fabrikalar ise şehrin, çok dışında ve küçük kapasiteli, olduklarından dolayı büyük bir çevre sorunu yaratmazlar. Fakat. Brezilya'nın Sao Paulo şehrindeki tesisler sanayi kirliliği yaratmaktadır.

9. Tüm Latin. Amcrik ülkelerinin bor ve bor ürünleri, ihtiyacını başla Arjantin olmak üzere Şili ve Peru karşılamaktadır. Arjantin bor üretiminin % 90'ını B'ışta Brezilya olmak üzere Latin Amerika ülkelerine, Amerika Birleşik Devletleri, Avustralya ve Yeni Zclnda'ya pazarlamaktadır. Bor ürünleri, torbalanmış olarak satılmaktadır.

10. Genci olarak, Latin Amerika'da bor cevheri ve bor ürünleri üretimi ile bor pazarını bîr İngiliz-Amerikan şirketi olan Boroquimica SAMICAF elinde tutmaktadır.

## KATKI BELİRTME

Nisan-Temmuz 1987 tarihlerinde Latin Amerika borat yataklarını ziyaret olanağı sağlayan Eti-bank Genel Müdürlüğündeki sayın yetkililere, yatakları ziyaretim sırasında başından beri yardımcı olan meslektaşım Dr. Ricardo Alonso'ya, Salta Üniversitesi» Arjantin yetkililerine ve Industrias Quimicas BARADERO S.A. elemanlarına ayrı ayrı içten teşekkürlerimi sunarım. Çizim işlerini gerçekleştiren M., GÜRLE'ye teşekkür ederim.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Alonso, R.N., 1986» *Öccurcncía, posición estratigráfica y genesis de los Jepositos de boratos de la Puna Argentina:*
- Alonso, R.N., Helvacı, C, Sureda, R.J. and Viramonde, J.G., 1988» *A new Tertiary borax deposit in Andes: Mineral Deposita» 23» 299-305.*
- Alonso, R.N. and Viramonte, J.G., 1985» *Provincia boratífera Centroandina: IV Congreso Geológico Chileno, Universidad de Norte, Antofagasta, Şili.*
- Bain, H.F. and Read, T.T., 1934, *Ores and industry in South America: New York, Council on Foreign Relations, pp. 263-264,294,*
- Barazangi, M., and Isacks, B., 1976, *Spatial distribution of earthquakes and subduction of the Nazca plate beneath South America: Geology, v. 4, pp. 686-692,,*
- Berzina, LG., et al, 1975, *Boron geochemistry in the volcanogenic-sedimentary process: 12 v. Akad. Nauk SSSR, Ser. Geol. No. 5.*
- Buttgenbach, H., 1901, *Gisements de borate des Salinas Grandes de la République Argentina: Anales Société Géologique Belgique» V, 28, pp. 99-116.*
- Chamberlin, R.T., 1912, *The physical setting of the Chilean borate deposits: Jour., Geol., v. 20, pp. 763-768.*
- Chilean Lithium, 1987, *Salar de Alacama: World Mining Equipment.*
- Chong Diaz, G., 1984, *Die Saläre in Nordchile-Geologie, Struktur und Geochemie: Geotect. Forsch., 67,I-III, 1-146, Stuttgart.*
- Dickson, T., and Harben, P., 1983, *Borates and their becalmed markets: Industrial Minerals, No. 184, pp. 23-27.*
- Eriksen, G.E., 1963, *Geology of the salt deposits and the salt industry of Northern Chile: U.S. Geological Survey, Open File Report, No. 698,164 p.*
- Forsyth, D.W., 1975, *Faulty plane solutions and tectonics of the South Atlantic and Scotia Sea: Journal of Geophysical Research; v. 80, pp. 1429-1443.*
- Francis, P.W. and Rundle, C.C., 1976, *Rates of production of the main magma types in the central. Andes: Geological Society of American Bulletin, v, 87, pp. 474-480.*
- Gill, J., 1981, *Orogenic andésites and plate tectonics: New York, Springer-Verlag, pp.. 25-314,,*
- Helvacı, C, 1989, *Türkiye bor madenciliğinin işletme, stoklama ve pazarlama sorunlarına mineralojik bir yaklaşım : Jco, Müh., Sayı 34-35, p. 5-17.*
- Helvacı, C, and Alonso, R.N., 1992, *Primary inyoite in a recent playa of northern Argentina: Mineralogy and. Peirology (baskıda),*
- James, D.E., 1971, *Plate tectonic model for the evolution of the Central. Andes: Geological Society of Amersca. Bulletin, v. 82, pp. 3325-2346,,*
- Kistler, R.B, and Smith, W.C., 1983, *Boron and borates: in Le fond, SX, ed., Industrial Minerals and rocks, 5 the, ed., v. 1, New York, AIME, pp. 548-550.,*
- Lyday, P.A., 1984, *Boron in 1983; Mineral Industry Surveys, U.S. Dept. of the Interior, Jan.,, 4 p.*
- Muessig, S., 1966,, *Recent South American borate deposits: in Rau, J.L., ed., Transactions, Second. Symposium, on salt: Cleveland, Ohio, Northern Ohio Geological SOcicty, v. 1, pp. 151-159.*
- Ozol, AA.» 1976, *Basic features of boron, geochemistry and formation conditions for its deposits of the volcanogenic-sedimentary type: translated from Litologiya Polczne Iskopaemye, No. 3, May-June, pp. 60-74, New York, Plenum, pp. 320-330.*
- Ozol» A.A., 1977, *Plate tectonics and the process of volcanogenic-sedimentary formation of boron: translated from. Tcctonika pliti protessey volkanogennoosadachnogo obrazovaniya bora, AN USSR Invcstiya, Ser. GcoL, No. 8, pp.. 68-75, International Geology, Rev., v. 20, No. 6, pp. 692-696, •*
- Turner, J.C.ML, 1964,, *Descripción Gcologica de La Hoy a 7C-Ncvado de Cachi: Dir. Nac. GcoL, v. 99, 81 p.*
- Zeil, W., 1979, *The Andes, a geological review: Berlin, Gebrüder Burtraegcr, pp. 56-195.,*

# KESTANECİK VE KOZAĞAÇ (YATAĞAN-MUĞLA) MERMER YATAKLARININ JEOLojİK VE EKONOMİK ÖZELLİKLERİ\*

*Economical and Geological properties of Kestanecik and Kozağaç (Yatağan-Muğla) Marble Deposit*

Mustafa KUŞÇU A.Ü. İsparta Müh., Fak. Jeoloji Müh., Bölümü,, İSPARTA

ÖZ: Muğla-Yatağan yöresinde Menderes Masifinin örtü şistleri içerisinde farklı düzeylerde mermerler bulunur. Bu değişik düzeydeki mermerlerden Kavakhdere-Kestanecik ve Kozağaç mermerleri kalite, rezerv ve üretim, miktarlarıyla bölge ve Türkiye için önemli bir potansiyele sahiptir,.

Permiyen yaşlı Kestanecik mermeri şistler içerisinde yaklaşık 4 km uzunluğu, ve 50-150 m kalınlığı olan KD-GB doğrultulu bir mercek şeklinde bulunur. Genelde beyaz renkli ve mor damarlı olan mermer egemen olarak. 600-700 mikron boyutlu kalsit, ve daha az oranda, dolomit kristallerinden oluşur,. Bu mineralerin yanısıra manganokalsit, rodofrozit ve piraluzit mineralleri Kestanecik mermerini ya damarlar oluşturarak keser ya da mermerde saçılmış olarak, bulunurlar,.

Jura-Alt Kretase yaşlı Kozağaç mermeri incelenen alanda D-B ve KD-GB doğrultusunda 40 km uzunluğundaki bir zonda yaydım gösterir. Kozağaç yöresinde D-B doğrultulu ve kalın katmanlı olarak bulunur. Mermer bütünüyle 1.5-2.5 mm tane boyutlu, kalsit kristallerinden oluşmuş olup çoğunlukla beyaz ve gri-beyaz renklidir,

Muğla-Yatağan bölgesinde jeolojik olarak milyarlarca m<sup>3</sup> mermer rezervi mevcuttur. Kestanecik ve Kozağaç mermer sahalarından yılda 25 000 m<sup>3</sup> blok mermer üretilir.

ABSTRACT: The Muğla-Yatağan marbles occur in different, stratigraphic levels of cover schists of the Menderes massif. Although various marbles are found, in the cover schist» only two of them (Kestanecik and Kozağaç Marbles) are the most important deposits for the region and Turkey because of qualities, reserves» production amounts and. potential.

Permi» aged the Kestanecik marble outcrops in the metamorphic schists. It lies in NE-SW direction. approximately 4 km in length and has 50-150 m thickness. It has a white colour and occasionally purple veins. The marble consists of calcite, dolomite crystals changing between 600-700 microns in sizes and the marble are cut by purple veins which is composed of manganocalcite, rhodocrosite and pyrolusite minerals.

Jurassic-Lower Cretaceous aged the Kozağaç marble extends E-W and NE-SW directions approximately 40 km. in length. The marble has thick, beddings and are white and grayish, white in colour. It contain totally calcite. Calcite crystals are ranging between 1-2 mm in size is found in granoblastic texture,

Muğla-Yatağan marble province has geologically billions m<sup>3</sup> block marble reserves. Annually 25 000 m<sup>3</sup> block marbles are produced in both of the Kestanecik and the Kozağaç marble areas.

## GİRİŞ

1978 den bu yana Türkiye mermerciliğinde hızlı bir gelişim görülmüştür. Mermerin iç tüketiminin yanısıra ihracatında da büyük artışlar olmuştur. Bu gelişme rakamlarla ifade edilirse;

\* Bu araştırma Akdeniz Üniversitesi Araştırma Fonunca desteklenmiştir.

1978'de 125 bin m<sup>3</sup> olan mermer üretimi 1991'de 200 bin m<sup>3</sup> e ulaşmıştır. Mermer ihracatı ise 1999'da toplam ihracatının % 9n do byında olup, 1978'de 1 milyon 430 bin dolar olan ihracat 26 k a | la 3 g m i l 4 3 g b i n 4 0 2 d o l a \* ra ulaşmıştır



Bu hızlı gelişim yeni mermer sahalarının aranması,, ortaya konması ve değerlendirilmesinin yaraşıra çok sayıda mermer yatağının işletmeye alınmasına neden olmuştur., Doğaldır ki böyle bir gelişme Üniversitelerin de ilgisini çekmiş ve konuya benzer ve farklı açılardan yaklaşan bilim adamlarının sayısında da bir artma, olmuştur,

Muğla-Yatağan yöresi mermer yatakları çok önceki yıllardan beri bilinmekte ise de Türkiye mermerciliğinin gelişimine paralel olarak 1983 yılından itibaren bölgede çok sayıda mermer ocağı işletmeye alınmıştır. Halen bölgede 30 mermer ocağı üretimlerini sürdürmektedir. Bu ocakların toplam yıllık blok üretimi 40-50 bin m<sup>3</sup> arasındadır (Kuşçu, 1991).

Muğla-Yatağan mermer yatakları halen ülkemizin en çok blok mermer üreten mermer bölgelerinden biri olup üretimde Marmara adası, ve Afyon-tscehisar mermerlerinden sonraki sıraya yerleşmiştir.

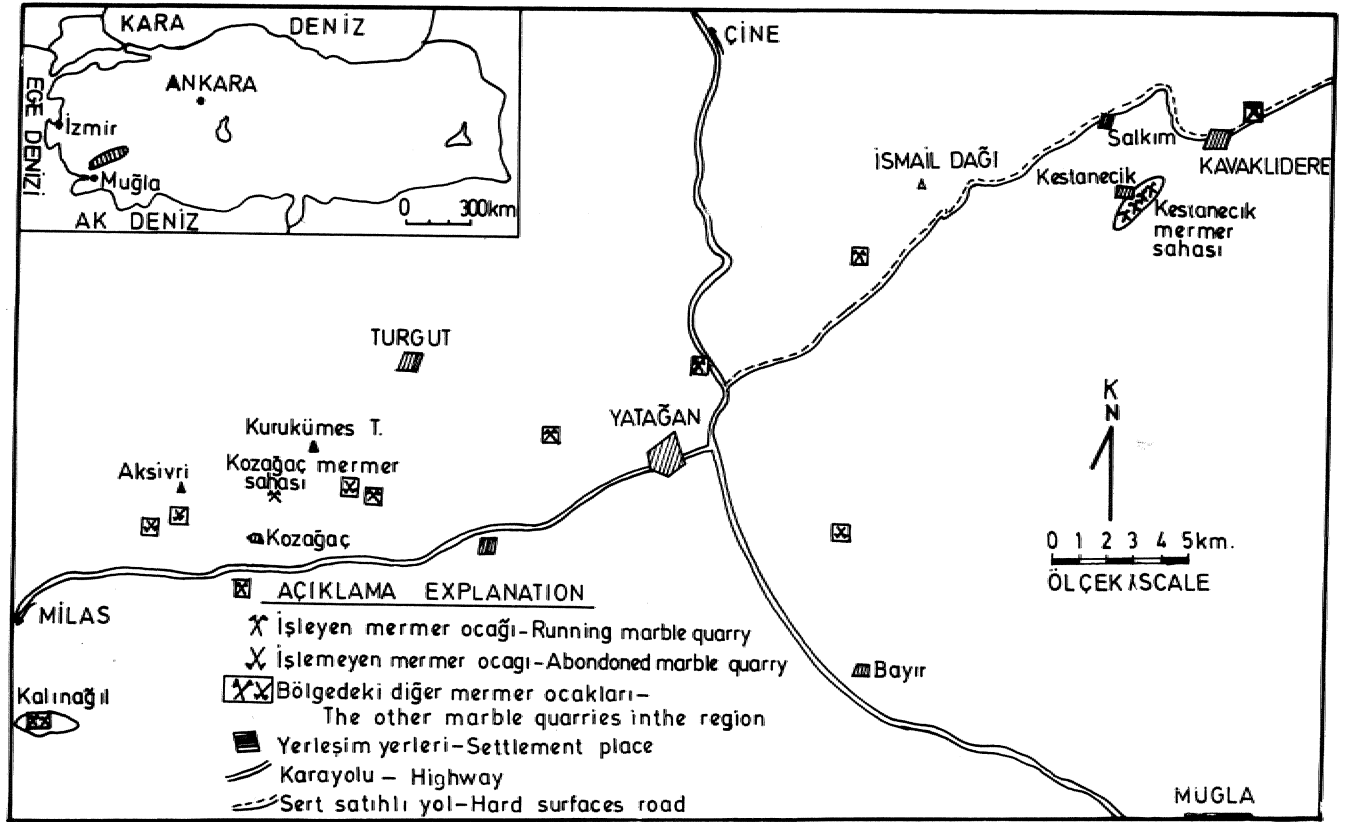
Bu şekilde gerek üretim, çokluğu, gerek iç ve dış piyasadaki isteğin artışına, bağlı olarak önemli bir konuma gelen Muğla-Yatağan. mermerleri. yazarın da ilgisini çekmiş ve Akdeniz Üniversitesi Araştırma Fonunca desteklenen bir proje çerç-

vesinde bölge mermer yatakları araştırma kapsamına alınmıştır.

Bölgede geniş bir yaydım gösteren Muğla-Yatağan mermerlerinin araştırılması arazi gözlem ve ölçümleri ile laboratuvar inceleme ve deneylerine dayandırılmıştır. Arazi gözlemleri sonucu bölge mermerlerinin özelliklerini yansıtabilecek iki ayrı saha Kavaklıdere-Kestanecik ve Kozagaç mermer sahaları detaylı olarak çalışılmıştır.

Bu araştırma ile seçilen mermer sahalarının 1/25.000 ölçekli jeolojik haritası alınmış, blok verimi için gerekli olan yapısal, özellikleri ile kullanımda gerekli olan mineralojik-petrografik ve fiziko-mekanik özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen saha verileri ve laboratuvar deneyleri sonucu ortaya çıkan kantitatif ve kalitatif veriler yorumlanarak Muğla-Yatağan mermerlerinin jeolojik ve ekonomik özellikleri ortaya konmuştur.

Muğla Yatağan yöresi mermer yataklarını doğrudan konu alan araştırma sayısı yok denecek kadar azdır. Sadece Andolfato (1967) MTA Genel Müdürlüğünce istenilen bir program uyarınca Muğla ili mermer yatakları üzerinde genel bir araştırma yapmıştır. Bölgede genellikle Mendere Masifi üzerinde yapılan genel jeolojik araştırmalar,



Şekil 1 Yer bulduru haritası.

Figure 1 Location map.

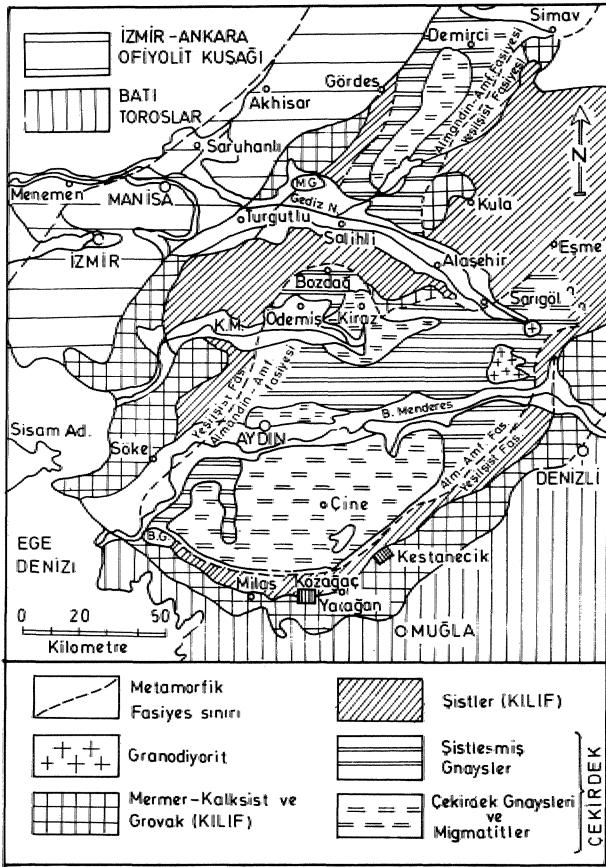
Yatağan kömürleri ve boksit ile zımpara yatakları üzerine olan araştırmalar yoğunluk kazanmıştır. Bölgeyle ilgili olarak Dora (1975), Başarı (1970), Boray ve diğ., (1975), Çağlayan ve Diğ., (1980), Wipern (1965) ve Orhan ve Yılmaz (1987)'in yaptığı araştırmalar Genel jeolojik ve Maden jeolojisi amaçlı incelemelerdir,

## YATAĞAN MERMERLERİ

Araştırılan bölgede,, başlıca dört farklı stratigrafik düzeyde değişik renk ve desende mermer yatakları bulunmaktadır (şekil 1). Bu sahalar önem sırasıyla;

- Yatağan-Kavaklıdere-Kestanocik mermerleri
- Yatağan-Kozağaç mermerleri
- Milas-Kalınagıl mermerleri
- Diğer .-mermer yatakları olmak üzere 4'e ayrılabilir.

Yukarıdaki yataklardan yayılımları ve üretimleri ile ilgili ikisi çok daha önemli olup makale



Şekil 2 Menderes Masifi'nin Metamorfik Birimleri (Dora, 1975'den).

Figure 2 Metamorphic units of the Menderes Massif (From Dora, 1975).

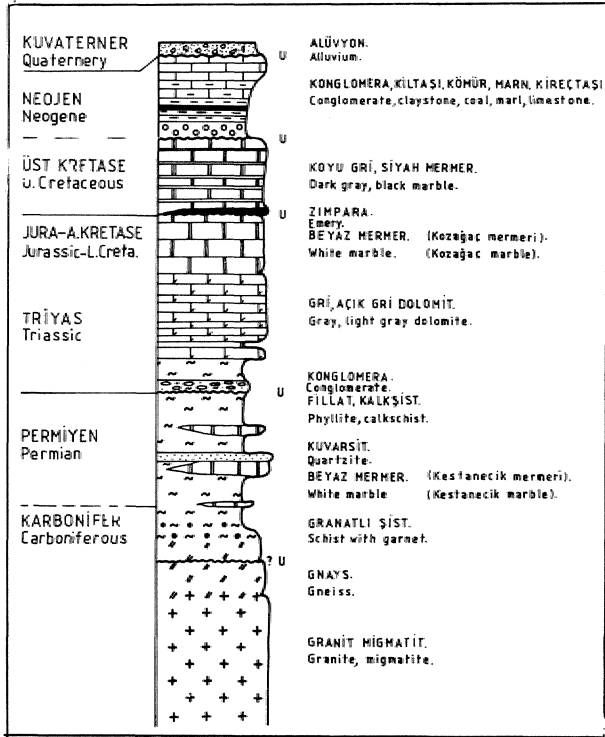
kapsamında bunların üzerinde dünülecektir, Milas-Kalınagıl yöresi mermerleri. Ege Bordo olarak bilinir. Ege Bordo sert olması, yurt içi talebinin az olması nedenleriyle ancak birkaç bin m<sup>3</sup>lük bir fl-reüme erişebilmektedir. Diğer mermer yataktan kapsamı da ilk üç mermer yatağının bulunduğu stratigrafik konumdan farklı düzeylerde bulunan gri, kırmızı-beyaz-siyah bantlı, yeşil renkli mermer düzeyleri de bölgede bulunmakta\* ancak bu sahalar ya yeni yeni işletmeye alınmakta ya da henüz farkedilmemiş mermer sahaları olarak beklemektedir.

Söz konusu edilen tüm bu mermer yatakları Menderes Masifi'nin örtü şisücri içerisinde farklı düzeylerde bulunmaktadır (şekil 2 ve 3).

## GENEL JEOLJİK KONUM

Araştırılan alanda Menderes Masifi'ne ait birimler' yüzeyler... Üzerinde önemle durulan ve makalenin konusu olan Kavaklıdere-Kestanocik ve Yatağan-Kozağaç mermerleri Menderes Masifi'nin örtü şistleri, içerisinde birbirlerine göre farklı düzeylerde bulunurlar (şekil 2),

## Menderes Masifi İl önceki araştırın cilanı eöre



Şekil 3 Muğla-Yatağan yöresi Mermer Yataklarının Stratigrafik konumunu gösterir sütun kesit (ölçeksiz).

Figure 3 Columnar section showing the stratigraphic positions of marble deposits of Muğla-Yatağan around (not in scale).

çekirdekten dışa doğru, granit, migmatit, gnays» mikaşit ile grovak, kuvarsit ve mermerlerden meydana gelen bir kılıftan, oluşmuştur (Ayan, 1973; Dora, 1975; Boray ve diğ., 1975).

- Bu masifin çekirdek kısmı Alt Paleozoyik; Şist-kılıf serileri Üst Paleozoyik (Permo-Karbonifer) ve mermerlerin alt düzeyleri Permian ortası, Triyas-Liyas ve Üst seviyeleri Üst Kretase yaşındadır (Ketin, 1983).

Yukarıdaki stratigrafik istifin yaşlandırılmasına göre Kavaklıdere-Kestanecik mermerleri Permo-Karbonifer } ışındayken, Kozağaç mermerleri Jura-Alt Kretase yaşındadır (Çağlayan ve diğ., 1980),,

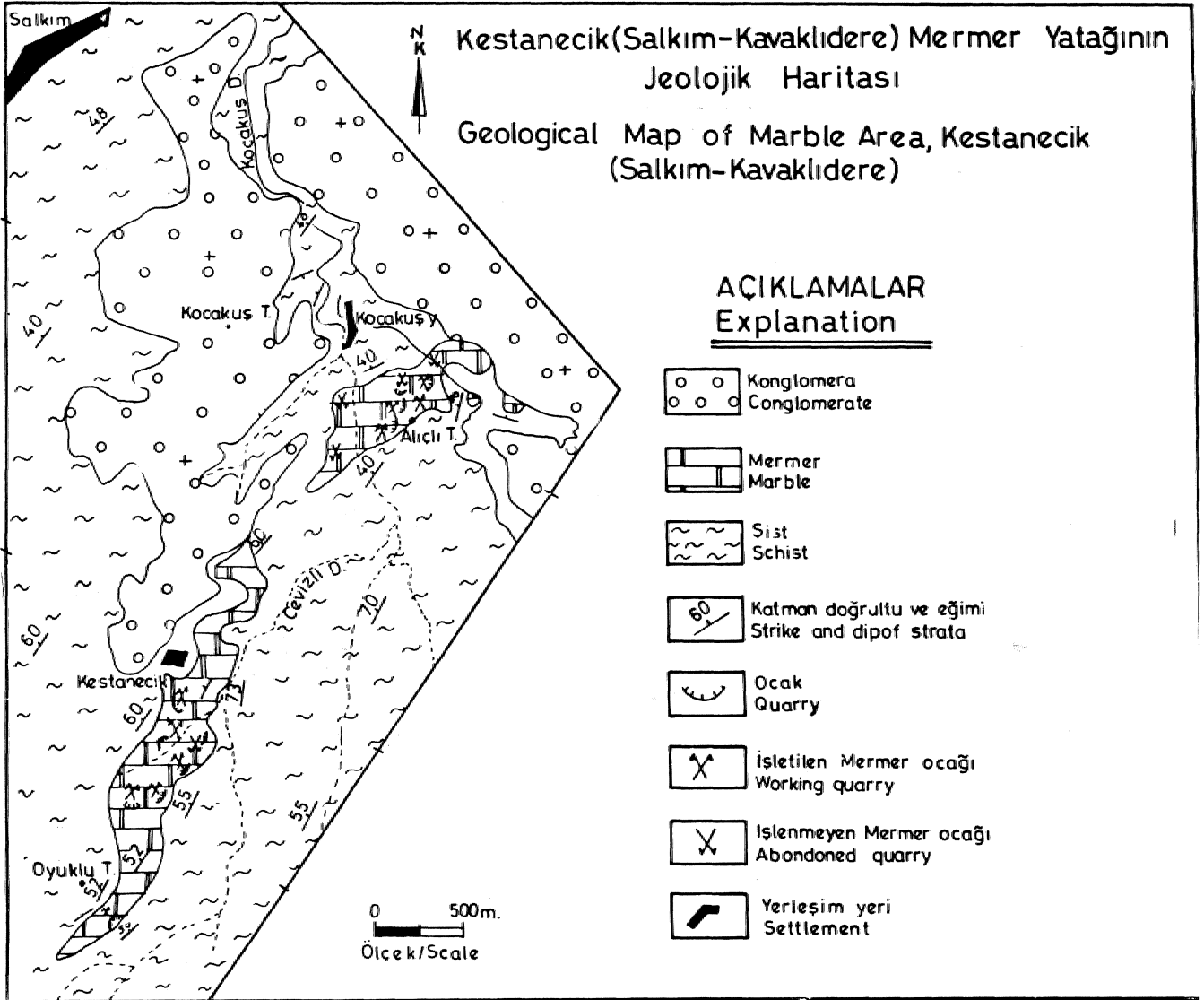
Bölgede tüm bu birimler üzerine açılal uyumsuzlukla gelen karasal kökenli Neojen oluşukları

bulunduğu bölgeye göre sıkça değişim gösteren beyaz pembe renkli çakıltaşı, kum taşı, kil ve mam ağdalanmasından oluşmuş tortul kaya birimleriyle temsil edilir (Çağlayan ve diğ., 1980),,

### KESTANECİK MERMERİNİN JEOLJİK KONUMU

Kestanecik mermeri Yatağan'ın 25 km kuzey-doğusunda şist ve kuvarşistlerden oluşan, metamorfik serilerin arasında bir mercek şeklinde bulunur (Şekil 3-4). Tüm. bu birimleri Neojen yaşlı konglomeralar açılal bir uyumsuzlukla üstler. Neojen konglomeraları bütünüyle altta bulunan. metamorfik kayalardan türemiş çakıl bileşenlerinden oluşur.

Kestanecik mermeri şistler içerisinde KD-GB doğrultusunda biri 2600 m, diğeri 1.300 m uzanıma



Şekil 4 Kestanecik Mermer Sahasının jeolojik haritası.

Figure 4 Geological map of the Kestanecik Marble area.,

sahip iki ayrı mercek halinde bulunur.. Aslında bu iki mercek birbirlerinin devamı halindedir. Yöre mermerleri ortalama K 30°D, 50° KB konumlu ve 50-150 m arasında bir kalınlığa sahiptir. Mermerlerin yüzeylediği bölgede şistler gri, yeşil bordo renkli iken Kestanecik mermeri genelde beyaz, grimsi beyaz renklidir. Bu genel rengin yanısıra rodokrosit damarlarından dolayı, mermer beyazımsı bir doku içerisinde siyah ve leylak renklerinin egemen olduğu ağsal bir yapı oluşmuştur.

## KOZAĞAÇ MERMERİNİN JEOLojİK KONUMU

Kozağaç mermeri Yatağan yöresinde Milas-Tuzabaftan-Kavaldıdere'ye kadar uzanan bir bölgede Batı'dan Kuzeydoğu'ya doğru yaklaşık 40 km uzunluğundaki bir zonda yay şeklinde uzanır. Menderes Masifinin hemen hemen en üst kesimindeki birimleri oluşturan mermerlerin yersel stratigrafik konumu Şekil 2'deki gibidir...

Kozağaç Köyü'nün Kuzeyinde D-B, 50°-70° G konumlu olan mermerler orta ile çok kalın katmanlarına sunarlar... Kozağaç mermeri bazı bölgelerde ise oldukça masif durumda görülmektedir. Ancak masif görüldüğü bölgelerde yer alan diğer birimlerin jeolojik konumları göz önüne alındığında mermer katman doğrultularının. KD-GB konumlu

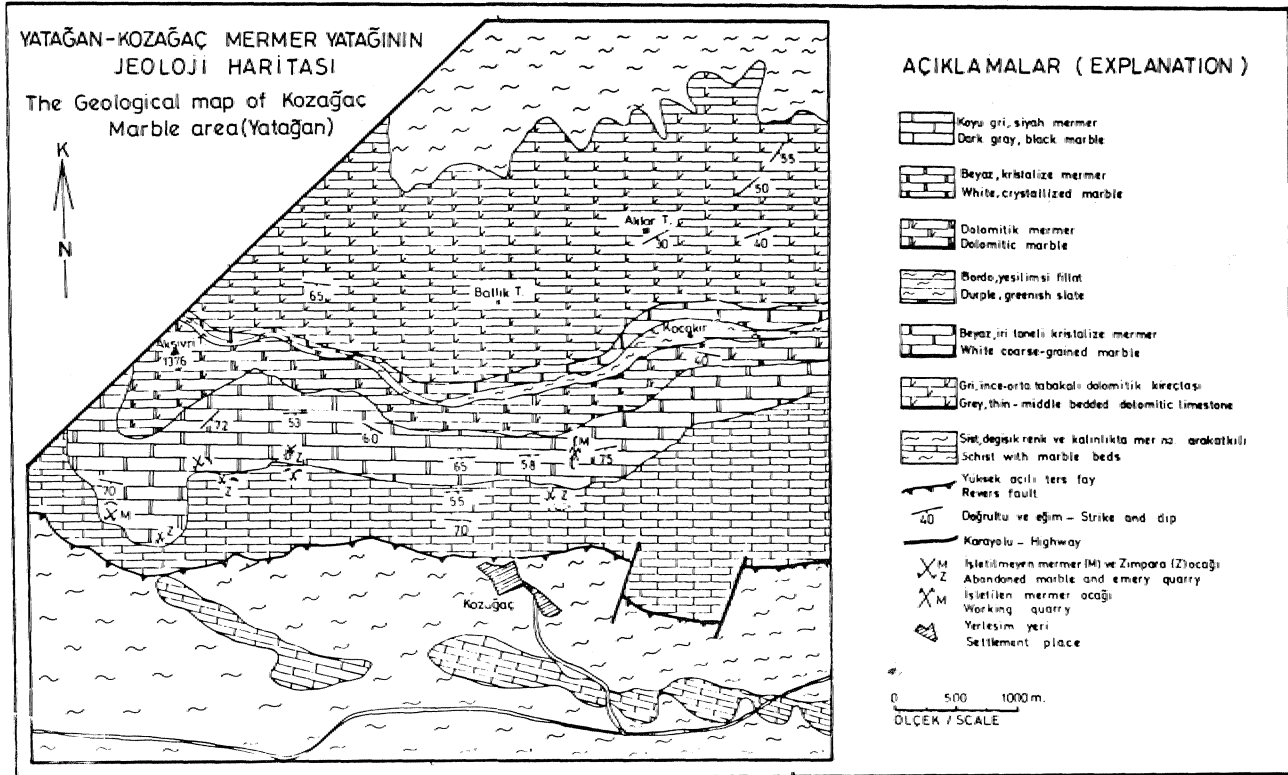
oto ası beklenmektedir.

Kozağaç yöresinde beyaz renkli, kristalize ve iri taneli mermerlerin tabanında ince taneli kristalize dolomit yada dolomitik mermerler bulunurken, üzerinde koyu gri, siyah, mermerler bulunur (Şekil 5). İnceleme alanında Kozağaç mermerinin üst düzeylerinde yersel olarak zımpara yatakları bulunur. Bu zımparalı düzey Kozağaç mermeri için bölgenin her yerinde bir klavuz düzeydir. Ncojen yaşlı çökelticiler altındaki tüm yaşlı birimleri açılal uyumsuzlukla üstler.

## MERMERLERİN FAKTÖRLERİ VE RENKLERİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

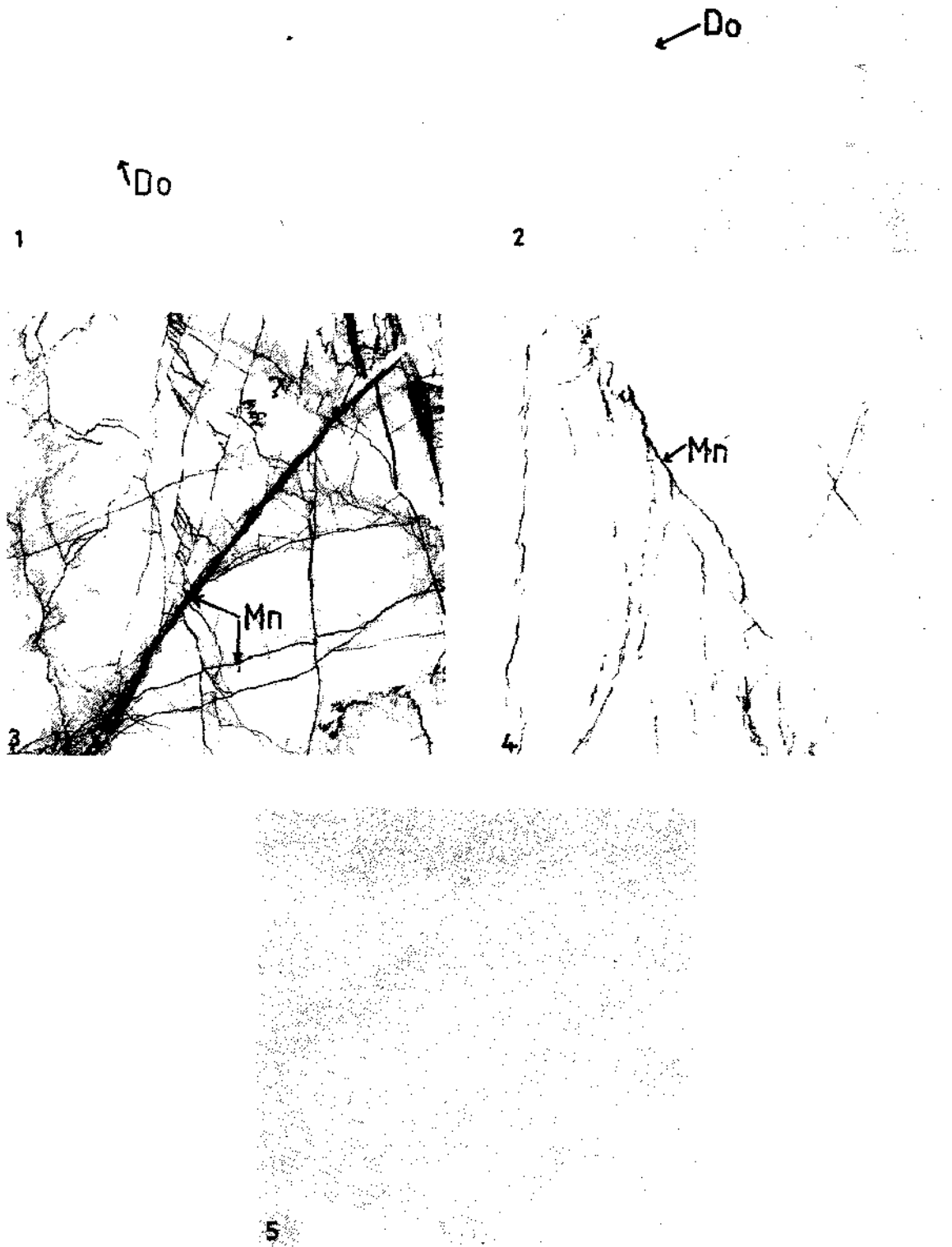
### I - Kestanecik mermeri

Kestanecik, mermerinin rengini kalsit ve dolomit mineralleri dışında etkileyen en önemli unsur içerisinde bulunan mangan mineralleridir.. Değişik kalınlıklardaki siyahımsı, mor ve leylak renkli rodokrosit, manganokalsit ve pıroluzit damarları mermeri değişik yönlerde ve değişik oranlarda kat ederek onun rengini, etkilerler. Kestanecik mermerinde sadece-kalsit ve dolomit, mineralleri bulunuyorsa egemen renk grimsi beyaz olmaktadır (Levha 1, Folio 1). Dolomit mineral damarlanmaları ve kümelenmeleri ise grimsi beyaz doku.



Şekil 5 Kozağaç Mermer Sahasının Jeolojik haritası.

Figure 5 Geological map of the Kozağaç Marble area.



içerisinde süt beyaz renklenmeler kazanmaktadır (Levha 1» Foto 2). Piroluzit, mangano-kalsit ve rodokrosit mineral damarlanmalar mermer içerisinde sıkça bulunuyorsa mermerde leylak rengi egemen olmaktadır (Levha 1, Foto 3). Bunlar bir kaç damar halinde bulunuyorsa bu kez damarlı bir doku ortaya çıkmaktadır (Levha 1, Foto 4). Böylece kalsit, dolomit ve manganez mineralleri Kestanecik mermerlerinde başlıca renk verici unsurlar olarak kendim göstermektedir., Bu minerallerin mermer içerisinde bulunabilme oranına bağlı, olarak da piyasada Kestanecik mermerleri değişik ticari isimlerle anılır ve aranılır. Bunlar;

- 1 - Milas beyaz (% 95 kalsit % birkaç dolomit)
  - 2 - Milas sedef (% 95 kalsit % birkaç dolomit ancak yan saydam)
  - 3 - Milas damarlı (Mermerde % 5'e varan oranlarda mangano kalsit» piroluzit damarları)
  - 4 - Milas leylak (Mermerde, ağsal ve çok sık mangano kalsit» rodokrosit, piroluzit damarlanması).
- olarak bilinirler.

#### LEVHA 1

- Foto 1 Kestanecik beyaz mermeri.  
Do: Dolomit damarları
- Foto 2 Kestanecik sedef mermeri.  
Do: Dolomit
- Foto 3 Kestanecik leylak mermeri.  
Mn: Manganokalsit, rodokrosit» piroluzit damarları'
- Foto 4 Kestanecik damarlı mermeri.  
Mn: Manganokalsit, rodokrosit, piroluzit damarları
- Foto 5 Kozağaç beyazı

#### PLATE 1

- Photo 1 Kestanecik white marble.  
Do: Dolomite Veins
- Photo 2 Kestanecik royal white marble.  
Do: Dolomite
- Photo 3 Kestanecik lillac marble,..  
Mn: Manganocalcite, rhodocrosite» pyrolusite veins
- Photo 4 Kestanecik veined marble.  
Mn: Manganocalcite, rhodocrosite, pyrolusite veins
- Photo 5 Kozağaç white marble,.,

## II - Kozağaç mermeri

Kozağaç mermeri bütünüyle kalsit minerallerinden oluşmuş olup renk kalsitten kaynaklanmaktadır. Mermerin rengi beyaz ve grimsi beyazdır (Levha 1, Foto 5).

### MERMERLERİN MİNERALOGİK VE PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ

Yatağan-Kestanecik mermerinin ince kesitlerinin incelenmesiyle, mermerin kalsit, dolomit ve manganez minerallerinden oluştuğu belirlenmiştir. Mangan mineralleri damarlar halinde ve yer yer saçınımlı olarak bulunurlar, Mermerler egemen olarak granoblastik dokuludur (Levha 2, Foto 1, 2, 3,4).

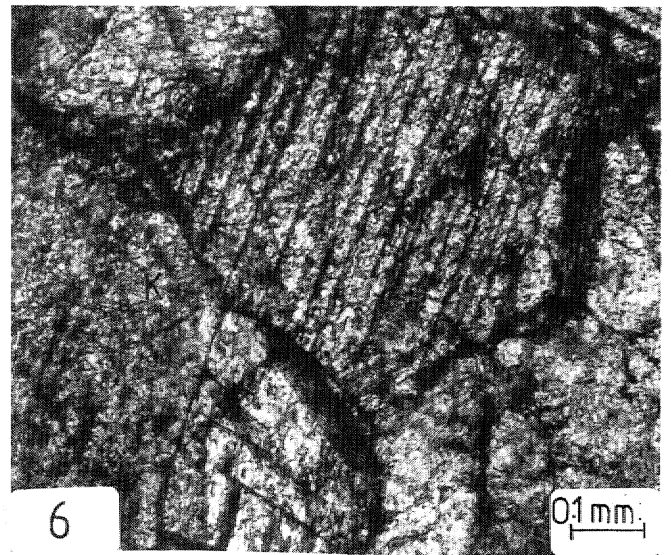
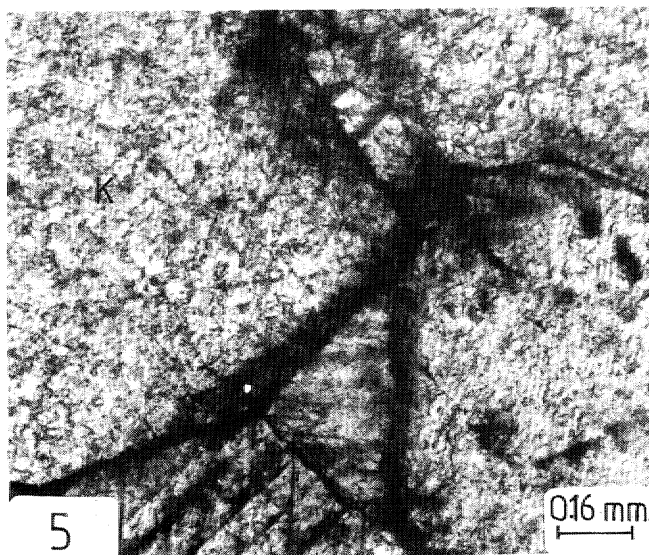
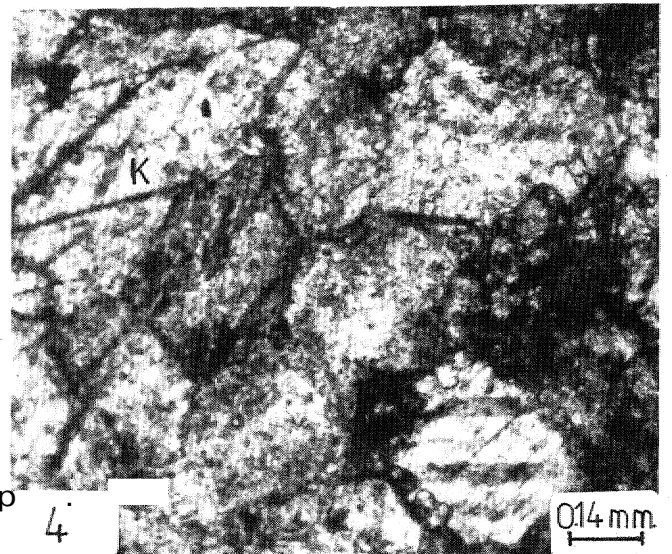
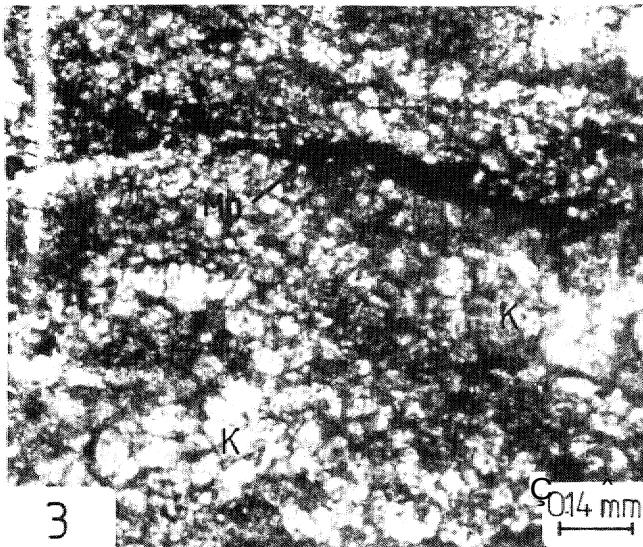
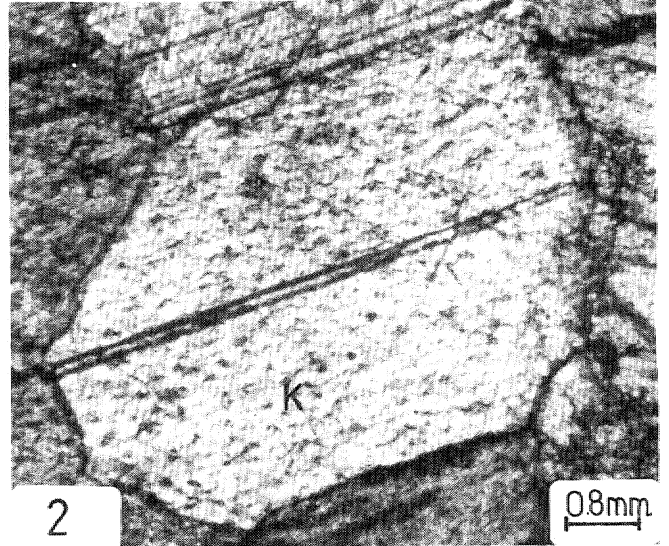
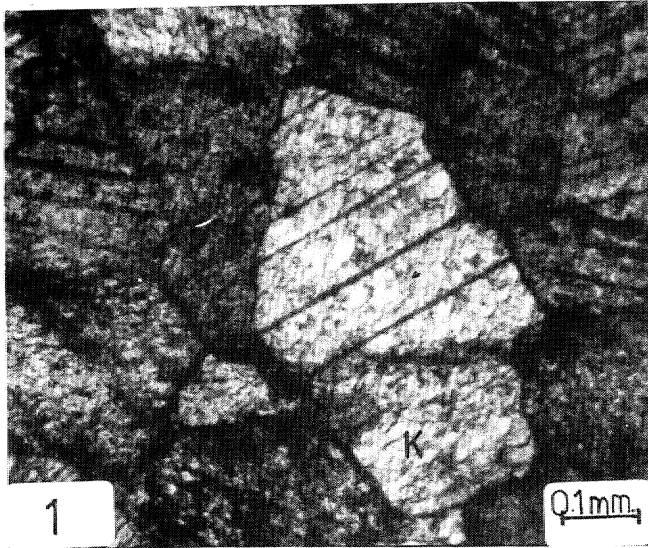
Mermeri oluşturan kalsit,, dolomit kristallerinin boyudan 0,6 mm ile 1.2 mm, arasında değişmektedir. Ancak tane boyu dağılımının genelde 0.6-0.7 mm dolayında olduğu saptanmıştır (Levha. 2» Foto 1,2, 3) Manganokalsit mineralleri de kalsit kristalleriyle eş boyutlarda, izlenmiştir. Manganez kristallerinin boyutları 25-200 mikron arasında değişmektedir,.. Manganezli, mangano kalsit ve rodokrositli damar kalınlıkları 2,5-100 mikron arasında değişim gösterir (Levha 2, Foto 3). Bütün bunlarla birlikte arazi ölçeğinde manganlı damarların kalınlığının bir kaç cm ile bir kaç on em olduğu gözlenmiştir.

Kozağaç mermerini oluşturan kalsit tanelerinin boyutları Kestanecik mermerine göre daha iridir. iki ayrı düzeyden alınan örneklerin birinde genel olarak kalsit kristal, boyutunun 1-2 mm arasında değişliği gözlenmekle birlikte daha küçük ve daha büyük tane boyutlarının da varlığı saptanmıştır. Diğer örnekte de kalsit tanelerinin benzer boyutlu olduğu saptanmakla birlikte tane boyutlarının biraz daha büyük olduğu ve 1,5-2,5 mm arasında dağılım, gösterdikleri belirlenmiştir (Levha. 2, 'Foto 5, 6).

Doğan ve diğerlerinin (1983) mermerler için tane boyu temelinde dayandırmış olduktan sınıflandırma kullanılarak, Kestanecik mermerinin kaba taneli, Kozağaç mermerinin, ise çok kaba taneli olduğu saptanmıştır.

### MERMERLERİN KİMYASAL BİLEŞİMİ

Kestanecik ve "Kozağaç yörelerinden, alınan mermer örneklerinin kimyasal analizleri Göldaş A.Ş. kimya laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir,.. Kestanecik, mermerinin ticari isimlendirilmesine ve farklılaşmasına uygun olarak, alınan örnekler ayrı ayrı analiz edilmişlerdir.. Ancak leylak ve



damarlı mermerler arasında damar sıklığı açısından bir fark olduğundan sadece leylak örneği analiz edilmiştir. Kozağaç merm.eri.nden alınan 2 ayrı örnek 01 ve 02 ve Kozağaç mermer düzeyinin üzerinden koyu gri mermer (03), altında bulunan dolomit düzeyinden (04) analiz edilmiş ve sonuçların tümü Tablo 1 de verilmiştir.

## LEVHA 2

- Foto 1 Kestanecik beyaz mermeri,,  
Kaba taneli ve granoblastik dokulu  
K: Kalsit
- Foto 2 Kestanecik, sedef mermeri.  
Kaba taneli  
K: Kalsit
- Foto 3 Kestanecik leylak mermeri,  
K: Mn'ca kirletilmiş kalsit ve dolomit kristalleri
- Foto 4 Kestanecik leylak mermeri,  
Kaba taneli ve granoblastik dokulu  
K: Kalsit
- Foto 5 Kozağaç beyaz mermeri.  
Çok kaba taneli, ve granoblastik dokulu  
K: Kalsit
- Foto 6 Kozağaç beyaz mermeri.  
Çok kaba taneli ve granoblastik dokulu  
K: Kalsit

## PLATE!

- Photo 1 Kestanecik white marble.  
Coarse-grained Calcite (K) and granoblastic texture
- Photo 2 Kestanecik royal white marble.  
Coarse-grained calcite (K)
- Photo 3 Kestanecik lillac marble.  
Mn: Pyrolusite vein,  
K: Calcite and dolomite crystals contaminated with Mn
- Photo 4 Kestanecik lillac marble.  
Coarse-grained calcite (K) and granoblastic texture
- Photo 5 Kozağaç white marble.  
Very coarse-grained, calcite (K) and granoblastic texture
- Photo 6 Kozağaç white marble.  
Very coarse-grained calcite (K) and granoblastic texture

Tabloda verilen örneklerden 03 ve 04\* henüz üzerinde faaliyet gösterilmeyen, mermerleri temsil etmektedir. Analiz sonuçları incelendiğinde mermerlerin mineralojik bileşimlerine uygun kimyasal bileşimler ortaya çıkmıştır. Mikroskop ve anal. sonuçları uyumuştur. Sadece sedef ticari isimli örnekte % de bir kaçlara ulaşan dolomit damarları gözlenmişken analiz sonuçlarında MgO beklenenden az, bulunmuştun Bunun nedeni, büyük bir olasılıkla numunenin dolomit açısından zayıf bir kesiminden analiz yapılmış olmasıdır. Fettijohn (1975) sınıflamalarına göre Ca/Mg oranı 1.5-1.7 arasında, MgO oranı % 19.5-21.6 ise veya MgCO<sub>3</sub> oranı % 41-45.4 mertebesinde bu kay aç dolomittir. Buradan, harekede yapılan kimyasal analizler sonucunda 04'ün dolomit olduğu., Leylak örneğinin de dolomitik mermer olduğu görülür.

## MERMERLERİN FİZİKİ-MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Araştırma yapılan, mermerler üzerinde Türk Standartları Enstitüsünün TS 699'a göre bir kısım deneyler yapılmış ve TS 1910 ile TS 2513 ilkelerine göre yorumlanmıştır.

### Fiziksel özellikler<sup>1</sup>

Mermerin görünüşü : Kestanecik mermeri içerisindeki manganokalsit, rodokrozit ve piroluzif damarlarının yolduğuna yada sıklığına bağlı, olarak değişik desenlerle sahiptir. Böylece aynı yataktan farklı isimler altında . mermerler üretilmektedir. Bu damarlar mermere herhangi bir olumsuzluk getirmemekte aksine yararlı • olmaktadır,

Kozağaç beyaz mermeri,, tek. düze bir görünüm sergiler. Yer yer mermerde gri. bulutlanmalar gözlenir. Her iki mermerde de arazi ölçeğinde ortaya çıkan, olumsuzluklar (karstik boşluklar ayrılmış kesimler vb.) blok düzeltimi esnasında giderilmekte ya da böyle olanlar paşaya bırakılmaktadır.

Diğer fiziksel özellikler: Kestanecik ve Kozağaç mermerlerinin fiziksel özellikleri ve TS 1910 da istenilen sınır değerleri. Tablo 2'de verilmiştir. Tablonun incelenmesiyle mermerler için elde edilen değerlerin TS 1910 ilkelerine uygun olduğu görülecektir..

### - Mekanik özellikler

Mermerler üzerinde yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar ile mermer katalogundan (İMMİB, = 1.990) alınan sonuçların ve TS 2513 de sınır değerler karşılaştırmalı olarak. Tablo 2 de sunulmuştur., Mermerlerin, mekanik özelliklerinin TS 2513- te belirtilen ilkelere uyduğu saptanmıştır.



| Bileşim<br>Composition.          | KESTANECİK     |                   |                  | KOZAĞAÇ              |                      |                           |                     |
|----------------------------------|----------------|-------------------|------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|
|                                  | Beyaz<br>White | Sedef<br>R. White | Leylak<br>Lillac | 01<br>Beyaz<br>White | 02<br>Beyaz<br>White | 03<br>Koyugri<br>Darkgray | 04<br>Bej<br>Cream. |
| SiO <sub>2</sub>                 | 0.10           | 0,10              | 0.11             | 0.05                 | 0.10                 | 0.19                      | 0.73                |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | -              | 0.10              | 0.60             | 0.40                 | 0.07                 | 0.10                      | 1.30                |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | -              | 0.20              | 0.60             | 0.05                 | 0.05                 | 0.25                      | 0.40                |
| CaO                              | 54,45          | * 5530            | 4:2.30           | 55.10                | 54.50                | 54.35                     | 31.75               |
| MgO                              | 1.81           | 0.63              | 11.10            | 0,57                 | 1.01                 | 1.13                      | 21.38               |
| Ateşte Kayıp<br>Loss of ignition | 43,48          | 4331              | 44.93            | 4334                 | 43,43                | 43.65                     | 45.78               |
| Toplam<br>Total                  | 99,84          | 99.64             | 99.64            | 99,51                | 99.16                | 99.67                     | 101.34              |

Tablo 1 Yatağan Mermerlerinin Kimyasal Bileşimi.

Table 1 Chemical composition of the Yatağan marbles.

|   |  | I     | S     | YB    | J     | L     | K     | SD |
|---|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| Özgül Küfle<br>Density  | gr/cm <sup>3</sup><br>gr/cm <sup>3</sup>   | 2.74  | 2.72  | 2,73  | 2.82  | 2.74  | -     |    |
| Bir. Hacim Ağır.<br>Unit Volume   | * gr/cm <sup>3</sup><br>gr/cm <sup>3</sup> | 2.72  | 2.70  | 2,72  | 2,80  | 2.73  | >2.55 |    |
| Gözeneklilik<br>Porosity  | %<br>%                                     | 0.20  | 0.70  | 0,4Q  | 0.93  | 0.40  | >2.55 |    |
| Görünen Porosité<br>Effective Porosity  | %<br>%                                     | 0.70  | 0.14  | 0.57  | 0,61. | 0.41  | -     |    |
| Ağırlıkça Su Emme<br>Water Absorption by Weight                                 | %<br>%                                     | OH)   | 005   | 021   | O09   | 0T?   | <0,75 |    |
| Hacimce Su Emme<br>Water Absorption by Volume                                   | %<br>%                                     | 0.20  | 0.15  | 0.32  | 0.28  | 0.41  | -     |    |
| Doluluk Oranı<br>Ratio of Fulnes  | %<br>%                                     | 99.30 | 99.30 | 99.60 | 99.20 | 99.63 | -     |    |
| Kaynar suda su emme ağırlıkça<br>Water Absorption at<br>Boiling Water by Weight | %<br>%                                     | 0.10  | -     | -     | -     | 0.33  | -     |    |
| Sertlik<br>Hardness   | Mohs<br>Mohs                               | 3     | 3     | 3.5   | 3.5   | 3     | -     |    |
| Basınç Dayanımı<br>Compressivc Strength   | kgf/cntf<br>kgf/cm <sup>2</sup>            | 1019  | 580   | 948   | 569   | 509   | >500  |    |

S: Sedef, YB: Yatağan beyazı, L: Leylak, K: Kozağaç beyazı, SD: TS 191ffa göre bazı. sınır değerler, I: Kestanecik mermeri için itırcmcr katalog undaki özellikler (fmmİB, 1990).

Tablo 2 Kestanecik ve Kozağaç Mermerlerinin bazı fiziko-mekanik özellikleri.

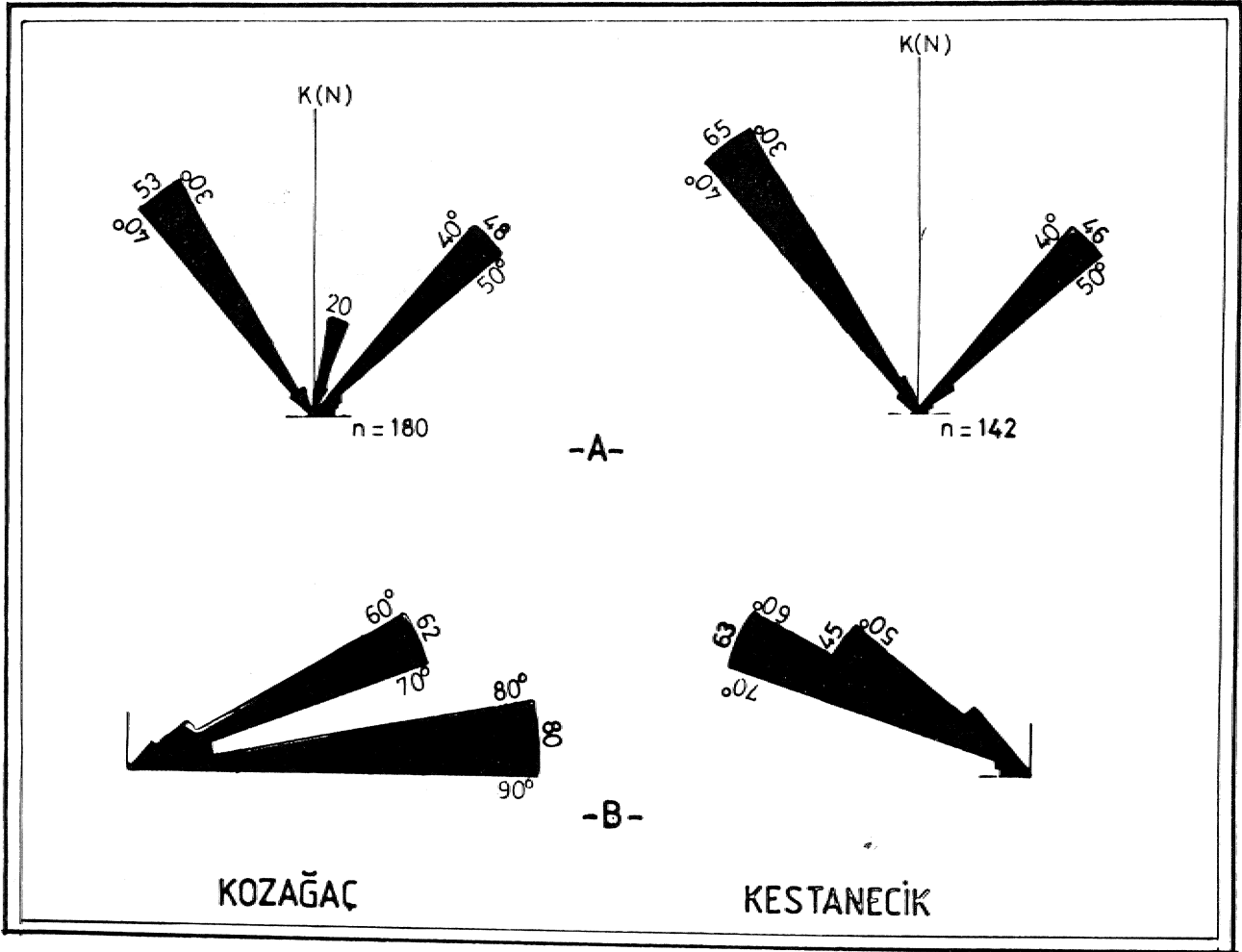
Table 2 Some physicomechanical properties of the Kestanecik and the Kozağaç marbles.

## YAPISAL UNSURLAR VE MERMER SAHALARININ BLOK DURUMU

**Kestanecik mermeri:** Bölgede yer alan, mermerler genelde kalın-orta katmanlıdır. Süreksizlikler arasındaki mesafeler katmanlarına ve çatlaklara göre değişmektedir (Şekil 6). Bölgedeki iki ana eklem takımından K 50°D, 80° GD konumlu olanlar arasındaki mesafeler 30 cm ile 4 m arasındadır (Şekil 7). K 25° B, 70° KD konumlu olanlar arasındaki mesafeler ise 20 cm ile 3 m arasında ölçülmüştür (Şekil 7). Deere'in (1963) yapmış olduğu çatlak ara uzaklığı sınıflaması sahaya uygulandığında Kestanecik mermerlerinin seyrek, çatlaklı olduğu belirlenmiştir. Bu yörede K 15°-25° D, 40°-45° KB konumlu olan katmanların kalınlıkları 2 m'ye ulaşmaktadır. Bu şekilde süreksizliklerin aralarındaki mesafelerin büyük ve eğim yönlerinin de uygun olmasının yanısıra, bu bölgede mermer blok boyut ve veriminin fazla olduğu saptanmıştır (Şekil. 6). Topografyada yapı-

lan gözlem, ve ölçümlerle eklemsiz bir yüzeyin, 16 m<sup>2</sup> lik bir alana ulaştığı (Foto 1), bu şekilde bölgede eklem arasındaki geniş yüzeylerin sık olduğu belirlenmiştir. Bu eklemsiz geniş yüzeyler sahadan 9-10 m<sup>3</sup> e kadar, hatta daha büyük hacimler de blok alınmasına olanak tanınmasına rağmen işletme tekniği nedeniyle bölgeden alınan blok boyutlarının hacimleri genelde 3-5 m<sup>3</sup> arasında değişir.

**Kozağaç mermeri:** Kozağaç yöresinde yer alan mermerler de genelde kalın-orta katmanlı ve yer yer masif görünümlüdür. Süreksizlikler arasındaki mesafeler egemen eklem takımlarına bağlı olarak değişmektedir (Şekil 6). Kozağaç mermer sahasında. K 15°D, 75°GD ve K70°-80° B, 50°-60° GB konumlu iki egemen eklem, takımı ile K. 80° D, 75° GD konumlu katmanlanmalar başlıca süreksizliklerdir (Şekil 7). Eklem takımlarının her ikisinde de eklem arası mesafeler 40 cm ile 300 cm arasında değişmektedir. Deere'in (1963) çatlak ara uzaklığına göre kayaçları sınıflamasından Kozağaç



Şekil 6 Çatlakların doğrultu (A) ve eğim (B) miktarlarını gösterir gül diyagramları,

Figure 6 Rose diagrams showing strikes (A) and dips (B) amount of joints in the Kestanecik and the Kozağaç marbles area.



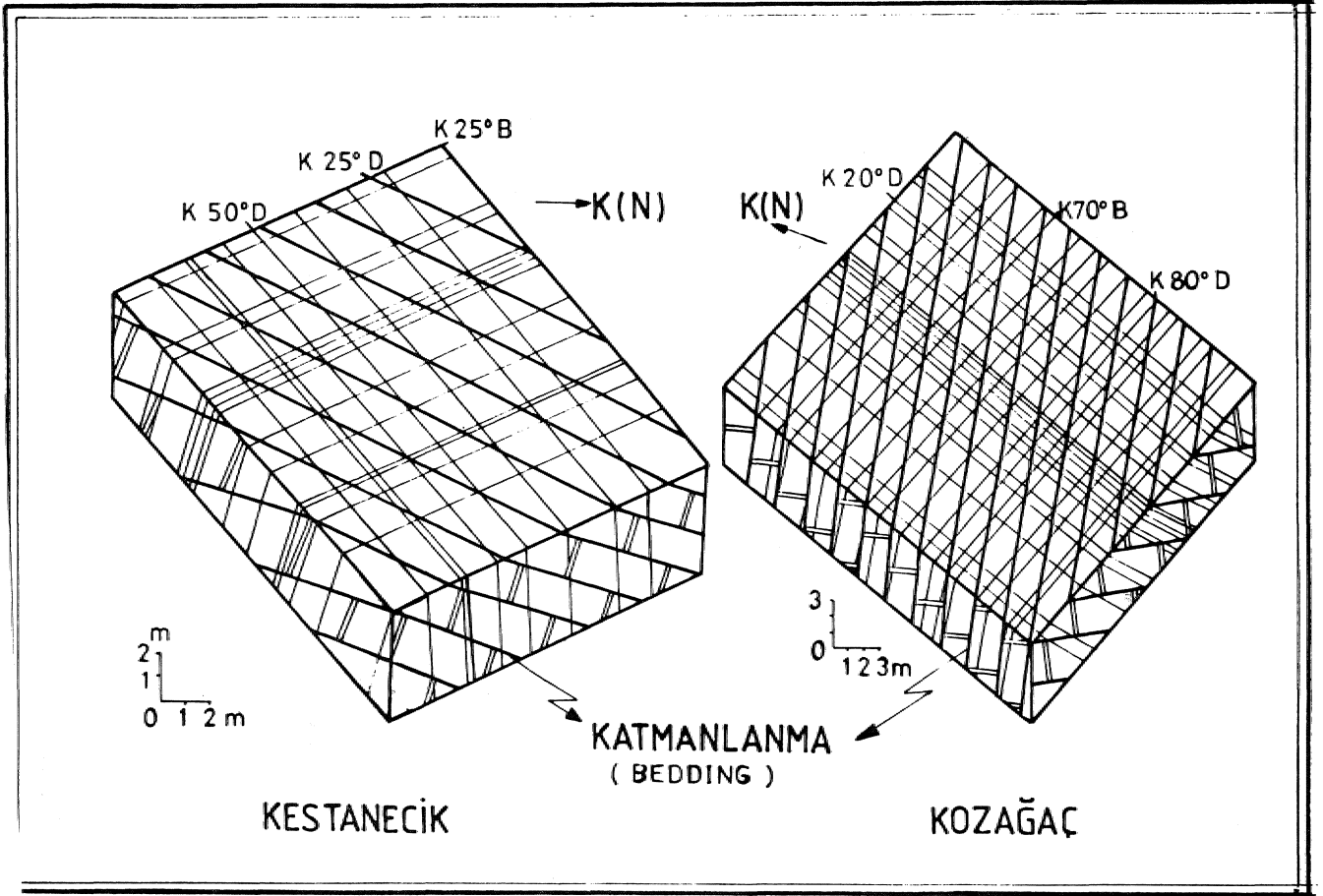
Foto 1 Büyük blok verebilecek bir mermer most-rası (A), Kestanecik sahası.

Photo 1A marble outcrop (A) that can give a big block, in Kestanecik area.

bölgesindeki, mermerlerin seyrek çatlaklı olduğu saptanmıştır. Ancak K 70°-80° B doğrultulu olan eklemler daha seyreklerdir (Şekil 7), Kozagaç mermerlerinde katman kalınlıklarının 1.5-2.5 m. arasında olduğu belirlenmiştir. Blok veriminde etken olan çatlakların seyrek, katmanlanmanın kalın oluşu bu sahada 40-50 m<sup>3</sup> e ulaşan blokların alınmasına olanak tanımıştır. Mermerin mostrada eklemsiz olarak 20 m<sup>2</sup> genişliğinde yüzeyler verdiği ölçülmüştür (Şekil 7, Foto 2). Kozagaç mermer sahası Kestanecik sahasına göre daha büyük, hacimli bloklar vermektedir.

#### SONUÇLAR

Muğla-Yatağan yöresinde farklı düzeylerde değişik renk ve desende mermerler bulunmaktadır., Menderes masifinin örtü şistleri içerisinde bulunan bu mermerlerden Permiyeo. yaşlı Kestanecik ve Jura-Alt Kreta.se yaşlı Kozagaç mermerleri kalite, rezerv ve üretimleri, ile önemlidirler.



Şekil? Kestanecik ve Kozagaç Mermer saha-larında ölçülen süreksizliklerin konumu-nu, gösteren diyagramlar.,

Figure 7 Diagrams showing positions of meas-ured discontinuities in the Kestanecik and 'the Kozagaç marbles.,

Kestanecik mermeri şistler içerisinde mercek şekilli olarak bulunur ve doğrultusu boyunca 4 talik bir uzanımına sahiptir Beyaz ve mor renklenen mermer veren Kestanecik mermeri kaba taneli bir doku gösterir. Kozagaç mermeri, beyaz ve grimsi beyaz renklidir. **KD-GB** doğrultusunda kilometrelerce devamlılık gösteren Kozagaç mermeri çok kaba taneli bir dokuya sahiptir.

Her iki mermer sahasında; mermerlerin kaim katmanlı ve seyrek eklemli oluşları nedeniyle, büyük boyutlu (~ 10 m<sup>3</sup>) blokların alınabileceği belirlenmiş ve işletilen ocaklardan da bu boyutta mermer bloklarının sıkça alındığı gözlenmiştir.

Kestanecik ve Kozagaç mermerlerinin her ikisi de; fiziko-mekanik, teknolojik ve diğer özellikleri ile iç ve dış piyasada çeşitli amaçlarla kullanıma uygundur., Nitekim Muğla-Yatağan yöresi mermerleri renkleri,, özellikleri ve üretimlerindeki düzenlilikleri nedeniyle astan, bir taleple istenmektedirler.



Foto 2 Eklemsiz, büyük, blok verebilecek bir mermer mostrası (B), Kozagaç sahası.

Photo 2 Jointless marble outcrop (B) that can give a big block, in Kozagaç area.

## DEĞİNİLEN BELGELER >

- Andolfato, U., 1967» Muğla ili mermer kaynaklarının tetkiki,» yataklar, ocaklar ve sanayii: MEİA Etüd Arama Raporu..
- Anonim, 1977» Doğal yapı taşları; Türk Standarttan Enstitüsü Yayını, TS 2513» 5 s. Şubat, Ankara.
- Anonim, 1987, Tabii Yapı Taşları muayene ve deney metodları: Türk Standarttan Enstitüsü Yayını, TS 699, 82 s, Ocak, Ankara.
- Anonim, 1990, Türkiye Mermerleri Katalogu; İMMİB Yayını, İstanbul
- Ayan, M., 1973, Gördes Migmatitleri: MTA Dergisi, No. 81, 132-155.
- Pettijota, EX, 1975, Sedimentary rocks: Harper International edition, 628 S. New York,
- Başarı, E., 1970, Bafa Gölü doğusunda kalan Menderes Masifi, güney kenarının jeolojisi ve petrografisi: Ege Üniv. Fen Fak. İlimi Raporlar serisi 102, Jeoloji. 8, İzmir.
- Boray, A. ve diğ., 1975, Menderes Masifinin güney kenarı boyunca bazı önemli sorunlar ve bunların muhtemel çözümleri: 50. Yıl Yerb. Kongresi Tebliğleri, 11-21, MTA Yayını, Ankara.
- Çağlayan, M.A., Özüik, MJE<sub>M</sub> Sav, H., Akat, U., 1980, Menderes Masifi Güneyine ait bulgular ve yapısal yorum.: Jeoloji Müh.. Dergisi, S. 10., 9-17, Ankara..
- Deere, D.U.,» 1963, Technical Description of Rock Cores for Engineering Purpose: Rock. Mech. and Engng. Geol. 1,16-22,
- Doğan, Z., Arda, T., Gürçeşme, I., 1983, Türkiye Mermer Potansiyeli: I. Uluslararası Mermer Simpozyumu Bildirileri, 102-107, İstanbul.
- Dora, Ö., 1975, Menderes Masifinde alk.ali.feldspatların yapısal durumları ve bunların petrojenetik yorumlarında kullanılması: T..İK, BülL, Cilt 18, Sayı 2, Ankara.
- Ketin, İ., 1983/»Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış: İTÜ Yayını, Sayı 1259, İstanbul.
- Kuşçu, Al, 1991, Muğla-Yatağan, yöresi mermer yatakları: Metalimden» Türkiye İhracat Dergisi, C. 2, Sayı 3, 41-44, İstanbul.

Oıtıon<sub>y</sub> Ş., Yılmaz, A.<sub>r</sub> 1987, Kurukümes (Milas) zımpara yatağı arama raporu: Etibank M.AJM. arşiv no., 1268,11 s.. Ankara.

Wippern, J.» 1965» Menderes Masifi çevresindeki diasporit ve zımpara yataktan: MTA Derleme no., 3730, 83 s» Ankara.

# TRAKYA'DAKİ SENOZOYİK VOLKANİZMASI VE BÖLGESEL YAYILIMI

## *Cenozoic volcanism in Thrace and its regional distribution*

Tuncay ERCAN MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, ANKARA.

**ÖZ:** Trakya yarımadasında yüzlekler veren ve Üst Eosen'den başlayarak çeşitli evrelerle Pliyosen sonuna değin devam eden Senozoyik volkanitlerin de jeokimyasal çalışmalar yapılmış ve volkanizmanın bölgesel yayılımı araştırılmıştır. Bölgede Üst Eosen-Üst Oligosen arasında yüzlekler veren volkanitler kalkalkalen ve Yüksek Potasyumlu Kalkalkalen nitelikte olup çoğunlukla kabuksal köken ağırlıklıdır ve bir çarpışma zomunda meydana gelmişlerdir. Üst Miyosen'de kabuk ve manto karışımı, şoşonitik nitelikli melez bir volkanizma oluşmuştur. Pliyosen'de ise manto köken ağırlıklı ve alkali nitelikli bazaltik volkanitler meydana gelecek Trakya'daki volkanik evrim tamamlanmıştır.

**ABSTRACT:** This paper discusses the regional distribution and geochemical characteristics of the Cenozoic volcanism of Thrace that commenced in Upper Eocene continuing intermittently until the end of Pliocene. The volcanic rocks of the region that Upper Eocene-Upper Oligocene aged, originated along a collision zone, are of calcalkaline to high potassic calcalkaline affinities. The volcanism of the period of Upper Miocene is originated from the mantle, with considerable crustal contamination, and they are shoshonitic affinity. A basaltic volcanism originated from the mantle, of alkaline affinity occurred during the Pliocene constituting the final stages of Cenozoic activity in Thrace.

## GİRİŞ

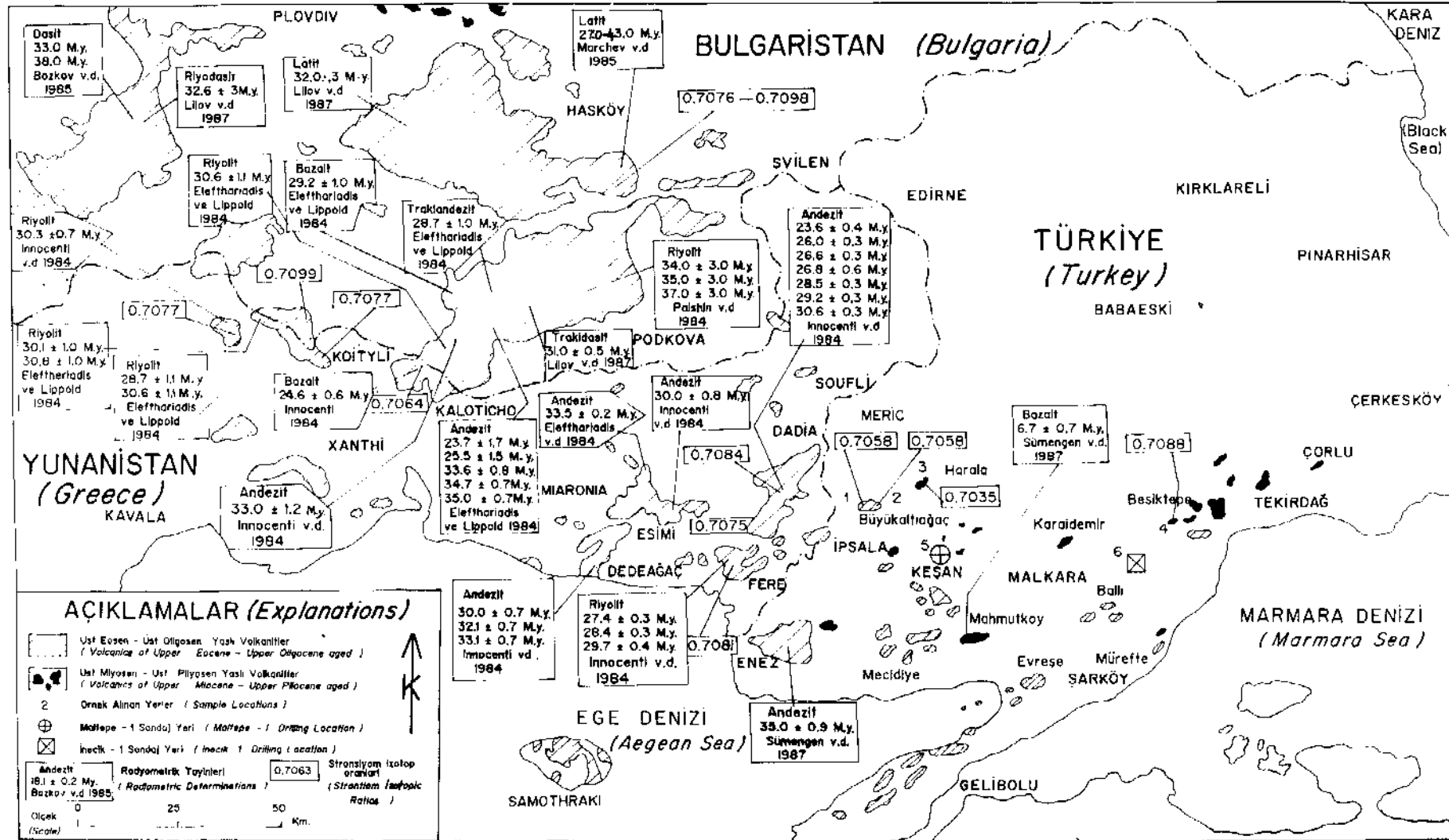
Trakya yarımadasında Senozoyik volkanizması, Orta Eosen'den itibaren etkin olmaya başlamış ve bu etkinlik çeşitli evrelerle Pliyosen sonlarına değin sürmüştür. Bölgede çok sayıda genel jeolojik araştırma yapılmasına karşın, salt Senozoyik volkanizması konu alan ve volkanik kayaların evrelerini, bölgesel yayılımını, petrokimyasal özelliklerini ve kökensel yorumlarını açıklayan araştırmalar yeterli değildir. Bu çalışma ile Trakya'daki bazı volkanik kayaların petrokimyasal özelliklerinin belirlenmelerinin yanısıra, volkanizmanın bölgesel yayılımı da ele alınmaktadır.

## GENEL BİLGİLER

Trakya'da Senozoyik volkanizması, ilk kez Orta Eosen sonlarına doğru Gelibolu çevresinde yüzlekler vermiştir. Yeşil ve vişne renkli andezitik ve diasilik tüfler eşyaş çökel kayalarla arakatlı olarak, lavlar ise yer yer küçük, siller şeklinde izlenirler (Şekil 1), Kopp (1964) Gelibolu volkanitlerinin Üst Eosen yaşlı olduklarını belirtmiş ve onları

alttan üste doğru "Kömüntepe andezit ve tüfleri", "Kavaklık andeziti" "Uçaktepe tüffiti", ve "Kocakuş tüffiti" olmak üzere ayırmıştır. Önal ve Yılmaz (1983), volkanitlerin Üst Eosen yaşlı olduklarını belirterek, tanımlamış oldukları fliş nitelikli Burgaz formasyonu'nun "Karaağaç üyesi" içinde diğer çökel birimleriyle aralanmalı olarak tuf düzeylerinin yer aldığını saptamışlardır. Önal (1986), "Gelibolu volkanitleri" olarak adlandırdığı Üst Eosen yaşlı volkanik kayaların andezit ve diasilik türde olduklarını belirtmiştir. Gelibolu yarımadasının kuzeyinde Mürefte yakınında Üst Eosen-Alt Oligosen (Priaboniyen-Stampiyen) yaşlı fliş çökelleriyle arakatlı olarak andezitik tüfler ve lavlar yer almaktadır (Temek, 1985). Sarıöz körfezindeki küçük adalarda ve Evieşe çevresinde yine Üst Eosen-Alt Oligosen yaşlı İlişi kesen andezitik lavlar saptanmıştır ve volkanizmanın yasinin Üst Eosen sonu-Alt Oligosen başı olduğu belirlenmiştir (Temek, 1985).

Gelibolu yarımadasında ayrıntılı stratigrafik ve sedimentolojik incelemeler yapan Sümengen ve



Şekil 1 Trakya'daki Senozoyik yaşlı volkanik kayaların bölgesel yayılımları.

Figure 1 Distribution and areal extent of Cenozoic volcanic rocks of Thrace.

diğerleri (1987), "Burgaz formasyonu" olarak adlandırılan, kalınlığı 600 m.'ye ulaşan ve masif şeylerden oluşan birimler içinde tuf düzeyleri saptamış ve bunların Orta Eosen yaşta olduklarını belirlemişlerdir. Formasyon içindeki volkanik fasiesin, inoe tabakalı tuf ve masif tabakalı tüfit olmak üzere 2 şekilde bulunduğunu,, yer yer de aglomeraların gözlemlendiğini belirten Sümengen ve diğerleri (1987), formasyonun derin deniz havza düzlüğü ortamında çökeldiğini öne sürmüşlerdir. Aynı araştırmacılar daha üstte yer alan ve "Gaziköy formasyonu" olarak adlandırılan, şeyler ve kumtaşlarından oluşan formasyon içinde de tuf kalkılan gözlemiş ve ince tabakalı açık renkli bol silisli tuf düzeylerinin, bu formasyonun üst bölümlerinde türbiditik fasieslerle ardal.anm.ali olarak bulduklarını ve ^Orta-Üst Eosen, yaşta olduklarını belirtmişlerdir.

Keşan yöresinde Senozoyik volkanizması birkaç evrede etkin olmuştur ve yaygın yüzlekler vermektedir,. Temek (1949) ile Kopp ve diğerleri (1969) gibi araştırmacılar volkanizmanın tüm Oligosen boyunca etkin olduğunu» ilk volkanik evre ile Alt Oligosen'de andezit ve dasit tüne lavlarla tüflerin meydana geldiğini» daha sonra Üst Oligosen'e doğru, yoğun andezitik ve dasitik, yer yer de trakitik türde lavların oluştuklarını belirtmişlerdir., Buna karşın» Sümengen ve diğerleri (1987), volkanitlerin bu yöredeki Keşan formasyonu çökel kayaçları ile eşyaşlı. (Üst Eosen-Alt Oligosen) olduklarını, bu formasyon içinde çeşitli seviyelerde farklı kalınlıklar sunan andezit, riyolit ve bunların piroklastiklerinden oluşan volkanik kayaçların yer aldıklarını gözlemişlerdir.

Senozoyik volkanizması Enez civarında da çoğun andezitik ve dasitik türde lav ve tüllerden oluşmuştur. Saner (1985) tarafından "Hisarlıdağ volkaniti" olarak adlandırılan bu volkanitler 800 m. kalınlığa erişirler.. Aynı adlama, Sümengen. ve diğerleri (1987), tarafından da bu yöredeki volkanitler için kullanılmıştır En altta riyodasitik tüfler, andezit, .altare andezitik tüfler ve kırmızımsı yeşil renkli lahar akması ile oluşmuş tüflerle volkanizme başlamaktadır. Üste doğru beyaz renkli riyolitik tuf, riyodasit, andezit, bazalt ve bazaltik aglomeralar, ignimbritler ve ortaç aglomeralardan oluşmuştur. Volkanitler Orta-Üst Oligosen yaşlıdır. Andezitik bir lav örneğinde, Sümengen ve diğerleri tarafından K/Ar yöntemi ile yaptırılan bir radyometrik yaş tayini ile  $35,0 \pm 0,9$  milyon yıllık bir yaş saptanmıştır. Örnek, Hisarlıdağ volkanitlerinin üst düzeylerinden alınmıştır.

ipsala kuzeyinde ve Malkara güneydoğusunda. da eşyaşlı andezitik-iasitik lavlar ve tüller yüzlekler vermektedir. Ayrıca Orta Trakya'da geniş alanlarda Oligo-Miyosen yaşlı çökeller içinde birkaç evrede oluşan ve değişik kalınlıklar sunan tuf horizontal! bulunmakta olup, bunlar Oligosen yaşlı volkanik kayaçların taşınmış ürünleridirler (Lebküchner, 1974). Genellikle bozmuş» kaolenteşmiş andezitik ve dasitik cam tülleri olup çökelleiden ayırtanmaları çok güçtür., (Ercan, 1979). Bu birimlerin yanısıra Trakya'da, geniş alanlar kaplayan Oligo-Miyosen yaşlı çökel kayaların altında, da yer yer bunlarla, örtülü Oligosen yaşlı, volkanik kayaçların da buldukları saptanmıştır. Örneğin, Ercan ve Gedik (1986) tarafından Keşan kuzeyinde (41° ÖF 17" Enlem ve 26° 42' 39" Boylam) Deilmam-Shell petrol şirketi tarafından yapılan sondajda (Maltepe-1) 1850-1860 m., derinliklerden alınan karotlar incelenmiş ve Oligosen volkanitlerinden olup dasit, riyodasit ve riyolitik türde lavlarla temsil edildiği saptanmıştır. Aynı araştırmacılar Malkara doğusunda (40° 55' 44" Enlem ve 27° 17' 16" Boylam) Gulf-Öil petrol şirketi tarafında yapılan sondajdaki (İncelik-1) 1488-1492 m., derinliklerden alınan karotları da incelemiş ve bunların da Oligosen yaşlı dasitik lavlar olduklarını belirtmişlerdir (Şekil 1).

Trakya'daki Oligosen volkanizması Yunanistan ve Bulgaristan'da da geniş alanlarda yüzlekler vermektedir. Yunanistan'da, özellikle Türkiye sınırına yakın. Dedeğaç-Dadia arasında yaygın lav akıntıları, domlar, tuf ve aglomeralar görülmektedir (Fytikas ve diğerleri, 1980; İnnocenti ve diğerleri, 1984). Bu volkanitler bazaltik andezit, andezit, dasit, riyodasit ve riyolit türde lavlarla tüllerden meydana gelmişlerdir., Ayrıca asitik volkanizma. türleri olan ignimbritler ve perlit yatakları da bulunmaktadır (Chatzidimitriadiis, 1973; Vgenopoulos, 1977).. Yer yer de küçük riyolitik dayklar izlenmektedir (Eleftheiadis ve Christofides, 1980). Batı-Trakya'daki bu volkanitlerde İnnocenti ve diğerleri (1984) İle Fytikas ve diğerleri. (1984) radyometrik yaş belirlemeleri yaparak 23,6 milyon yıl-33,1 milyon yıl arasında çeşitli değerler elde etmiş ve volkanizmanın Üst Oligosen yaşta olduğunu saptamışlardır. Ayrıca, yine Yunanistan'da daha Batıya doğru olan volkanik yüzleklerde Eleftheiadis ve Lippold (1984), Eleftheiadis ve diğerleri (1984)23,7 milyon yıl - 34,7 milyon yıl arasında K/Ar yöntemi ile benzer radyometrik yaş belirlemeleri yapmışlardır. Samothraki adasında da (Şekil 1) Üst Eosen-Alt Oligosen yaşlı volkanizma, trakiandezit ve dasitik türde lav ve tüllerle yüzlekler - vermektedir (Marchev ve Shanov, 1991).



.. Aynı tür volkanizma Bulgaristan'da da yüzlekler vermektedir.

Rodop masifinde yaklaşık 2000 m. kalınlığa erişen Oligosen yaşlı konglomera-kumtaşı-kireçtaşı-tüf-ignimbrit ardalımları sunan birimler geniş alanlar kaplarlar (Boncev, 1978), Volkanizma olasılıkla 3. »a evrede oluşmuştur (Pettov, 1979). Çoğu zam ortaç ve asitik lavlar ardalımlı olarak izlenirler ve genellikle kabuk ergimesiyle oluşan, asitik bir magma ürünleri olarak nitelendirilirler (Yanev ve diğerleri, 1983). Bazı bölgelerde ise Oligosen yaşlı çökeller ardalımlı olarak, asitik, trakidasit ve riyodasit türde lavlar yer alırlar (Harkovska, 1983). Güneybatı Bulgaristanda yer alan Kraiste çevresindeki volkanilerde K/Ar yöntemi, ile radyometrik yaş belirlemeleri yapan Bozkov ve diğerleri (1985) 33,0 milyon yıl ve 38,0 milyon yıl sonuçlarını elde etmişler ve volkanizmanın Üst Oligosen, yaşta olduğunu saptamışlardır. Güneydoğu Bulgaristanda ise, Yunanistan sınırına yakın alanlarda şösonit, trakit, latit, kuvars latit, kuvars trakit ve riyolit, türde volkanitler yer alır. Bu volkanitlerde Marchev ve diğerleri (1935) K/Ar yöntemi ile radyometrik yaş belirlemeleri, yaparak 43 milyon yıl-27 milyon yıl (En Üst Eosen-Üst Oligosen) arasında yaşlar saptamışlardır., Aynı bölgedeki volkanitlerde Eleftheriadis ve Lippold (1984) radyometrik yaş belirlemeleri, yapmış ve 28,7 milyon yıl -30,6 milyon yıl arasında yaşlar elde etmişlerdir (Şekil 1). Lilov ve diğerleri (1987) ise 37 milyon-30 milyon yıl arasında ölçümler yapmışlardır.

Trakya'daki Oligosen, volkanizması yer yer Alt Miyosen'de de zayıflıyarak devam etmiştir (Ercan ve Günay, 1985). Ancak, Orta Miyosen, volkanizma bakımından, sakin bir dönemdir. Üst Miyosen soMannda ve Pliyosen'de Trakya'da volkanizma yeniden şiddetlenmiş ve nitelik, değiştirerek daha çok, bazaltik lavlar çökeller içinde dağınık küçük, volkan konileri şeklindedir. Bu bacaların, derinlerde bulunan eski kırık hatları üzerinde yer almaları olasıdır.. Keşan, ve Tekirdağ çevresinde yaygın olarak izlenirler, Farklı volkan konilerinde incelemeler yapıldığında, evreler arasında yapı, bozuşma ve jeokimyasal özelliklerin farklı olduğu ortaya çıkmaktadır., Ayrıca, yer yer de bazaltik görünümü olup, ancak ayrıntılı incelemelerle şösonitik nitelikte ve trakiandezit türde olan melez volkanitlere de rastlanmaktadır. Ancak be tür lavlar gerçek bazaltik lavlardan daha yaşlı görünümü olup birkaç evrede meydana gelen bazaltik lavlardan daha önce meydana gelmişlerdir.

Trakya'da jeolojik incelemeler yapan Umut ve diğerleri (1984), bazaltik volkanileri "Karatepe bazaltları" olarak adlandırmış ve farklı iki grup ayırtılarak Üst Miyosen-Pliyosen yaşta ve koyu bej, kahve renkli olanlarının örtü... bazaltları şeklinde, fazla yükselti oluşturmayıp geniş yayıllara, gösterdiklerini; Pliyosen-Kuvaterner yaşta, • koyu gri, siyah, ve daha genç olanların ise- tepeler oluşturan volkan bacaları şeklinde izlendiklerini, belirtmişlerdir., Tekirdağ çevresinde ve Mahmutköy yakınlarında yer alan. (Şekil 1) bazaltik volkanitler Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı ilk gruba; Keşan, Karaidemir ve Harala'da yüzlekler veren bazaltik volkanitler ise daha genç olan. ikinci gruba, örnek olarak, gösterilebilirler. Sümengen ve diğerleri (1987) de aynı birimlerde çalışmış, bunların siyah, kimi yerlerde limonitize renkli» yer yer masif» yer yer bol eklemli ve gaz boşluklu olup,» kimi mevkiilerde ise kalsit kapsamlı aglomeralar şeklinde

| i   | j                | 2            | g        | 4         |
|---|------------------|--------------|----------|-----------|
| ÖRNEK NO VE ALINDIĞI YER (Sample No And Location) | IF 16 c,         | F 16 c^      | F17 d,   | F 16 c,   |
|   | Büyükdikilitagad | Büyütoğlağaç | Haralo   | Beşiktepe |
| Sjo <sub>2</sub>                                  | 61,70            | 59.00        | 47.80    | 52.40     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                    | 15,60            | 16.00        | 13.70    | 15-60     |
| TiO <sub>2</sub>                                  | 0.70             | P. 90        | £.60     | 1.10      |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                    | 3, 95            | 4.95         | 3.77     | 3,14      |
| FeO   | 0.86             | 0.66         | 5.53     | 4,02      |
| MnO   | 0. 13            | 0, f5        | 0,14     | O. J7     |
| MgO   | 2, 1Q            | 2.20         | J 7.10   | 5.90      |
| CoO   | 2.. 50           | j 2.90       | ! 1'0.00 | I 6.-50   |
| NQ <sup>o</sup>                                   | 1.80             | \ i-70       | ! 2.00   | ^ 3.20    |
| KgO   | 3.90             | ' 3 00       | ; 2.00   | 4.40      |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                     | 0.21             | j 0.22       | 1 0.6B   | i 0.. 92  |
| H <sub>2</sub> O                                  | 2.96             | , 1,34       | 0.64     | Q-36      |
| Coy   | 0.43             | 1 0.25       | , 0.80   | 0-43      |

| KAYAÇ ADI (rock name) | ANDEZİT (Andésite) | ANDEZİT (Andésite) | BAZALT (Basalt) | TRAKIANDEZİT (Trochyaçde.***) |
|-----------------------|--------------------|--------------------|-----------------|-------------------------------|
| 87 S/86 Sr            | 0,705814           | 0,705853           | 0,703593        | 0,7D8839                      |
| Rb (ppm)              | 125.40             | 157.50             | 32.30           | S86.70                        |
| Sr (ppm)              | 356.40             | 341.80             | 805.10          | 1135XIQ j                     |
| 07Rb/66Sr             | 1.017              | 1.333              | 0.118           | 0.480                         |

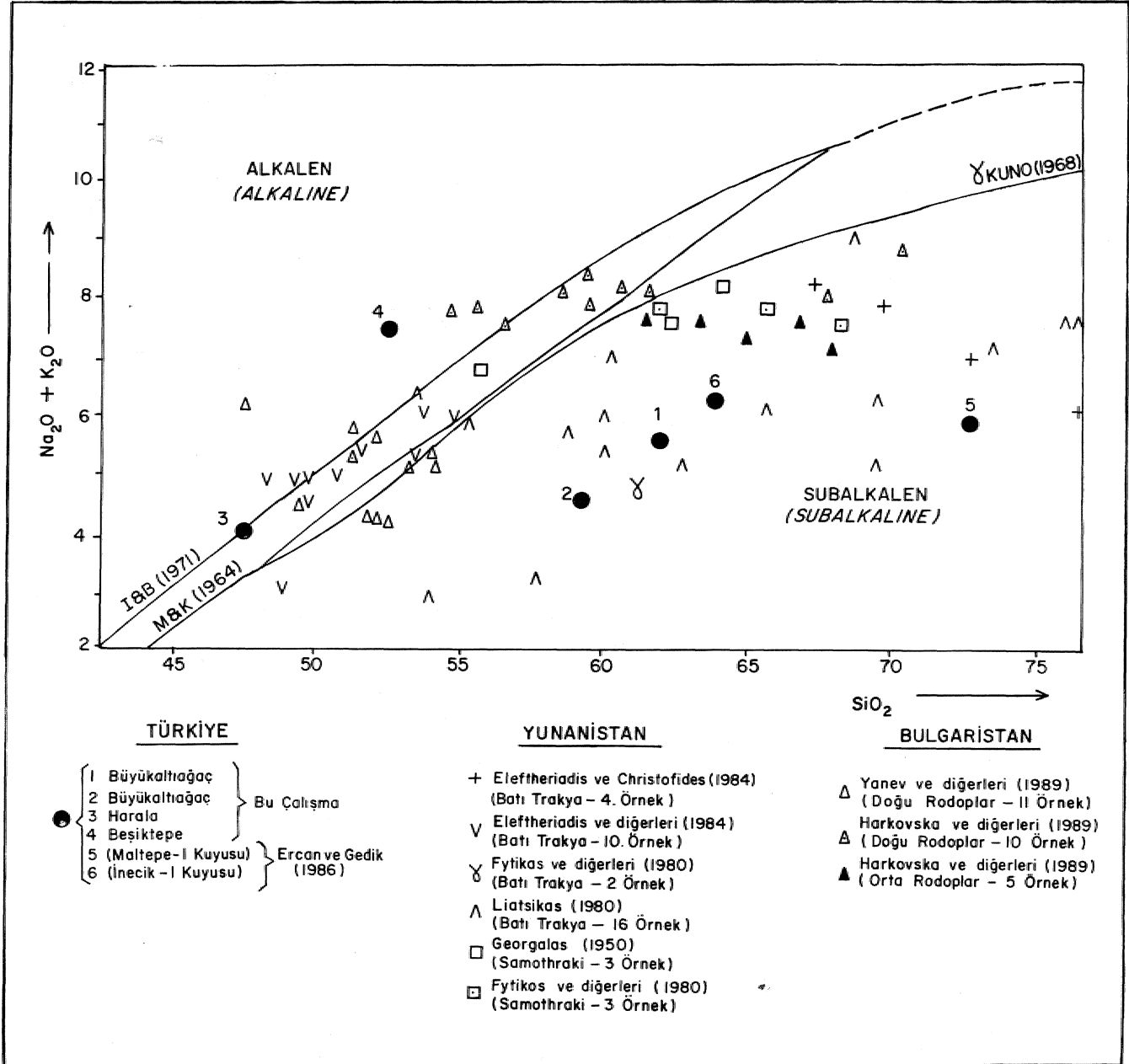
Tablo I Volkanilerin, major element kimyasal analizleri ve stronsiyum izotop oranları»

Table I Major element chemical analyses and strontium isotope ratios of the volcanics.

olduklarını belirtmişler» Keşan güneyinde Mah-lütfüoçü yakınındaki bazalt, yüzleğinden alınan bir örnekte K/Ar yöntemi ile radyometrik yaş belirle-mesi yaptırarak  $6,7 \pm 0,1$  milyon yıllık (Üst .Miyosen) bir değer elde etmişlerdir. Umur ve diğerleri (1984) ile Umur (1988) gibi araştırıcıların bazalt-ların yaşının Kuvaterner kadar çıktığını öne sürmelerine karşın» yazar bu bölgede bazaltların en son evresinin. Pliosen sonunda etkin olabileceği kuşkusunu taşımaktadır. Ancak., radyometrik yaş belirlemelerinin yapılması gerekmektedir.,

## VOLKANİK KAYAÇLARIN PETROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Trakya'da yüzleklere veren Senozoyik volkanit-lerinin petrokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla Oligosen yaşlı, andezitik lavlardan 2, Üst Miyosen yaşlı trakiandezitik lavlardan 1 ve Pliosen yaşlı bazaltik volkanitlerden 1 örnek olmak üzere 4 örnek, alınarak jeokimyasal çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca Ercan ve Gedik (1986) tarafından Trakya'da petrol şirketleri



Şekil 2 Lavların alkali-silika içeriklerine göre sınıflandırılması.

Figure 2 Classification, of the lavas according to their alkali-silica content.

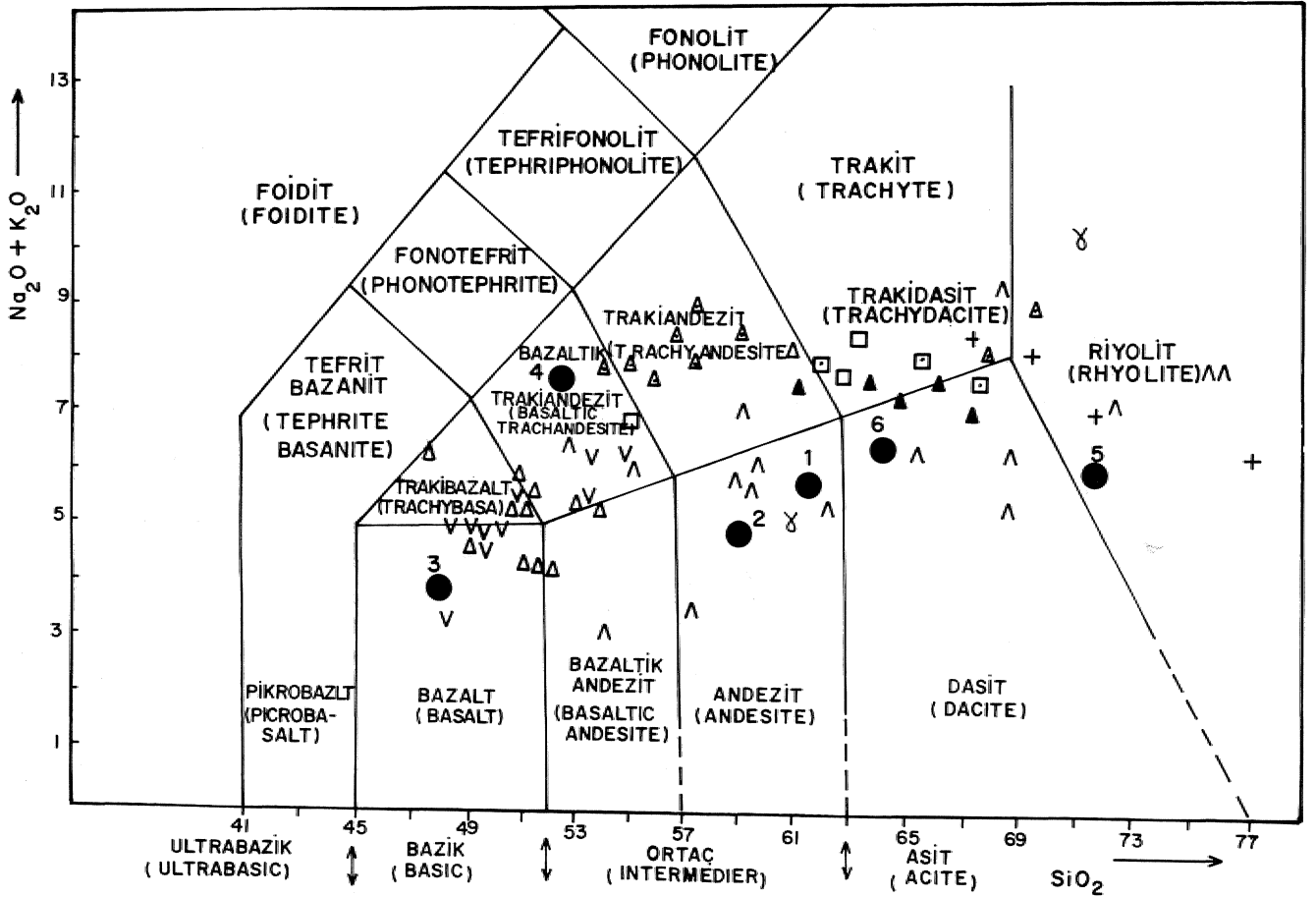
tarafından yapılan ve Maltepe-1 ve tneçik-1 adları verilen petrol sondajlarından elde edilen riyolitik ve dasitik birer karat örneğinin kimyasal analizleri de değerlendirilmiştir (Tablo 1). Türkiye'ye ait bu örneklerin yanısıra Senozoyik volkanizmasının Oligosen yaşlı çeşitli evrelerinin Bulgaristan ve Yunanistan'daki yüzleleinde çeşitli araştıncılarca yapılan kimyasal analizler de değerlendirilerek diyagramlara taşınmış ve jeokimyasal, veriler elde edilmiştir. Türkiye'ye ilişkin örneklerin major element kimyasal analizleri MTA Genel Müdürlüğü Laboratuvarlar Dairesinde; Stronsiyum izotop oranları ise İngiltere'de Cambridge Üniversitesi Kimya Laboratuvarlarında yaptırılmıştır.

Rüyükaltağaç köyü yakınlarında Oligosen yaşlı volkanitlerden alınan iki örnekte yapılan, petrografik inceleme sonucunda, bu volkanitlerin andezitik türde oldukları, hipokristalin porfirik ve intersertal yapıda olup çoğunlukla plajiyoklas mikrolitleri ve volkanik camdan oluşan bir hamur maddesi içinde yer alan biyotit, ojit, homblend ve plajiyoklas fenokristallerinden meydana geldikleri saptanmıştır. Kayaçlarda yer yer bozuma vardır.

Beşiktepe köyü yakınından, alınan. Üst Miyosen yaşlı lav, trakiandezit türde olup, camsı bir hamur içinde yer alan çoğunlukla plajiyoklas ve piroksen, yer yer de biyotit ve olivin fenokristallerinden oluşmuştur. Genellikle hemikristalin porfirik, yer yer hyalopillilik dokuda olup camsı hamur yer yer de plajiyoklas mikrolitleri içermektedir. Piroksenler bol miktarda olup, ojit ve hipersten olmak üzere iki türdedirler. Plajiyoklaslar yer yer bozmuş ve zeolit, serisit gibi ikincil mineraller oluşmuştur. Ojitler de kısmen bozularak uralitleşmiş ve kloritleşmişlerdir. Olivinler de yer yer bozularak serpantin, klorit ya da iddingsite dönüşmüşlerdir. Lavlar koyu renkli olup, arazide bazalt görünümündedirler.

Marala köyü yakınından alınan Pliosen yaşlı en genç lav ise bazaltik türde olup mikrolitik ve porfirik dokulu ve genellikle plajiyoklas mikrolitleri içeren camsı bir hamur içinde yer alan çoğunlukla olivin, ojit ve plajiyoklas fenokristallerinden oluşmuştur. Yer yer karbonatlaşma ve kloritleşme göstermektedir.

Volkanitlerin kimyasal analizleri göz önüne



Şekil 3 Volkanitlerin Le Bass ve diğerleri (1986)'ne göre adlandırılmaları.

Figure 3 Nomenclature of the volcanics according to Le Bass et al (1986).

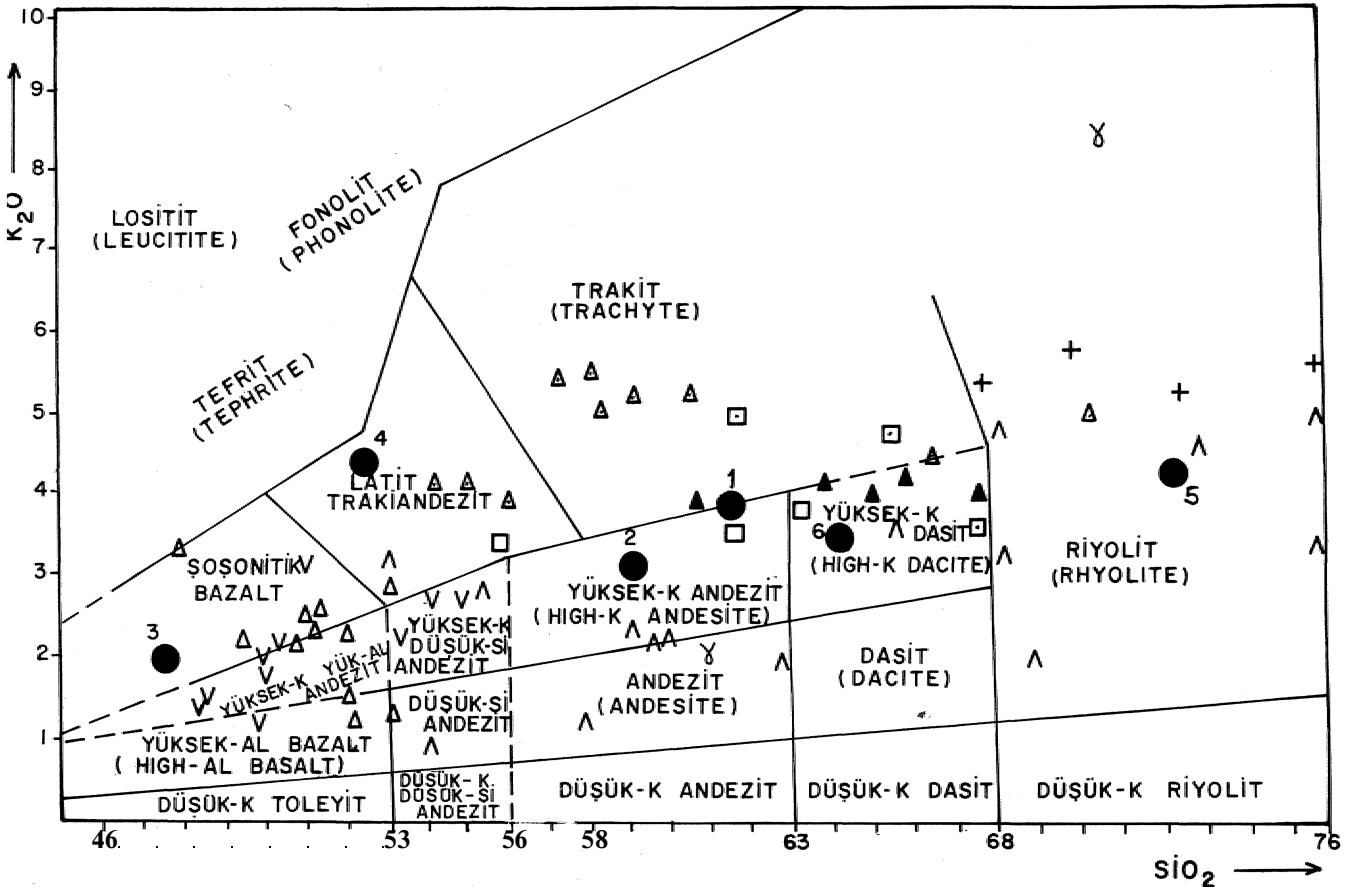
alınarak (Tablo 1) sınıflandırma ve adlandırmaları da yapılmıştır. Lavların alkali ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) ve  $\text{SiO}_2$  içeriklerine göre sınıflandırmaları yapıldığında (Şekil 2), Irvine ve Baragar (1971)-Macdonald ve Katsura (1964) ve Kuno (1960) ayırım hatları göz önüne alındığında. Oligosen yaşlı andezitik volkanitlerin subalkalen, Üst Miyosen yaşlı trakiandezitik lavın alkalen-subalkalen sınırlarında yer aldığı ortaya çıkmaktadır. Diyagrama Yunanistan ve Bulgaristandaki Oligosen yaşlı volkanizmanın çeşitli evrelerinden ve değişik bölgelerden temsilci örneklerin kimyasal analizleri de taşınmış ve bunların, çoğunlukla subalkalen. Doğu Rodoplar ve Batı Trakya'dan alınan bazı örneklerin de ender olarak alkalen-subalkalen sınırında ve hafif alkalen özellikler taşıdıktan belirlenmiştir.,

Lavların yine alkali ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) ve  $\text{SiO}_2$  içeriklerine göre Le Bass ve diğerleri (1986) ne göre adlandırılmaları yapılacak olunursa (Şekil 3), Oligosen yaşlı olanların andezit,, Üst Miyosen yaşlı olanın Bazaltik Trakiandezit, Pliyosen yaşlı olanın ise bazalt alanında yer aldıkları görülmektedir. Bulgaristan ve Yunanistan'daki Oligosen yaşlı

volkanitlerin ise genellikle kalkalkalen nitelikli ve bazalt-andezit-dasit ve riyolit alanlarında yer aldıkları ortaya çıkmaktadır.,

Volkanitlerin, PecoeriMo ve Taylor (1976), Barbeni ve diğerleri (1974) ve Di Giralomo (1984) dan modifiye edilerek hazırlanan  $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  diyagramında (Şekil 4) Oligosen yaşlı olanların Yüksek Potasyumlu andezit türde olup. Yüksek Potasyumlu Kalkalkalen nitelikte; Üst Miyosen yaşlı olanın trakiandezit(latit) türde ve Şoşonitik nitelikte; Pliyosen yaşlı olanın ise bazalt alanında ve şoşonitik-alkali nitelikte olduğu belirlenmektedir. Bulgaristan ve Yunanistandaki Oligosen yaşlı volkanitlerin de çoğunlukla Yüksek Potasyumlu kalkalkalen ve şoşonitik nitelikte oldukları, toleyitik nitelikli hiçbir örneğin bulunmadığı ortaya çıkmıştır.

Böylece Trakya'daki Senozoyik yaşlı volkanizmanın Oligosen yaşlı evrelerinin yüksek potasyumlu kalkalkalen. Üst Miyosen yaşlı olanın Şoşonitik nitelikte olduğu belirlenmiştir. Pliyosen yaşlı olan bazaltik örnek ise alkalen-kalkalkalen sınırında yer alıp, daha çok alkalen eğilim göster-



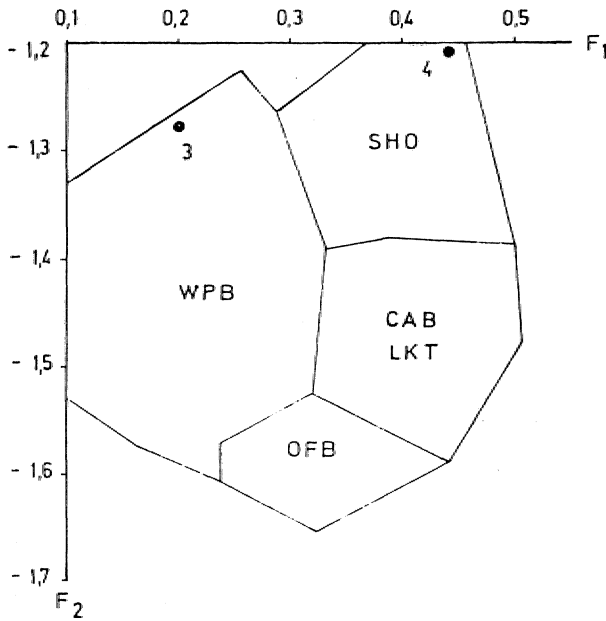
Şekil 4 Volkanitlerin  $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$  diyagramı.,,

Figure 4  $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$  diagram of the volcanics

inektedir., Esasen Üst Miyosen yaşlı bazaltik trakiandezit tüde lav ile Pliyosen yaşlı bazaltik lavın kimyasal analizleri göz önüne alınarak F1 ve F2 parametreleri, hesaplanıp Pearce (1976) diyagramına yerleştirildikleri zaman (Şekil 5), Üst Miyosen yaşlı ve şoşonitik nitelikte olanın şoşonit alanına, Pliyosen yaşlı olanın da Plaka İçi Bazaltlar alanına düşüp görülür. Şoşonitik lavlar alkali-SiO2 diyagramlarında alkijen bölgede yer aldıklarından (Morrison, 1980) Üst Miyosen yaşlı örnek, Şekil 2 deki diyagramda alkali alan içinde yer almıştır.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Trakya'daki Senozoyik volkanizması Orta-Üst Eosen'de etkin olmaya başlamış ve bu etkinlik olasılıkla Pliyosen sonlarına kadar sürmüştür., Bu geniş zaman aralığında 3 ana grup volkanizma saptanmıştır. Başlangıçta Üst Eosen-Alt Miyosen



Şekil 5 Bazik volkanitlerin Pearce. (1976) diyagramı

- WPB :: Levha içi bazaltları
- OFB :: Okyanus tabanı bazaltları
- LKT :: Düşük potasyumlu toleyitler
- CAB :: Kalkalen bazaltlar
- SHO :: Şoşonitler

Figure 5 Pearce (1976) diagram of the basic volcanics.

- WPB : Within plate basalts
- OFB : Ocean-floor basalts
- LKT • : Low potassium tholeiites
- CAB : Calc-alkali basalts
- SHO : Shoshonites

arasında kalkalkalen ve yüksek potasyumlu, kalkalkalen. (salt Bulgaristan'da yer yer de şoşonitik nitelikte) ve genel olarak andezit., dasit, riyodasit ve riyolit ffride (Keşan çevresinde Üst Oligosen'de\* trakitik türde) volkanik kayalar meydana gelmişlerdir, Bunlar genellikle kabuk kökenli olup şoşonitlerin varlığı yer yer mantonun etkilerini de gösterir. Volkanizma, bölgede Eosen, sonuna, doğru. Afrika ve Avrasya kıtalarının çarpışması sonucunda kabuk ergimesiyle ve manto malzemesinin bulaşmasıyla meydana gelmiştir. (Fytikas ve diğerleri, 1980 ve 1984; Ercan' ve Günüay, 1985; Ercan, ve Gedik, 1986). Tüm Oligosen devri boyunca en yoğun şekilde etkin olan bu volkanitlerin Yunanistan'daki yüzleklerinde innocent ve diğerleri (1984) jeokimyasal, ve petrografik incelemeler yaparak, bunların bir orojenik volkanit topluluk olduklarını ve aktif bir kıta kenarında oluştuklarını belirtmişlerdir. Araştırmacılar, bölgede Eosen öncesinde Afrika plakasının Avrasya plakasının güney kenarı altına kuzeye doğru dalmasıyla oluşan bir yitim zonunun bulunduğu, Avrasya plakasının güney kenarının bir aktif kıta kenarı özellikleri gösterdiğini ve Eosen sonuna doğru iki kıtanın çarpıştıklarını belirterek» Üst Eosen-Oligosen volkanitlerinin Okyanusal kabuk kökenli olup, bir aktif kıta kenarı üzerinde oluştuklarını öne sürmüşlerdir. Aktif kıta kenarı olan Trakya bölgesinde kıtasal kabuk kalınlığı Neojende etkin olan tansiyon fazına karşın 40 km. yi aşmaktadır (Makris, 1977; Le Pichon, ve Angelier, 1981). Bu volkanitlerin kalın bir kabuk içinde oluştukları, bazaltik üyelerin olmayıp, ortaç ve asitik üyelerin varlığıyla da ortaya çıkmaktadır. Kalın kıtasal kabuk» ağır bazaltik magmaların yukarı çıkmasını engellemiş ve bağıl olarak düşük yoğunlukta olduğundan belki de bir yoğunluk filtresi gibi davranarak bazaltik magmaların kendisinin içinde yerleşmesine sebep olmuştur.

Marchev ve Shanoy (1991) e göre, Bulgaristan ve Yunanistan'daki Üst Eosen-Oligosen yaşlı volkanik kuşak iki zona ayrılanabilir ve bu iki zonun kıtasal kabuk kalınlıkları farklıdır: 1) Doğu Rodop volkanik zonunda kıtasal kabuk 28-35 km. kalınlıkta olup volkanik kayalar ortaç-asitik bileşimdedir ve çok az bazik lav bulunmaktadır. 2) Orta Rodop Volkanik zonunda kıtasal kabuk daha kalın olup 35-52 km. arasındadır. Volkanik kayalar çoğunlukla asitik lav ve ignimbriderle ortaç, tekçe daykardan oluşur. Her iki zon da yüksek potasyumlu kalkalkalen ve şoşonitik nitelikli volkanitleri içerir. Bölgedeki bu volkanizma Çarpışma Zonu volkanitleri (Collision Volcanism)

olarak adlandırılırlar« Ortaç ve asilik nitelikli volkaniüerin dağılımları yöresel kabuk kalınlığı ile kontrol edilmektedir.» Doğu ve Orta Rodoplarda lavların potasyum içerikleri, güneyden kuzeye doğru artmaktadır (Dabovski ve diğerleri 1991; Yanev ve diğerleri, 1989; Haikovska ve diğerleri, 1989). Oligosen volkanizmasına Bulgaristan ve Yunanistanda eş yaşlı ve genelde granitik bir magmatizma da eşlik etmiştir. Volkanitlerle eşyaşlı olan pitonlarda yapılan radyometrik yaş tayinleri de bu görüşü kanıtlamaktadır (Soldatos ve Christofides,» 1986; Del MOID ve diğerleri, 1988).

Trakya'da Senozoyik volkanizması, Avrasya ve Afrika plakalarının bağıl hareketleri ile ilişkili olup bunlar çarpışma ile ilişkili orojenik volkaniüer grubundandır. Üst Eosen-Üst Oligosen yaşlı olan yaygın alanlarda görülen jolkanitler, çarpışma (Collision) volkanizması; Üst Miyosen-Üst Pli-yosen yaşlı olan ve ender alanlarda küçük yüziekler şeklinde görülen volkanifler ise Çarpışma Sonrası (Post-Collision) volkanizması olarak nitelendirilmelidirler. Afrika plakasının, Avrasya plakası altına kuzeye doğru gelişen yitim olayı, her iki plaka arasındaki çarpışmadan sonra • durmuş olmalıdır. Ancak bazı araştırmacılar (Dewey ve Buike, 1973; Aubouin, 1973; Mattauer, 1983) çarpışma işlemi boyunca, dalan plakanın alt kabuğunun (bazaltik tabaka) ayrılarak koptuğunu, yitim zonu boyunca hareketin devam ettiğini ve bu sırada plakanın üst tabakasında (granitik tabaka) çarpışma yönünde büyük naplamn oluştuğunu öne sürmektedirler. Bu tür alanlarda geniş yer kaplı yan metamorfik kuşaklar yer almaktadır. Sonuçta, kabuk ta kalınlaşmakta ve 40-45 km. kalınlığa erişmektedir (Yosifov ve diğerleri, 1980),. Ege Bölgesinde bu yitim» çarpışma ve volkanizma ilişkisini betimleyen ve Yanev ve diğerleri (1989) dan alınan Şekil 6 da bu durum ayrıntılı olarak gösterilmektedir,...

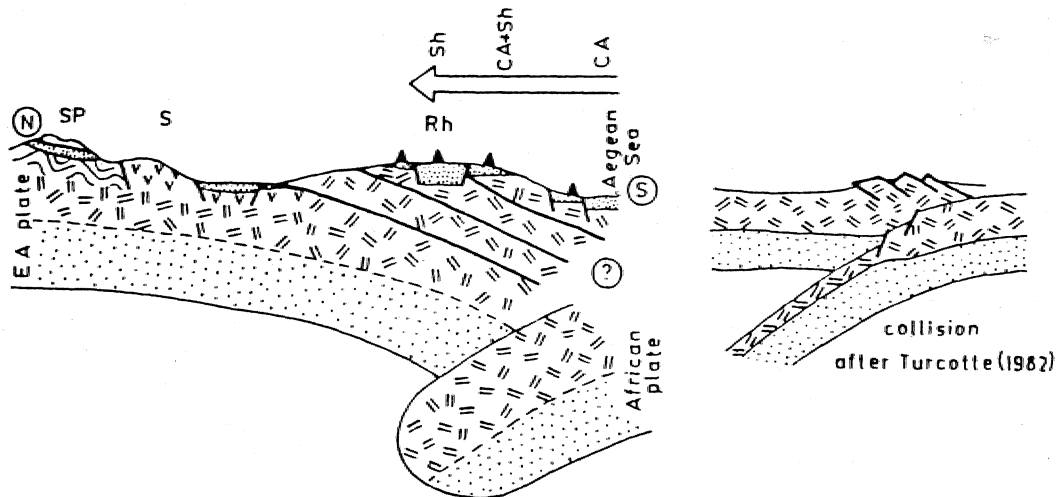
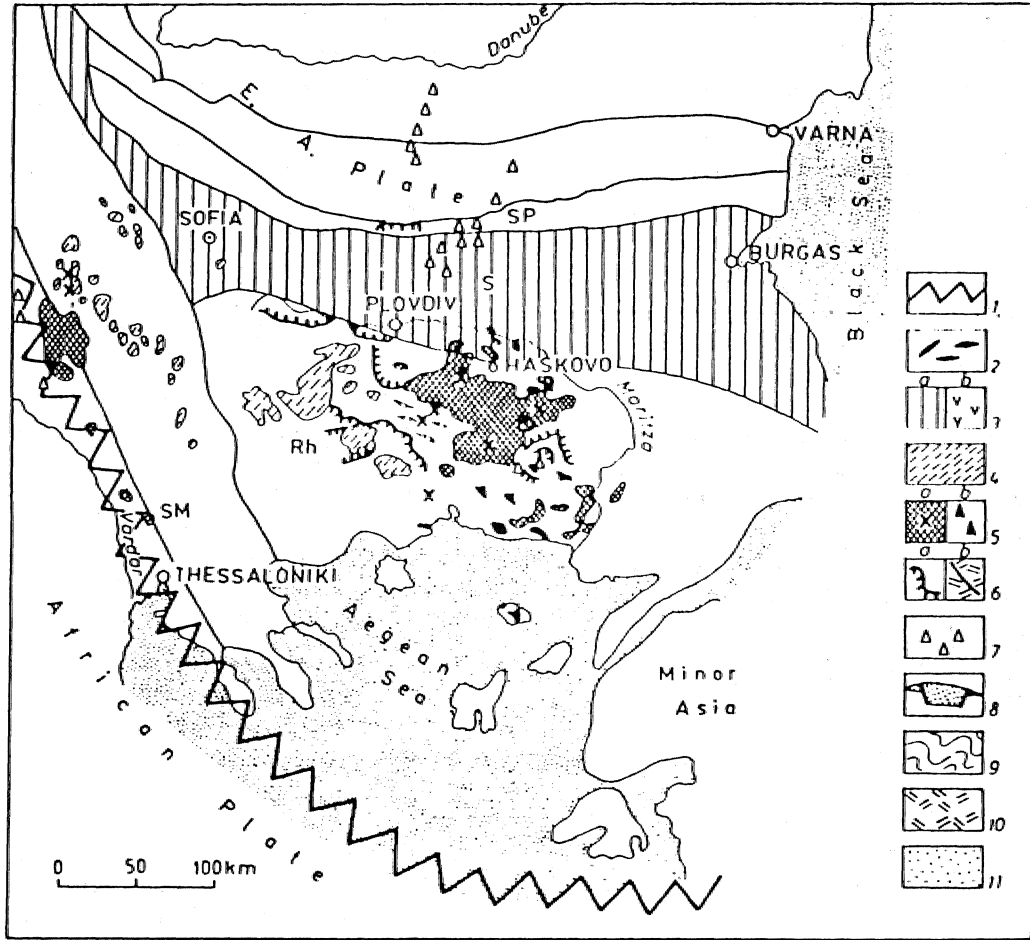
Esasen, bölgedeki volkanik kayalarda ölçülen stronsiyum izotop oranları (87 Sr/86 Sr) de bu görüşleri desteklemektedir. İnceleme alanında Büyükaltağ köyü yakınında iki örnekte saptanan stronsiyum, izotop oran sonuçları 0,705814 ve 0,705853 tür, Ayrıca aynı grup volkanitlerde (Oligosen yaşlı) Yunanistan'da Innocent! ve diğerleri (1984) tarafından 0,7064-0,7075-0,7077-0,7081-0,7084 değerleri, elde edilmiş olup, tüm bu • sonuçlar bu gruptaki volkaniflerin öncelikle kabuk, kısmen manto kökenli olduklarının, kanıtıdır. Ancak,, okyanusal kabuğun astenosfer içinde ergiyerek ve tükenerek meydana getirmiş olduğu magmaya» kalın kıtasal kabuk ta olasılıkla derinlerde kısmi ergimeye uğrayarak, karışmıştır ve bu

magma volkanik kayaların meydana getirmiştir. Ayrıca, güneydoğu Bulgaristan'da, Yunanistan sınırına yakın olan yerlerde En Üst Oligosen yaşlı ve şoşonitik nitelikte volkaniüer de saptanmıştır. Marchev ve diğerleri (1985), bu volkanik kayalarda petrokimyasal çalışmalar yaparak volkaniüerin % 54,5 - 76,5 oranında SiO<sub>2</sub> kapsamlı ve şoşonit, latit, trakit, kuvarsla ti t, kuvarstrakit ve riyolit türde lavlar olduklarını .saptamışlar ve oluşumları için. manto ve kabuk karışımının gerekliliğini savunmuşlardır. Bu durumda» geniş anlamda, tüm Trakya'daki Üst Eosen-Üst Oligosen yaşlı (çoğun Oligosen) völkaniitlerin. genellikle kabuksal, kısmen-m an to kökenli, yer yer ise (güney Bulgaristan'da olduğu, gibi) kabuk ve manto karışımı kökenli olduktan ortaya çıkmaktadır. Marchev ve diğerleri. (1985) lavlarda yaptıkları stronsiyum izotop oranı ölçüm çalışmalarının (87 Sr/86 Sr) şoşonitik ve laliük lavlarda 0,7076 dan başlayıp, riyolitlerde 0,7099'a değin arttığını, belirtmekte ve bu sonuçlarla birlikte oksijen izotop ölçümü sonuçlarının da bu volkanitleri oluşturan magmanın, melez bir magma olup, manto ile kabuksal materyal karışımı sonucunda, oluştuğunu öne sürmektedirler. Güneydoğu Bulgaristandakilerin yanısıra, Trakya yanmada-sının güneyinde Ayvalık çevresinde de şoşonitik nitelikte, lat.it türde ve Oligosen yaşlı völkaniitlerin varlığı da saptanmış (Ercan ve diğerleri, 1985 ve 1986) ve lavlarda yapılan radyometrik yaş belirlemesi ile 31,4 ± 0,4 milyon yıllık.(Üst Oligosen) bir sonuç elde edilmiştir.

Üst Oligosen'den itibaren özellikle Üst Miyosen boyunca Trakya'da .etkin olan volkanizma ise genellikle küçük yüziekler şeklinde ve şoşonitik niteliktedir. Bölgede» Üst Eosen-Al t Miyosen arasında oluşan kalkalkalen volkanizma, Üst. Miyosen'den itibaren yüzlek vermemiştir. İnceleme alanında Beşiktepe'deki volkanitlerden alman trakiandezitik türdeki şoşonitik örnekle yapılan stronsiyum, izotop oranı ölçümü ile 0,708839 değeri elde edilmiştir., Batı Anad.qlu ve Yunanistan'da Üst Miyosen ve Pliyosen yaşlı şoşonitik nitelikte völkaniitlerin varlığı son yıllarda yapılan. çalışmalarla belirginleşmiştir. Örneğin,, Yunanistan'da Makedonya'da Selanik yakınlarında. Kolios ve diğerleri (1980) şoşonitik nitelikte ve trakian.dezit, latit ve trakit türde lavlar saptamışlar ve yaptıkları radyorifetrik yaş belirlemeleri ile 1,8 milyon yıl-5 milyon yıl arasında değerler elde ederek bunların Pliyosen yaşlı olduklarını ortaya çıkartmışlardır. Pe-piper (1980) Midilli adasında Üst Miyosen yaşlı yüksek potasyumlu kalkalkalen lavlarla birlikte yer yer de şoşonitik nitelikte

lavların bulunduğunu belirterek, oluşumlarını manto dýyapilerine ve derindeki magma odalarındaki fraksiyonel kristalizasyona bağlamıştır., Fytikas ve diğeri. (1980 ve 1984), bu bölgedeki şoşoniük volkanitlerin, kimi yerlerde kalkalkalen nitelikM volkanitlerle yersel ve zamansal geçişli olmalarına karşın, esas olarak Afrika ve Avrasya kıtaları arasındaki kıtasal, çarpışmayı izleyen ve

giderek zayıflayan kalkalkalen volkanizma.n.in. son aşamalarında meydana geldiklerini belirtmektedirler. Kuzey Ege ve Trakya'daki Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı şoşonitik volkanitler Üst Eosen-Üst Oligosen yaşlı kalkalkalen ve yüksek potasyumlu kalkalkalen volkanitler gibi kabuk kökenli volkanitlerden olmayıp; bunların kaynağı olasılıkla daha önceki yitim olayı sonucunda manto içinde dala-



kabuktan su alan. ve hafif nadir topf\* elementle-  
rince de zenginleşen granadı pendotitik mantodur  
(Kolios ve diğerleri, 1980). Manto içine dalan  
kabuksal malzemeyi hazmeden melez mantosal  
magma, 'bölgedeki Miyosenden itibaren etkin olan.  
tansiyon rejiminin oluşturduğu açılma çatlakları  
vasıtasıyla yeryüzeyine ulaşmakta ve şoşonitik  
nitelikli küçük volkanik yizlekler oluşturmaktadır.  
İnceleme alanı ve çevresi, yersel tansiyon kuvvet-  
lerin etkin olduğu» ancak esas itibariyle Afrika ve  
Avrupa plakalarının sıkışma, özellikleri göster-  
dikleri ilginç bir alandır. Bölgedeki tansiyonal  
kuvvetlerin, etkinliği ise. Doğu Anadolu'da Arap  
plakası ile Anadolu plakasının çarpışmaları sonu-  
cu, Anadolu'nun/ Kuzey Anadolu fayı. ve Doğu  
Anadolu fayı gibi iki adet doğrultu atımlı fay  
boyunca batıya doğru kayması vasıtasıyla (Dewey  
ve Şengör, 1979; Şengör, 1980) ortaya çıkmak-  
tadır.

- Şekil 6 Balkan yarımadasının Doğu kesiminde  
Paleojen yaşlı çarpışma zonu ve ilişkili  
volkanitleri gösteren şematik harita ve  
enine kesit (Yanev ve diğerleri,  
1989'dan).
- 1 - Tetis Paleookyanusunun kalıntıları
  - 2 - Jura-Kretase çökelleri ve hazık volka-  
nitleri
  - 3 - Üst Kreta.se yaşlı ada yayı magmaüz-  
ması ve Srednogorie Zonu: a) Harita b)  
Kesit.
- Paleojen Yaşlı Çarpışma Zonu ..  
Volkanitleri:
- 4 - Asit Volkanüer
  - 5 - Ortaç ve Asit volkanüen a) Harita  
(Hipabasal intruzyonlar çarpı işaretiyle  
gösterilmişlerdir) b) kesit
  - 6 - Metamorfik Temeldeki naplar: a)  
Harita b) Kesit
  - 7 - Neojen yaşlı çarpışma sonrası Plaka  
içi alkali Bazaltlar ve Ultrabazik volka-  
niüer
  - 8 - Paleojen yaşlı. Graben. Havzaları
  - 9 - Kıvamlanmış Stara Planina zonu
  - 10 - Üst kabuk
  - 11 - Alt kabuk
- SM : Serbo-Makedoniyen Masifi  
Rh : Rodop Masifi  
S : Srednogorie  
SP : Stara Planina  
EA : Avrasya Plakası

İnceleme alanında Pliyosende etkin olkn ve  
küçük, yüzlekler şeklinde izlenen bazaltik volkaniz-  
ma ise. manto kökenli ve alkali niteliktedir. Harala  
köyü yakınlarından alınan bazaltik bir örnekte  
ölçülen 87 Sr/86 Sr oranının 0,703593 olması da  
manto kökeni ve alkali niteliği kanıtlar. Üst  
Miyosende etkin olan ve şoşonitük volkanitleri  
oluşturan kabuk ve manto karışımı melez magma,  
zamanla giderek tükenmiş ve Pliyosen'de manto  
kökenli alkali bazaltlar meydana gelmeye baş-  
lamışlardır. Bazaltik volkanitleri oluşturan magma  
da, şoşonitik volkanitleri oluşturan magma gibi  
tansiyon kuvvetleri ile meydana gelen çatlak  
zonlarından yeryüzeyine ulaşmıştır. Böylece, Batı  
Anadolu'da geniş bir alan kaplayan Senozoyik  
volkanizmasının evrimi ile (Ercan, ve diğerleri,  
1985) Trakya'daki Senozoyik volkanizmasının  
evriminin benzer özellikler taşıdıkları ortaya çık-  
maktadır. Ancak, Trakya'da en son evrede oluşan  
Pliyosen yaşlı, bazaltik volkanüerin, Batı

NÖT: Kesitteki ok işareti,» şoşonitik. Paleojen  
volkanüeinin artış miktarının yönünü  
göstermektedir (CA: Kalkalkalen, Sh:  
Şoşonitik).

Figure 6 Schematic map and a cross section of the  
zone of Paleogene collision and the asso-  
ciated volcanics in the eastern part of the  
Balkan Peninsula. 1. = Remains of the  
Tethys paleocean 2 = J-Cr sediments  
and basic volcanics; 3 = The Srednogorie  
zone Upper Cretaceous island-arc  
magmatism, a = on the map, b = in the  
section; Paleogene collision magmatism:  
4 = acid volcanics» 5 = intermediate and  
acid volcanics: a = on the map (hypabyssal  
intrusions marked with crosses), b =  
in the section; 6 = nappes in the meta-  
morphie basement a = on the map, b = in  
the section; 7 = Neogene post-collision  
witfain-plate 'transitional and alkaline  
basalts and ultrabasic volcanics. 8 =  
Paleogene graben basins; 9 = 'the folded  
Stara Planina zone; 10 = "upper" crust;  
11 = "lower" crust. Tectonic units: SM =  
Seibian-Macedonian massif; Rh =  
Rhodopian massif; S = Srednogorie; SP  
= Stara Planina; EA = Eurasian plate,.

Note: The arrow in the section shows the increa-  
sing volume, of the shoshonitic Paleogene  
volcanics (CA = cale-alkaline\* Sh = shosho-  
nitic).



...Anadolu'daki genç bazaltik volkanitler (Örneğin Kula bazaltları; Ercan, 1982) kadar aşırı alkali olmamaları ve petrografik açıdan gösterdikleri farklılıklar,, Trakya volkaniklerinden daha ayrıntılı çalışmalar yapılmasının gereğini göstermektedir.,

Sonuç olarak, Trakya'da Senozoyik volkanizması Orta Eosen'den sonra oluşmaya başlamış Çarpışma türü bir volkanizmadır. Başlangıçta kabuk ağırlıklı (manto ve kabuk karışımı) ortaçalkalkalen volkanik ürünler meydana gelmiş, (Üst Eosen-Oligosen), daha sonra kabuk etkisi artmış ve Üst Miyosen yaşlı. Stronsiyum izotop oranları, daha yüksek olan trakiandezit türde şononitik nitelikte lavlar, en sonra da kabuksal kirlenmeye en az uğramış olan Pliyosen yaşlı alkali nitelikli bazaltik volkanizma yüzlekler vererek volkanik evrim tamamlanmıştır.

#### KATKI' BELİRTME

Yazar, çalışmalarını sırasında yardımı olan ve araziden volkanik kayalar örneklerini sağlayan MTA Jeoloji Dairesinden Müslim Ateş'e; volkanik kayaların Stronsiyum izotop ölçümlerini yapan ODTİT'den Dr. Nilgün Gülç'e ve majör element kimyasal analizlerini sonuçlandıran MTA Maden Analizleri ve Teknoloji Dairesinden. Ercan Alpaslan, Tülin Kavlakoğulları ve Tanıl Akyüz'e teşekkür eder.

#### DEĞİNİLEN BELGELER.

- Auboin, S., 1973. Des tectoniques superposées et de leur signification par rapport aux modèles géophysiques; Y exemple des Dinarides: Bull Soc. Geol. France, 15,426-460.
- Barberi, R., Innocenti, F., Ferrara, G» Keller, J. ve Villan, L.» 1974, Evolution of the Aeolian arc volcanism (Southern Tyrrhenian Sea): Earth...Planet. Seien.. Lett, 21, 269-276.
- Bonce v; E., 1973» The post-Lutetian turning point in the evolution of the Balkanide mobile area: Geologica Balcanica, 8/3» 25-36,
- Bozkov, P.,,, Petrov» P.» Stoeva» V., Boikov, D., ve Lilov, D., 1935, New data on the volcanism in Glogovica graben. (Kraiste): Rew., Bulgar, GeoLSoc, 46/1, 84-91.
- Chatzidimitriadis» E., 1973» Geologish lagerstat tenkundlich Studie die perlitvolken von den gebieten Dhadia, Westthraziens und Kaloni der insel Lesbos: Bull. Soc. Geol. Greece, 10/2,28-47,

- Dabov&ki, C, Harkovska, A., Kamenov, B., Mavrudchiev, B., Stanisheva-Vassileva, G., ve Yanev, Y., 1991, A Geodynamic model of the Alpine magmatism in Bulgaria: Geol. Balcaii., 21/4,3-15.
- Del Moio, A., Innocenti, F., Kyriakopoulos, C, Manetti, P., ve Papadopoulos, P., 1/988, Tertiary granitoids from Thrace (Northern Greece); Sr isotopic and petrochemical data: Neu... Jahr. Miner. Abb., 159/2, 113-135,,
- Dewey, J.F. ve Burke, K.C., 1973,, 'Tibetan, Variscan and Precambrian basement reactivation; products of continental collision:' Jour. Geol., 81 ;683-692.,
- Dewey, X.F., ve Şengör, A.M.C, 1979» Aegean and surrounding regions: Complex., multi-plate and continuum. • tectonics in a convergent zone: Geol. Soc, Amer. Bull., 90, 84-92,
- Di Giralomo, P., 1984, Magmatic character and geotectonic setting of some Tertiary-Quaternary Italian volcanic rocks; Orogenic, anorogenic and transitional association-A review: Bull. Volcan., 47/3,421-432,,
- Eleftheriadis, G. ve Lippold, Hi..., 1984, Altersbestimmungen Zum Oligozanen Vulkanismus der Sud-Rhodopen Nord-Griechenland: N. Jb. Geol., Paleont. Mh., 1984/3,197-191.
- Eleftheriadis, G., Christofides, G, ve Kassoli-Foumaki, A., 1984, Geochemistry of the High-K Calc-alkaline Basaltic sills and dykes in the South Rhodope Massif (N. Greece): Bull. Volcan, 47/3., 569-579.
- Eleftheriadis,, G. ve Christofides, G., 1980., Rhyolitic dykes south of Kymi village (Thrace, N, Greece): Geologica Balcanica, 10/2,71-78.,
- .Ercan, T., 1979» Batı Anadolu, Trakya ve Ege adalarındaki Senozoyik volkanizması: Jeoloji Mühendisliği Derg., 9,23-46.
- Ercan» T., 1982» Kula yöresinin Jeolojisi ve volkanitlerin petrolojisi: İstanbul Yerbilimleri Derg.,, 3» 77-124,,
- Ercan, T., Satır, M., Kreuzer, H., Türkecan, A.» Güney E., Çevikbaş, A.» Ateş, M. ve Can, B., 1985, Batı Anadolu Senozoyik volkanitlerine ait yeni kimyasal izotopik ve radyometrik verilerin yorumu: Türkiye Jeol. Kur. Bült. 28/2,121-136.

- Ercan, T. ve Günay, E., 1985, Kuzeybatı Anadolu, Trakya ve Ege adalarındaki Oligomiyosen yaşlı volkanizmanın gözden geçirilişi: Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 5» 119-139.
- Ercan, T. ve Gedik, A., 1986, Karadeniz ve Trakya'da yapılan derin sondajlardan alınan karoflardaki volkanik kayaçların petrolojisi ve volkanizmanın bölgesel yayılımı: Jeomorfoloji Derg., 14, 39-48.
- Ercan, T., Satır, M., Türkecan, A., Akyürek, B., Çevikbaş, A., Günay E., Ateş, M. ve Can, B., 1986, Ayvalık çevresinin jeolojisi ve volkanik kayaçların petrolojisi: Jeoloji Mühendisliği Derg., 27, 19-30,
- Fytikas, M., Giuliani, O., Innocenti, F., Manetti, P., Mazzuoli, R., Peccerillo, A. ve Villan., L., 1980, Neogene volcanism of the northern and central Aegean region: Ann. Geol. Pays Hellen» 30, 106-129.
- Fytikas, M., Innocenti, F., Manetti, P., Mazzuoli, R., Peccerillo, A. ve Villan, L., 1984, Tertiary to Quaternary evolution of volcanism in the Aegean region: The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean., JJB. Dixon ve A.H.F. Robertson, Ed., Geological Society Special Pb., 17., 687-699.
- Georgalas, G., 1950, Beitrage zur kenntnis eignier jungtertiärer erdoptivgesteine der insel Imbros: Bull. Volcan., 10, 78-89.
- Harkovska, A., 1983, Spatial and temporal relations between volcanic activity and sedimentation in the stratified Paleogene from the central, parts of Mesta graben (SW Bulgaria): Geologica Balcanica, 2. 3-20.
- Harkovska, A., Yanev, Y. ve Marchev, P., 1989» General Features of the Paleogene orogenic magmatism in Bulgaria: Geol. Balcan; 19/1, 37-72.
- Irvine, T.N. ve Baragar, W.R.A., 1971, A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks: Can. Jour. Earth Sci., 8, 523-548.
- Innocenti, F., Koltos, N., Manetti, P., Mazzuoli, R., Rita, F., ve Villari, L., 1984., Evolution and geodynamic significance of the Tertiary orogenic volcanism in-northeastern Greece: Bull. Volcan., 47/1, 25-37?.
- Kopp, K.O., 1964, Geologie Thrakiens V: Eigblgeologische bedingungen mit bemerkungen zum Studium prachische géologie; Erdöl und kolfleeidgas-petrochemie; 17, JAHRG, 9.
- Kopp, K.O., Pävoni, N, ve Schindler» G, 1969, Das Ergene-Becken: Beih, Geol. Jb., 76, 136 s.
- Kuno, H., 1960, High-alumina basalt: Journal of Petrology, I, 121-145.
- Kolios, N., Innocenti, F., Manetti, P., Peccerillo, A., ve Giuliani, O., 1980, The Pliocene volcanism of the Voras Mts. (Central Macedonia, Greece): Bull. Volcan., 43/3, 553-568...
- Le Bass, M.J., Le Maître, R.W., Streckeisen» A., ve Zanettin, B., 1986, A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram: Journal of petrology., 27/ 3, 745-750.
- Le Pichon, X. ve Angelier., J, 1981, The Aegean Sea: Phil. Trans. Roy. Soc. London» A 300, 357-372.,
- Lebküchner, R.R., 1974, Orta Trakya Oligoseninin jeolojisi hakkında: MTA. Derg., 83, 1-29.
- Lilov, P., Yanev, Y. ve Marchev, P., 1987, K/Ar dating of the Eastern Rhodope Paleogene magmatism.; Geol. Balcan., 17, 49-58.
- Liatsikas, N., 1983, Beitrage zur kenntnis der Jungtertiären erdoptivgesteine in ter Umgebung von Fere (West Thrazien): Prakt. Ac. Athen, 13, 45-74.
- Macdonald, G.A. ve Katsura, J., 1964, Chemical composition of Hawaiian lavas: Journal of Petrology, 5, 82-133.
- Makris, J., 1977, Geophysical investigations of the Helleides: Hamb. Geophys. Einzelchr., 34, 1-124.
- Marchev, P., Andreev, A., Lilov, P., Popov, M., ve Daieva, L., 1985, Petrology and geochemistry of Borovitsa shosbonitic series, Eastern Rhodope Mountains, Bulgaria, : IAVCEI 1985 Scientific Assembly Potassic Volcanism Mount Etna Volcano Abstracts Book.
- Marchev, P. ve Shanov, S., 1991, Potassium and silica variations. in the Paleogenio-Macedonian-Rhodopean-North Aegean Volcanic Belt; Geodynamic and petrogenetic implications: Geol. Balcan., 21/2, 3-11.

- Mattauer, M., 1983, Subduction de lithosphère continentale décollement croutemonteau et chevauchement d'evhelle crustale dans la chaîne de collision. Hymalayenne: C.R. Acad, Sei, Paris, 296,11,481-486.
- Morrison, G., 1980, Characteristics and tectonic setting on the shoshonite rock association: Lithos, 13,97-108.
- Önal, M., 1986, Gelibolu yarımadasındaki iki ana kayanın organik jeokimyası ve kil mineralleri ile incelenmesi: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 29/1,97-104.
- Önal, M. ve Yılmaz, H., 1983, Gelibolu yarımadasında iki farklı yaşta iliş fasyesindeki kil mineralleri ve gömülme derinliğine ait bazı ipuçları: Jeoloji Mühendisliği Derg., 18,23-30,
- Palshin, L.G., Simov» S.D., Arakelyants, M.M. ve Chernyshev, I.V., 1974, Absolute age of Alpine activations in Rhodope median massif: InL Geol. Rev.,17,1101-1108.
- Pe-Piper, G., 1980, Geochemistry of Miocene shoshonites Lesbos, Geece: Contrib. Mineral. Petrol, 72, 387-396..
- Pearce, J.A., 1976, Statistical analyses of major element pattern in basalts: Journal of Petrology, 17/1,15-43.
- Peccerillo, A. ve Taylor, S.R., 1976, Geochemistry of Eocene calcalkaline volcanic rocks from Kastamonu area, Northern Turkey: Contrib. Mineral Petrol., 58, 63-81.
- Petnov, P., 1979, Soma features in the distribution of magmatic. hydrothermal and seismic activity in the area between Balkanides and the Aegean, arc: Geologica Balcanica 7/2, 99-116.
- Saner, S., 1985, Saros körfezi dolayının çökelme istifleri ve tektonik yerleşimi: Kuzeydoğu Ege denizi, 'Türkiye: Türkiye Jeol. Kur., Bült, 28/1, M0.
- Soldâtes, T. ve Christofides, G., 1986, Rb-Sr Geochronology and origin of the Elatio Fluten, central Rhodope» North Greece: Geol. Balcanica, J 6/1,15-23.
- Sümengcn, M. ve diğerleri, 1987» Gelibolu yarımadası ve güneybatı Trakya Tersiyer havzasının, stratigrafisi, sedimentolojisi ve tektoniği: MTA Rapor No: 3128» (yayınlanmamış),
- Şengör, A.M.C., 1980, Türkiye'inn neotektoniğinin esasları: Türkiye Jeol. Kur. Yayını. 40 s» Ankara.
- Temek,, Z., 1949» Geological study of the region Keşan-Korudağ: Doktora Tezi, İstanbul Üniv. Fen Fak., İstanbul, 78 s. •
- Temek, Z., 1985» 1/500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası İstanbul patası izahname: MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Umut, M., İmik, M., Kurt» Z., Özcan, t» Ateş,, M., Karabıkoğlu, M. ve Saraç,, G» 1984, Edime ili-Kurklarlı ili-Lüleburgaz (Kırklareli ili)-Uzunköprü (Edirne ili) civarının jeolojisi: MTA Rapor no: 7604 (yayınlanmamış).
- Umut, M., 1988, Kırdaıeli-C 4 paftası izahnamesi: MTA Genel Müdürlüğü'1/100 000 ölçekli Açın-sama, nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Ankara,
- Yanev, Y.» Kradzova, B. ve Andreev, A., 1983» Distribution of alkalies and genesis of the acid affusives in part of the East Rhodope Paleogene depressions: Geologica Bakamca, 3» 15-44.
- Yanev, Y., Mavroudchiev, B., ve Nedyalkov, R., 1989, Paleogene Collision-related basalts and basaltic andésites in the Eastern, Rhodopes, Bulgaria: Jour. Volcan, Geoth. Res., 37, 187-202...
- Yosifov, D., Tsvetkov, A., Grigorova, E., Staviev, P. ve Nedev, V., 1980, Main features in the structure of the Earth's crust iff the Rhodope Massif: Geotec. Tectonophys. Geodyn. Sofia, 12» 27-45.
- Vgenepoulos, A., 1977, Der Chemismus einiger sauren vulkanites aus dem Evrosgebist West-thrakiens, Greechenland: 6. Colloquium on the geology of the Aegean region; 3, 945-954.

## İSTANBUL-TAŞDELEN ve KARAKULAK: KAYNAK SULARININ HİDROJEOLOJİSİ ve KAPTAJ SORUNLARINA ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

*Hydrogeology of Taşdelen and Karakulak springs in İstanbul and solution proposals for the problems in the Water Catchments*

Erdoğan YÜZER İTÜ Maden. Fak. Jeoloji Müh. Böl, İSTANBUL  
Turgut ÖZTAŞ İTÜ Maden Fak. Jeoloji Müh, Böl., İSTANBUL  
Oltan MUTLU İTÜ Maden Fak. Jeoloji Müh., Böl, İSTANBUL

**ÖZ:** İstanbul-Taşdelen ve Karakulak kaynak, sularında bulanıklılık ve debide yetersizlik şeklinde zaman zaman ortaya çıkan sorunların nedenlerini belirlemek amacıyla, kaynak sulannın kaptaj tesisleri ve kaynak bölgelerinin hidrojeolojisi incelenmiştir. İnceleme sonunda; kaynak sularındaki sorunların, gerekli araştırmalar yapılmadan inşaa edilen kaptaj tesislerindeki ve koruma alanlarındaki **yapım** hatalarından doğduğu belirlenmiştir. Kaptaj galerilerinin yüzeye çok yakın sifirilmiş olması ve koruma alanlarındaki çevresel düzenleme eksikliği,, bulanıklılık ve debi azlığı soranlarının esas nedenleridir. Varolan yapılarda fazla değişikliğe gitmeden bu sorunları ortadan, kaldıracak veya en azından azaltacak bazı çözümler her kaynak suyu için ayrı ayrı önerilmiştir.

**ABSTRACT:** The turbidity and less flow rate of Taşdelen and Karakulak springs in İstanbul are the most important problems occurring time by time. To establish the reasons of these problems» hydrogeology of the vicinity and the water catchments of these springs have in vestigated. As the result of this investigation» too small distance between topographical surface and underground discharge points and also, the insufficient environmental arrangements at the water catchment areas are established to be main reasons of the problem, The most available and practicable solutions, taking into account the main reasons of problem., have been proposed in this paper.

### GİRİŞ

İşletilmekte olan kaynak (membra) sulannın uygulamada karşılaşılan temel sorununu» kaptaj tesisine ve kaptaj arazisinin doğal özelliklerine bağlı olarak ortaya çıkan teknik ve yerel yetereizlikleie bunların istetme üzerindeki olumsuz etkileri oluştu mu aktadır. İşletme ekonomisini ve dolayısıyla rantabiliteyi etkileyen, bu soranlar daha işin başlangıcında gerçekleştirilmesi zoranlı olan ayrıntılı hidrojeolojik araştırmalarla ortaya çıkarılabilecek ve gerek yapılaşma öncesinde gerekse yapılaşma sırasında alınacak önlemlerle giderilebilecek düzeydedir. Buradaki temel sorun» başlangıçta yapılması gereken araştırmalara yeterli önem. verilmemesi ve işletmeye geçildikten sonra

çıkan aksaklıkların giderilmesine çalışma alışkanlığının ısrarla sürdürülmesinden kaynaklanmaktadır. Böylece» işletmelerin her türünde olduğu gibi kaynak suyu işletmeciliğinde de sonradan yapılması zoranlı olan bu müdahaleler ve dolayısıyla işletmede oluşan kesiklikler nedeniyle rentabilite olumsuz yönde etkilenmektedir.

Kaptaj soranlarına ve bunların çözümüne yönelik olarak, hftzıdan bu. makale, 1988\*89 yıllarında gerçekleştirilen "İstanbul Vakıf Memba Sulan İşletmeleri,» Taşdelen ve Karakulak Kaynaklan Dolayının Hidrojeolojik Etüdü"nın her kaynak bölgesi için ayrı ayrı yapılan çalışmalarının birleştirilmiş özeti şeklindedir.

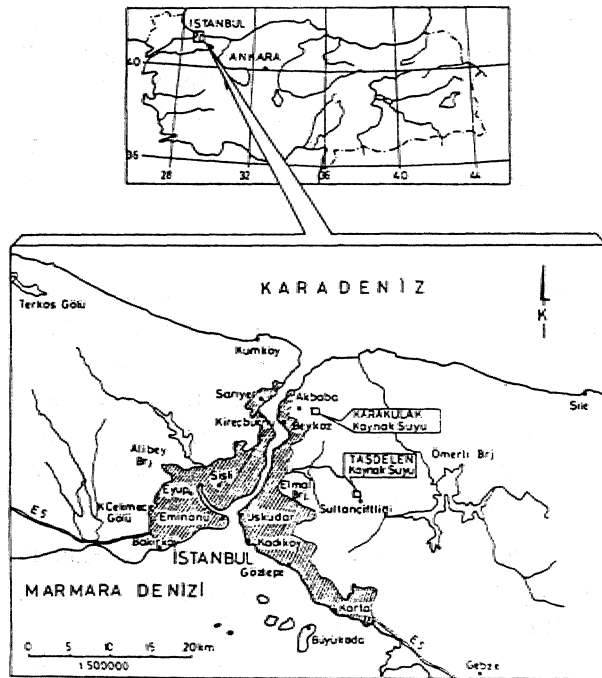
## KAYNAK, SUYU BÖLGELERİNİN TANITIMI

İstanbul II sınırları içinde bulunan ve İstanbul Boğazı'nın doğu yakasında yer alan Taşdelen Kaynağı, Üsküdar-Şile karayolunun 18. km'sindeki Sultançiftliği köyünden Kuzeye ayıdan asfalt yolun 1,5 km sonrasında, Karakulak Kaynağı ise Beykoz yerleşim merkezinden 5 km uzaklıktaki Akbaba köyünün 1,5 km kadar doğusundaki DereseM köyü alanındadır (Şekil 1).

Kaynaklar dolayı, yerel etkin faylara ve litoloji farklılıklarına bağlı olarak gelişmiş akarsu vadileri ve kum dere yataklarıyla parçalanmış engebeli bir morfoloji sunar. Başlıca yükseltileri; Karakulak Sırtı (280m) ve Gökkuş T. (250 m), Taşdelen'de ise Tüfte T., (380 m) ve Kara T. (320 m) oluşturur.

Yerleşim birimleri ve sırtlar dışındaki alanlarda meşe, çam gibi yüksek ağaçlar ve özellikle tepelerde yer yer geçit vermeyecek derecede sık bir maki topluluğu bulunur.

Bölge iklimi, tüm mevsimlerde düşen yağışlarla Karadeniz iklimine yaklaşırken yaz dönemlerindeki yağış azlığı ile de Akdeniz iklimi özellikleri taşır. Yıllık yağış, gerçek buharlaşma ve sıcaklık ortalamaları; Taşdelen'de 685 mm, 558 mm ve 13,7°C, Karakulak'da ise 763 mm, 611 mm ve 13,7°C'dir.



Şekil 1 İnceleme alanı bulduru haritası.  
Figure 1 Location map.

## JEOLOJİ

Kaynaklar dolayının jeolojisi, 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritadan büyütülen 1/10.000 ölçekli haritalar üzerinde çalışılmıştır. Haritalamada litoloji farklılıklar gözönüne alınmış ve her istif içerdiği en yaygın kayalık türü ile adlandırılmıştır.

Otdovisiyen (akoz-alacalı kumları O<sub>1</sub>: alt kumları O<sub>2</sub>) ve Silüriyen (göval-silttaşı-şeyi, S<sub>1</sub>) yaşlı kayalık birimlerine her iki kaynak suyu dolayında ve benzer özelliklerde rastlanmaktadır. Devoniyen (silttaşı-siltü fosilli şeyi, d<sup>1</sup>: kumları-şeyl-grovak, I<sup>1</sup>) yaşlı kayalık birimleri ise sadece Karakulak Kaynağı çevresinde bulunmaktadır. Tüm birimler, her yerde Kuvaterner (alüvyon, Q<sub>al</sub>) ile örtülmüştür (Şekil 2,3).

Tüm istiflerde belirgin bir tabakalaşma yanısıra yer yer laminalı ve siltli yapıya da rastlanır. Taşdelen dolayında düşük kanat açılı monoklinaler şeklinde olan makroyapı, Karakulak dolayında oldukça kıvrımlı ve belirgindir.

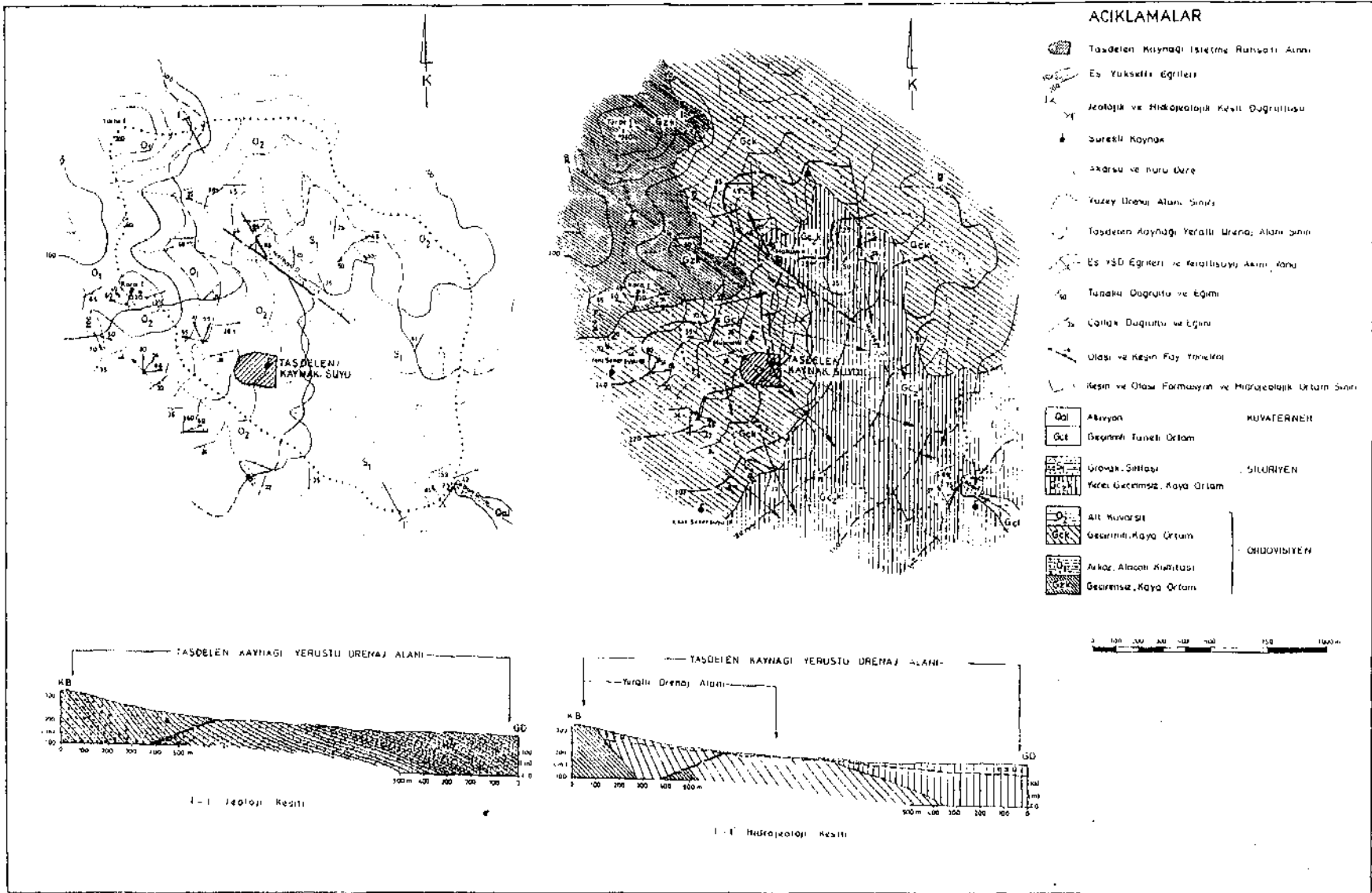
Tim birimler çok sık çatlaklıdır., Otdovisiyen ve Silüriyen birimlerinde genellikle açık ve bazen yan dolgulu olan çatlaklar. Devoniyen ve Karbonifer birimlerinde iane inceliğine ve ayrışmaya bağlı olarak genellikle dolgulu ve bazen yan dolgudur.

Her iki kaynak bölgesinin de yoğun bitki örtüsü ile kaplı oluşu, morfolojik ve petrografik özelliklerindeki bozukluklara bağlı olarak, varlığı kesin olan fayları gizlemektedir. Karakulak bölgesindeki tüm kaynaklar ile Taşdelen bölgesindeki MiileveEi ve Malkuyu Kaynaklarının varlığı haritalanmış olan bu olası faylara bağlıdır.

## HİDROLOJİ

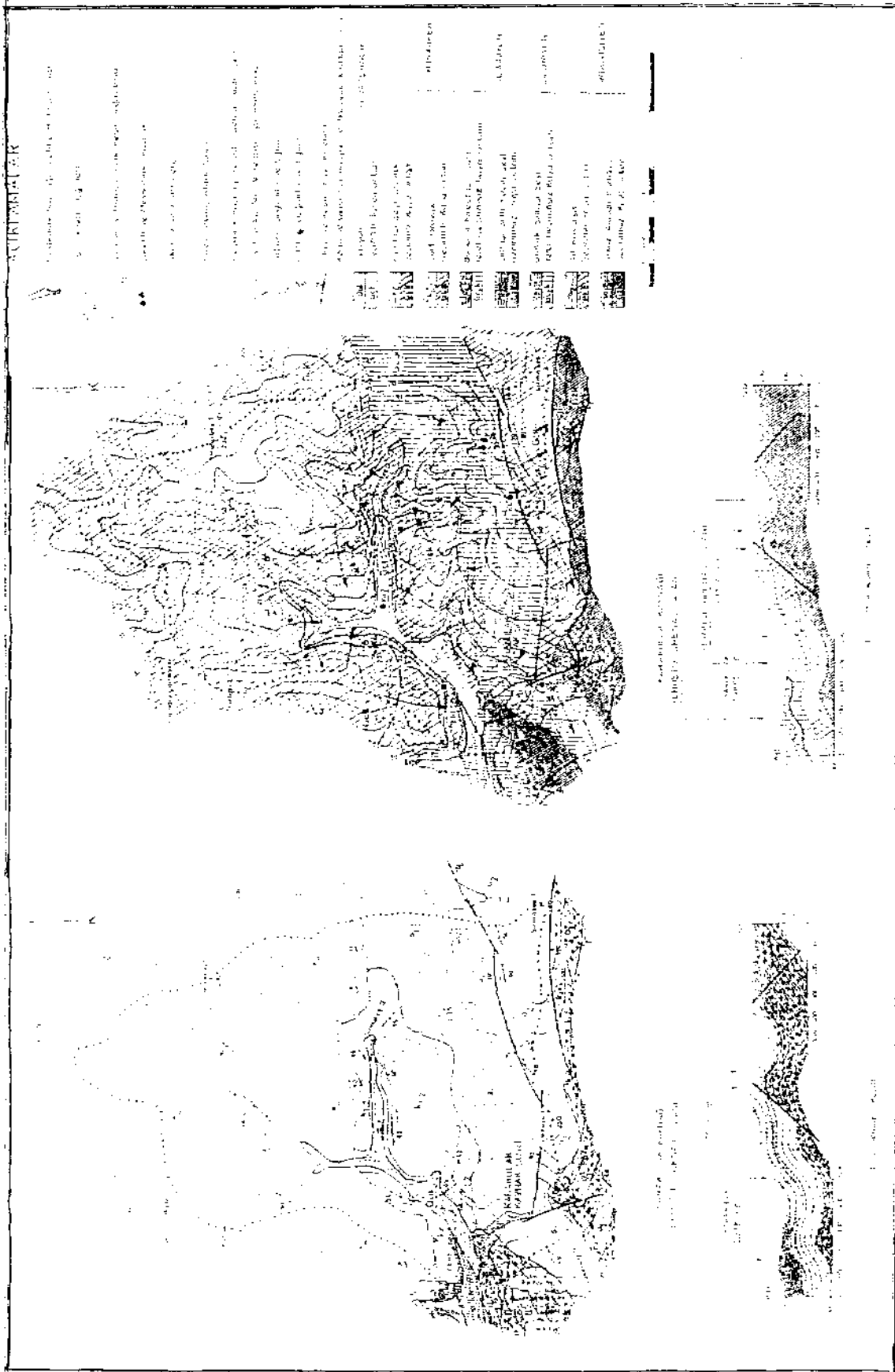
Her iki kaynak, bölgesinin yüzey akış alanlarına ait yüzey suyu özellikleri (akarsu ve kuru deneler, su noktaları) bu bölümde incelenmiştir.

Taşdelen Kaynağı bölgesinin 1,8 km<sup>2</sup> yüzey akış alanının ana akarsuyunu oluşturan Malkuyu deresi Güya akışlıdır. 2,1 km<sup>2</sup> büyüklükteki Karakulak Kaynağı bölgesinin yüzey akış alanı içindeki ana akarsu ise batıya akışlı Sırt (teresidir. Taşdelen bölgesindeki Taşdelen Mütevelli ve Malkuyu Kaynakları ile Karakulak bölgesindeki Karakulak, Deliosman ve Sırt Kaynakları», bu bölgelerin bilinen, ve sürekli yararlanılan temel su noktalarıdır. Tümünü kaptaja alınmış olan bu kaynaklar dışında, arazide mevsimlik sızıntılar şeklinde bazı su çıkışlarına da rastlanmaktadır, Olasılıkla bir formasyon kaynağı niteliğindeki Taşdelen dışında, sözü edilen bu kaynak-



Şekil 2 Taşdelen Kaynak Kuyu dolayının jeolojî-hidrojeolojî haritaları ve kesitleri

Figure 2 Geological and hydrogeological maps of the vicinity of Taşdelen Spring and the cross-sections.



lan tümü fay kaynağı türündedir. Dere yataklarındaki bir kaç kuyu ve yerleşim alanları içindeki bazı çeşmeler diğer su noktalarını oluşturur (Şekil 2, 3),

## HİDROJEOLOJİ

İnceleme alanlarındaki kayaç birimleri, mevcut açık süreksizliklerinin (tabaka, çatlak, vb) yoğunluğuna ve birbiriyle olan ilişkilerine bağlı olarak gelişen geçirimsizliklerine göre hidrojeolojik açıdan 4 kümede toplanmıştır.

Fissür ve çatlak sistemlerinin gelişmemiş olması» var olanların ise silis dolgu oluşları yanısıra aközlerdeki feldispatların kaolenizasyon ürünü kille dolgu bulunıştan nedeniyle, Ordovisiyen yaşlı "arkpz-alacalı kum taşı,  $o^1$  ve Devoniyen yaşlı "silttaşı-siltli fosilli şeyi,  $d2_3$ " istifleri,, hidrojeolojik açıdan "geçirimsiz ortam, Gz" olarak adlandırılmıştır.

Çatlak sistemlerinin iyi gelişmiş olmasına, rağmen çatlakların üst seviyeler dışında, yüzeyden lahana doğru giderek killi-siltli malzeme ile daha çok doldurulması, tane boyutunun inceliği, istifler içinde yerel geçirimsiz kiltası-şeyl ara seviyelerinin varlığı, Silüriyen yaşlı "grovak-silttaşı,  $f'$  ve Devoniyen yaşlı "bademli kireçtaşı-çört» d./ istiflerinin», hidrojeolojik açıdan "yerel geçirimsiz-yan geçirimli kaya ortam,  $gçk_z$ " olarak adlandırılmasına neden olmuştur.. Bu tür ortamlar, düşük kapasiteli yan basınçlı ve yan. serbest çatlaklı kaya akiferi. oluşturmaktadır.

Çatlak sistemlerinin iyi gelişmiş ve çoğunlukla açık oluşu yanısıra bunların su iletimini sağlayacak bir konum, geometrisine sahip olmaları, Ordovisiyen yaşlı "alt kuvarsit, 02" ile Karbonifer yaşlı "çört-grovak,  $k^1$ " ve "kumtaşı-şeyl-grovak,  $k_4$ " istiflerinin, hidrojeolojik açıdan "geçirimli kaya ortam,, Gçk" olarak adlandırılmasını sağlamıştır. Taşdelen ve Karakulak bölgelerinde kaptaj alınmış olan, tüm kaynak, sulan, değişik basınçlı ve serbest karakterler taşıyabilen, bir çatlaklı kaya akiferi niteliğindeki bu. hidrojeolojik ortam, içinden çıkmaktadır.

Gevşek bir killi-siltli-kumlu çimento ile tutturulmuş olan ve kum-çakıl-blok boyutundaki çevre kayaç parçalarından oluşan, Kuvalemer yaşlı "alüvyon,  $Q_{al}$ ", hidrojeolojik açıdan "geçirimli taneli ortam, Gçt<sup>1</sup>" oluşturmaktadır,.. Her iki kaynak bölgesinin de ikincil önemli yeraltısu potansiye-

lini barındıran bu hidrojeolojik ortam serbest 'akifer niteliğindedir.

Kaynakların boşalım kottan temel alınarak hazırlanan eş yeraltı su düzeyi eğrileri» hidrolik eğim değerlerindeki değişimlerle,, aynı zamanda hidrojeolojik ortam türlerinin de bir göstergesi durumundadır, yüzey akaçlama sistemi genellikle yeraltısu tarafından beslenmektedir,

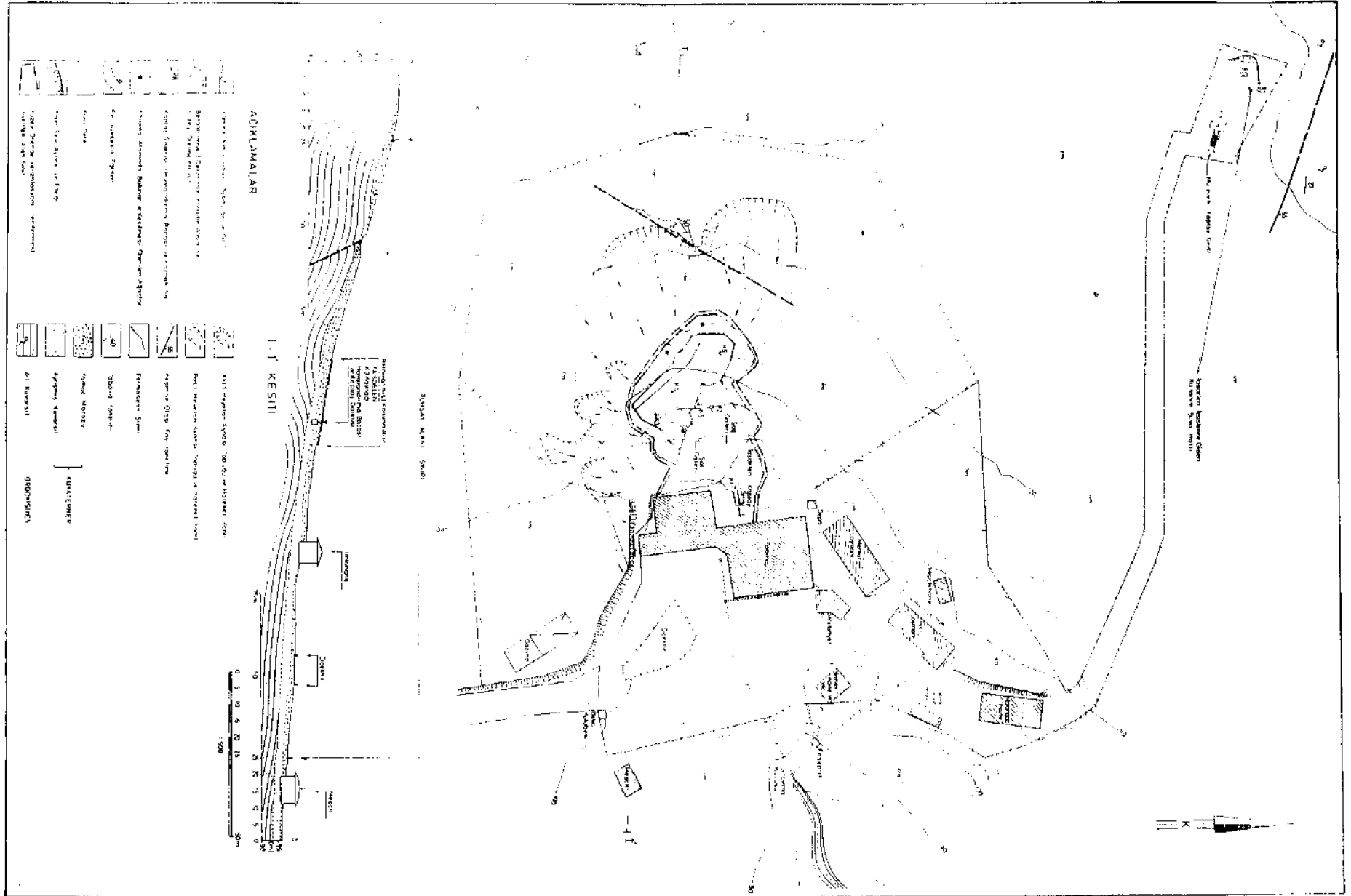
İncelenen kaynakların resmi kuruluşlarca yapılan kimyasal analizleri esas alınarak, içme suyu özellikleri de değerlendirilmiştir. Sağlanan veriler ışığında, tüm kaynak sulan 1. derece içme suyu kaynak suyu niteliğinde görülmüştür (Çizelge 1),

## KAYNAK SUYU İŞLETMELERİNİN GÜNCEL DURUMU

Sultan. III. Murad'ın annesi Nurbanu Sultan tarafından vakfedilen ve 1582 yılından bugüne kullanılmakta olan Taşdelen Kaynak Suyu'nun kaptaj tesisi, 2 kaynağın suyunu, toplayan bir sağ galeri ile 4 kaynağın suyunu toplayan bir sol galeriden oluşmaktadır (Şekil, 4). Kaptaj sahası yüzeyde iri blokaj taşlarla örülmüş, aralan ve üzeri çimento harcı ile sıvanarak bir beton kaplama oluşturulmuştur. Yüzey sulannın koruma alanına girmesini önlemek için çepeçevre bir çevirme hendeği ve betonlanmış alan içinde de ayrıca su toplama kanalları yapılmıştır. İşletmede 1969 yılında küçük şişe, 1976 yılında da galon dolum, tesisleri hizmete sokulmuştur.. Kaptaj galerilerinde toplanarak bir boru hattıyla depolara alınan su, klorlandıktan sonra dolum tesisine getirilmektedir.

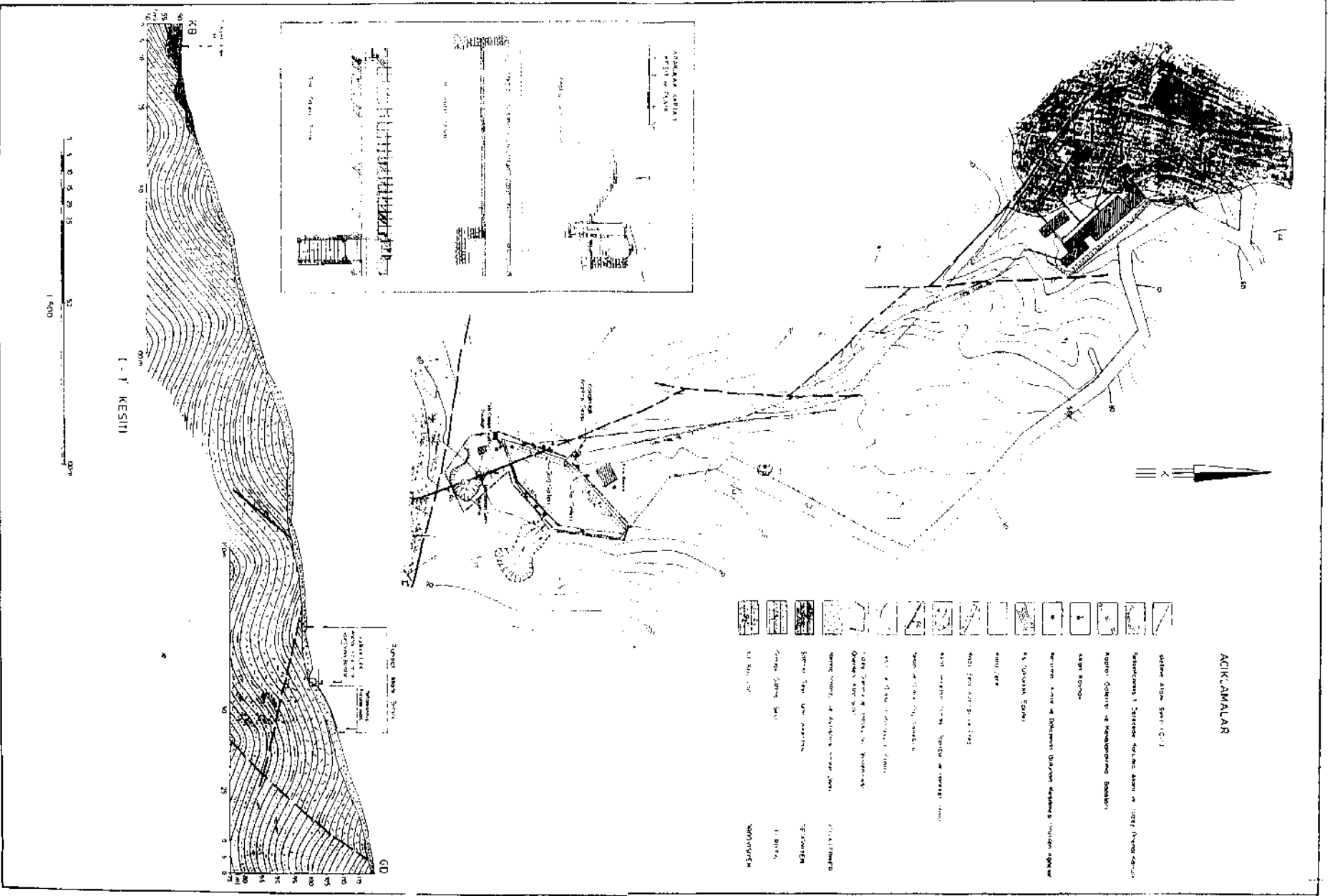
Valide kethüdası Yusuf Aga tarafından 1796 yılında vakfedilerek kullanılmaya başlanan. Karakulak Kaynak Suyu'nun kaptaj tesisi bugünkü görünümüne 1958 yılında kavuşturulmuştur, Kaptajı, giriş yönüne göre sağ ve sol galeri olarak, adlandırılan 2 galeriden ibarettir (Şekil 5). Günümüzde sadece sol galeri içinde drenlerle toplanan kaynak suyundan yararlanılmakta, sağ galeri ise daha girişinde beton bir duvar ile kapatılarak iptal edilmiş bulunmaktadır. Kaptaj sahası iri blokaj taşlar ile kaplanmış ve aralan harçla doldurularak, ayrıca bir çevirme hendeği yapılarak, yüzey sulannın yeraltına sızması önlenmeye çalışılmıştır. Sol kaptaj galerisinde toplanan su, 160 ml bir boru, hattıyla getirildiği bir bekleme odasından geçirilip dinlendirildikten ve otomatik olarak klorlandıktan sonra elle çalışan, tabancalar kullanılarak damacanalara doldurulmaktadır.





Şekil 4 Taşdelen Kaynağı işletme alanının mühendislik jeolojisi harita ve kesiti.

Figure 4 Engineering geological map and cross-section of the exploitation area of Tasdelen Spring.



Şekil 5 Karakulak Kaynağı işletme alanının mühendislik jeolojisi harita ve kesiti.

Figure 5 Engineering geological map and cross-section of the exploitation area of Karakulak Spring.

## KAYNAK SULARININ OLUŞUM-DEBİ VE KİMYASAL BİLEŞİM ÖZELLİKLERİ

Taşdelen kaynağı, Ordovisiyen yaşlı "alt kuvarsit, 02" biriminin orta seviyelerinden boşalmaktadır (Şekil 4). Hidrojeolojik açıdan "geçirimli kaya ortam Gçk olarak adlandırılan bu birim alttan "geçirimsiz ortamı,, Gz" niteliğindeki Ordovisiyen yaşlı "arkoz-alacalı kumları,, Oj" istifi yle, üstten de "yerel geçirimsiz-yan geçirimli" kaya ortam, gçk/niteliğindeki Silüriyen yaşlı "grovak-silttaşı-şeyl, S1" istifiyle sınırlanmıştır. Formasyon kaynağı niteliğindeki Taşdelen Kaynağı'nın akiferi, boşalım alanında "basınçlı çatlaklı kaya akiferi" özelliği taşımaktadır.

Karakulak Kaynağı, hidrojeolojik açıdan "yerli geçirimsiz-yan geçirimli kaya ortamı» gçk<sub>2</sub> niteliğindeki Silüriyen yaşlı "grovak-silttaşı-şeyl, s<sub>3</sub>" istifinin alt seviyelerinden boşalım göstermekte ise de fay kaynağı özelliğindeki bu kaynağın temel akiferini "geçirimli kaya ortam, Gçk" niteliğindeki Ordovisiyen yaşlı "alt kuvarsit, o<sub>2</sub>" birimi oluşturmaktadır. Boşalım alanında "yan basınçlı-yan serbest, çatlaklı kaya akiferi" niteliği taşıyan Karakulak Kaynağı akiferi, tabandan "geçirimsiz ortam, Gz" özelliğindeki Ordovisiyen yaşlı "arkoz-alacalı kumtaşı, o<sub>1</sub>" istifiyle sınırlanmıştır (Şekil 5).

6 ayın noktada boşalım gösteren Taşdelen Kaynağının toplam debisi 18.9.1986-20.4.1987 tarihleri arasındaki sürekli ölçümlere göre» 16-17.12.1986 tarihindeki 74 m<sup>3</sup>/gün'lük en düşük ve 24.3.1987 tarihindeki 234 m<sup>3</sup>/gün'lük en yüksek değerler arasında değişim, göstermektedir. Ortalama, debi 80-85 m<sup>3</sup>/gün dolayındadır. Eldeki verilerden hareketle hazırlanan debi-zaman "Q=f (t)" grafiğine göre,, Mart ayında maksimuma erişen kaynak debisi, Aralık ayına kadar süregiden bir azalma dönemi geçirmekte ve eğrideki sivri piklerden anlaşıldığı üzere ani yağışlardan hemen etkilenmektedir.

Karakulak Kaynağında ise, arasını yapılan debi ölçümleri bile kaydedilmemiş olduğu için, kaynağın debi-zaman ilişkisi ve ortalama debi değeri, bir söz söylemek olasılığı olmamıştır. 1976-1987 yılları arasında değişik araştırmacılarca ölçülen ve sadece sol galerinin su gelirini belirten debi değerleri 17-26 m<sup>3</sup>/gün arasında değişmektedir. 10.11.1988'deki doğal durumuyla bu çalışmada ölçülen debi değeri 12 m<sup>3</sup>/gün, sol galerideki drenlere uygulanan çok basit bir müdahale ile (drenler içinde bir dal parçasının ileri geri hareket ettirilmesi) 2 gün sonra ölçülen debi değeri ise 17 m<sup>3</sup>/gün dolayındadır.

Taşdelen ve Karakulak Kaynakları ile bu

bölgeler içinde kalan diğer önemli kaynak sularını oluşturan Mütevelli ve Sırmakeş kaynak, sularının kimyasal analiz sonuçları. Çizelge 1'de verilmiştir.. Görülen kimyasal kalite üstünlüğü, kaynak sularının akiferlerini oluşturan hidrojeolojik ortamların kayaç litolojisine bağlıdır ve doğal olarak kaynak ömrü boyunca da süregidecektir.

## KAYNAK SULARININ KAPTAJ SORUNLARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Taşdelen ve Karakulak Kaynak sularının kaptaj sistemleri; kendilerini oluşturan yeraltı galerilerinin ve yerüstündeki blokaj taşlar üzerine beton kaplama inşaatları öncesinde yapılması zorunlu bulunan ve bu sistemleri plânlayıcı olan ayrıntılı hidrojeolojik araştırmaların yeterince gerçekleştirilmemesine bağlı olarak güncel bazı önemli sorunlar taşımaktadır. Bu sorunları, kaynaklardan optimum, debinin sağlanamaması ve kaynak sularında zaman zaman, görülen bulanıklık oluşturur.

### Kaynak Sularının Optimum Debilerinin Sağlanamama Nedenleri ve Çözüm:

Taşdelen ve Karakulak Kaynaklarında düzenli aralıklarla yapılmış debi ölçümleri bulunmamaktadır. Taşdelen Kaynağı'nın sadece 18.9.1986-20.4.1987 tarihleri, arasındaki düzenli ölçümleri, ile Karakulak Kaynağı'nın herhangi bir zaman aralığını dahi içermeyen, 6-7 ölçümü, bu kaynakların işletmesine temel alınacak uzun zaman aralığındaki gerçek, ortalama debilerini ortaya çıkarmaktan çok, uzaktır. Büyük bir teknik eksiklik oluşturan bu durum, dışında, şiddetli yağışlar sonrasında ve de sırasında görülen ve hiç bir zaman işletme debisine bir ölçüt oluşturmaması gereken ani debi artışları da var olan kaptaj sistemindeki kusurların bir sonucu olarak nitelendirilebilir.

Her iki kaynak kaptajının da en önemli ortak kusura, kaptaj galerilerinin yüzeye çok yakın, olarak sürülmesidir. Öyleki, galeri tavanı ile yüzey arasındaki malzeme kalınlığı 0,8-2,6 m'ler, galerilerdeki kaynak noktaları ile yüzey arasındaki malzeme kalınlığı da 2,6-4,6 m'ler arasında değişmektedir. Bu düşük kalınlık değerleri, galerilerdeki kaynak suyu çıkış noktalarının her iki bölgede de yüzeydeki ayrılmış, killi-silüi malzeme içinde kalmasına yol açmıştır. Gerekli ayrıntılı araştırmaların kaptaj yapımı öncesinde yeterince gerçekleştirilmemiş olmasına bağlı bilinmezliğin verdiği çekingenlik, kaynak suyu çıkış noktalarının daha aşağı kollarındaki geçirimli kaya ortam seviyesine kadar indirilmesi için yapılacak geliştirme işleminden kaçınılması sonucunu getirmiştir. Bu nedenlerle, gereken geliştirme işlemleri yapılmamış olan kaynaklar, özellikle Karakulak Kaynağında görüldüğü gibi, galerilerin çok sığ derin-

| Analiz Özellikleri              | Kaynak Suları                             | TAŞDELEN    | MÜTEVELLİ   | KARAKULAK   | ÇİĞMENÇEK   |
|---------------------------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                 |   | Kaynak Suyu | Kaynak Suyu | Kaynak Suyu | Kaynak Suyu |
| FİZİKSEL                        | Sıcaklık, °C                              | -           | -           | -           | -           |
|                                 | Renk, Pt birimi                           | -           | -           | -           | -           |
|                                 | Bulandırılık, Sf birimi                   | Yok         | Yok         | Yok         | Yok         |
|                                 | Buharlaştırma Kalıntısı, mg/lit           | 37.5        | 45.0        | -           | -           |
| KALİTE                          | pH  | 6.0         | 5.8         | 6.8         | 5.8         |
|                                 | EC, µS/cm                                 | 50          | 50          | -           | -           |
|                                 | Karbonat Sertliği, °F                     | -           | -           | -           | -           |
|                                 | Karbonat Olmayan Sertlik, °F              | -           | -           | -           | -           |
| ZEHİRLEYİCİ                     | Siyahur, Cr <sup>6+</sup>                 | -           | -           | -           | -           |
|                                 | Kurşun, Pb <sup>2+</sup>                  | -           | -           | -           | -           |
|                                 | Arsenik, As <sup>3+</sup>                 | -           | -           | -           | -           |
|                                 | Selenyum, Se <sup>6+</sup>                | -           | -           | -           | -           |
| KIRLETİCİ                       | Krom, Cr <sup>3+</sup>                    | -           | -           | -           | -           |
|                                 | Cıva, Hg                                  | -           | -           | -           | -           |
|                                 | Nitrit, NO <sub>2</sub>                   | Yok         | Yok         | -           | -           |
|                                 | Nitrat, NO <sub>3</sub>                   | -           | -           | Yok         | Esas        |
| ETKİLEYİCİ                      | Amonyak, NH <sub>3</sub>                  | Yok         | Yok         | -           | -           |
|                                 | Organik Maddeler                          | 0.3         | 0.4         | 2.2         | 0.1         |
|                                 | Mangan, Mn <sup>2+</sup>                  | -           | -           | Yok         | Yok         |
|                                 | Demir, Fe <sup>2+</sup>                   | -           | -           | Yok         | Yok         |
| İÇİLEBİLİRLİĞİ                  | Bakır, Cu <sup>2+</sup>                   | -           | -           | Yok         | Yok         |
|                                 | Çinko, Zn <sup>2+</sup>                   | -           | -           | Yok         | Yok         |
|                                 | Bor, B <sup>3+</sup>                      | -           | -           | -           | -           |
|                                 | Baryum, Ba <sup>2+</sup>                  | -           | -           | -           | -           |
|                                 | Alüminyum, Al <sup>3+</sup>               | -           | -           | -           | -           |
|                                 | Silisyum, SiO <sub>2</sub>                | -           | -           | -           | -           |
|                                 | Potasyum, K <sup>+</sup>                  | -           | -           | -           | -           |
|                                 | Sodyum, Na <sup>+</sup>                   | -           | -           | -           | -           |
|                                 | Magnezyum, Mg <sup>2+</sup>               | 0.7         | 0.4         | -           | -           |
|                                 | Kalsiyum, Ca <sup>2+</sup>                | 6.0         | 8.0         | -           | -           |
|                                 | Sülfat, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>     | -           | -           | Yok         | Yok         |
|                                 | Klorür, Cl <sup>-</sup>                   | 21.3        | 21.3        | 14          | 17.75       |
|                                 | Karbonat, CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>   | 0.0         | 0.0         | -           | -           |
|                                 | Bikarbonat, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 18.3        | 24.4        | -           | -           |
|                                 | Fosfat, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>     | -           | -           | -           | -           |
|                                 | İyot, I <sup>-</sup>                      | -           | -           | -           | -           |
| Fluor, F <sup>-</sup>           | -   | -           | Yok         | 0.1         |             |
| Oksijen, O <sub>2</sub>         | -   | -           | -           | -           |             |
| Karbon dioksit, CO <sub>2</sub> | -   | -           | -           | -           |             |
| Koliform Bakteriler             | -   | -           | -           | -           |             |
| Debi, lit/sn                    | 0.70-1.00                                 | 0.25-0.45   | 0.17-0.146  | 0.53-0.75   |             |
| Ortalama Kolu, m.               | 230                                       | 230         | 103         | 204         |             |

Çizelge 1 İncelenen kaynak, sularının Çeşitli analiz sonuçları.

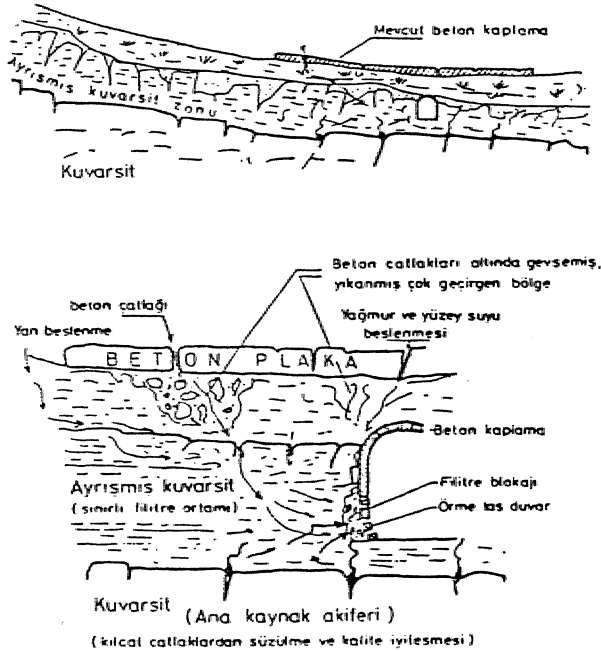
Table I The results of several analysis belong to spring water under this investigation.

likte sürülmüş olmalarına bağlı önemli bir ek nedenle, drenlerinin ince boyutlu malzeme ve bitki kökleri ile tıkanması sonucu, gerçek debileriyle akış gösterememektedirler.

Bazı varsayımlarla, yola çıkılsa bile, kaynak suyunun yeraltı suyu bilançosu hesaplarının beslenme ile boşalım arasında yaklaşık bir eşitliği ifade etmesi, sözkonusu kaynaklar ile olan boşalmanın bulunan yeraltı suyu potansiyelinin büyük bir bölümünü oluşturduğunu göstermektedir. Başka bir deyişle, var olan kaynakların çeşitli şekillerde geliştirilmesi ile debilerinin artırılması küçük sınırlar içinde kalacaktır. Böylelikle bundan sonra geliştirilmesi planlanan kaynaklarda hedefin,» varolan ve boşalan suyun tamamından yararlanılmasına yönelik olması gerektiği sonucuna, varılmaktadır ki, bu üzerinde durulması gereken önemli bir konudur. Sağlanan tüm bilgiler ışığında beriki kaynağın geliştirilmesi için aşağıdaki çalışmaların yapılması, küçük sınırlar içinde de kalsa kaynak debilerinde görülür bir artış meydana getirecektir,

L. Taşdelen Kaynağında optimum debinin sağlanmasına yönelik çözüm önerileri:

a) Diğerlerine göre yüksek kotlarda ve sığ derinlikle bulunan K3 ve K4 kaynak, noktalarında 1 m dolayında derinleştirme yapılmalı ve ortaya çıkacak kazı çukurları kuvars kumu ve çakılından



Şekil 6 Kaynak suyunda bulanıklılığın temel nedeni.

Figure 6 Maden reason of the turbidity in the spring water.

oluşan filtre malzemesi ile yeniden doldurulmalıdır.

b) K1, K2, K5 ve K6 kaynak noktalarının bağlayan galerilerdeki dren borularının çapları büyütülerek içlerinde birikebilecek ince taneli malzeme ve bitki kökleri periyodik olarak (örneğin her ay) temizlenmelidir.

II, Karakulak Kaynağında optimum debinin sağlanmasına yönelik çözüm, önerileri:

a) Galeriye gelen, sudaki bulanıklılık giderilerek bu galeriden gelen su kesinlikle üretime katılmalıdır.

b) Sol galeride mevcut 28 drenin içi öncelikle temizlenerek ince taneli ayrılmış kayaç malzemesinin ve özellikle ağaç köklerinin neden olduğu tıkanıklık giderilmeli, daha sonra da bu drenler daha geniş çaplı olarak yeniden açılmalıdır, Gerçekten inceleme tarihinde (Aralık. 1988) sadece 12 drenin çalışmakta olduğu saptanmış ve tıkanan drenler bir dal parçasıyla bile olabildiğince temizlendiğinde, gelen toplam su miktarının aniden % 75 arttığı, bir kaç gün sonra da temizlenmeden önceki debiye göre % 40 artışla kararlılık kazandığı görülmüştür.

Yukarıda her iki kaynak, suyu için ayrı ayrı önerilen işlemlerin yapılması durumunda, Taşdelen Kaynağından yaklaşık % 15-20, Karakulak Kaynağından ise yaklaşık % 250-300 oranında, daha fazla su üretilebileceği düşünülmektedir.

Kaynak Sularının Bulanıklılık Gösterme Nedenleri ve Çözüm:

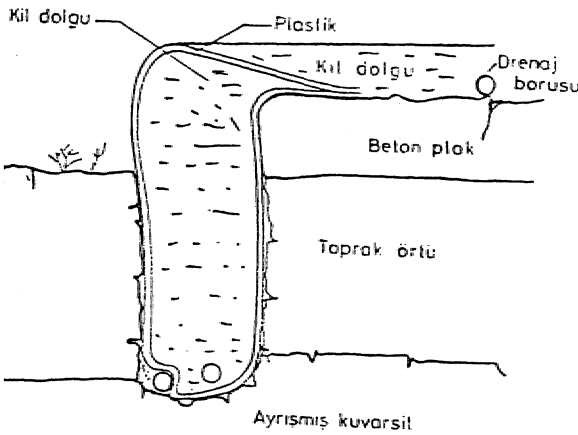
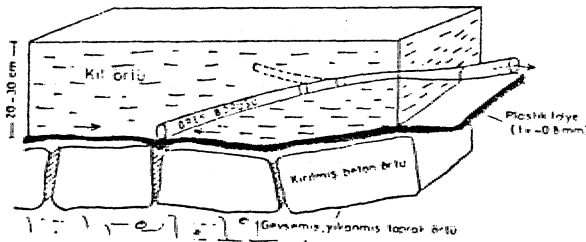
Taşdelen ve Karakulak Kaynak, sularının zaman zaman gösterdikleri geçici bulanıklılığın, ana nedenini; geçiri mü kaya ortamın oluşturduğu çatlaklı kaya akiferinden doğal koşullarda boşalan temiz ve berrak yeraltı suyunun, yeterli süzülme boyu olmaksızın kısa yoldan, ulaşarak kansan yağış suları oluşturmaktadır.. Yüzeyleki şerhime suyunun yeraltına hızla inişini gösteren bu durumu; kaptaj galerileri üzerindeki malzeme kalınlığının az oluşundan, blokaj taşları arasındaki açıklıklardan, beton kaplamada\* ve çevirme hendeklerinde oluşan ayrılmalardan ve en önemlisi de beton kaplama alanı içinde ve çevresinde bırakılmış olan ağaçların kök basınçları sonunda ortaya çıkan çatlaklar gibi süreksizlik, açıklıklarından kaynaklanır (Şekil 6),

Bulanıklılığın diğer bir nedenini de her iki kaynak kaptaj alanının hemen yakınında (15-40 m mesafede) yer alan ve hareket yönü betonlanmış koruma alanına doğru olan aktif heyelanlar meydana getirmektedir., Bu heyelanlar, yüzeyleki bitkisel

toprağı hareket ettirerek yüzeysel sulann sü- zülmesini kolaylaştıran gevşek bir örtü oluşturmak suretiyle ayrıca neden olduğu açık çatlaklarla, yağış suyunun yeraltına doğrudan inişine ve kaptaj koruma alanındaki mevcut kaplamanın sürekli gerilmeler<sup>1</sup> etkisi altında kalmasına yol açmaktadır.

Yalnızca yağış sırasında ve sonrasında bu- landdığını görülmesine neden olan bu etkenler yavaşça, Karakulak Kaynağı kaptajındaki sağ gale- rinin sürekli bulanık olmasına ve" kullanıla- mamasına yolaçan özel nedenler de bulunmak- tadır. Bunlar; sağ galerinin hemen yakınındaki De- liosman suyunun yeraltındaki oda kaptajından taşan suyun yeraltından, sağ galeriye ulaşması ve yine bu oda kaptaj noktasındaki kazı yapılmış ala- na gelen yağış suyunun» kazı sonucu kalınlığı azal- an bu bölgede birikerek sığ olan sızdırma zonu içinde yeterli filtrasyona uğramadan yeraltına inişidir.

Sağlanan bu veriler ışığında, her iki kaynağın da bulanıklılığının giderilmesi için aşağıdaki, çalışmaların yapılması gereklidir.



Şekil 7 Yüzeysel sızdırmazlığı için alınabilecek bir Örnek.

Figure 7 A sample to prevent the percolation from surface.

a) Kök basınçları ile Karakulaktaki iri blokaj taşlı kaplamayı ve Taşdelen'deki beton kaplamayı çatlatan, bundan sonra yapılacak olan benzeri kap- lamaları da çatlatacak olan, koruma alanı içindeki ve hemen yakın çevresindeki ağaçlar kesilmelidir.

b) Yüzeysel akaçlaması ve izolasyonu yenilenmesi önerilen alan olarak, belirlenen, bölgede kesin sızdırmazlık sağlanmalıdır. Bunun için, sağlığa zar- arlı olmayacak ancak geçirimsizliği arttıracak katkı maddeleri ilave edilmiş püskürtme beton (si- calı beton gibi) ile bir örtü oluşturulabilir (Şekil 7).

c) Heyelanlı alanların geçirimsiz hale getirilme- si için, önce yüzeysel iyice temizlenmeli daha sonra geçirimsizliği ve duraylılığı sağlayıcı önlemlerin alınması düşünülmelidir.

Her iki kaynak bölgesi için, bulanıklılığı gider- mek amacıyla ortak, olarak alınacak bu önlemler dışında; beton kaplamalı Taşdelen koruma alanındaki fazla akaçlama kanalı doldurularak iptal edilmeli Karakulak için de sağ galeriden, yararla- nılabilmek açısından özellikle önem taşıyan Delios- man suyu oda kaptajı iyileştirilerek (ya da yeniden yapılarak) bu noktadaki süzülme derinliğini azal- tan ve yağış suyunu biriktiren kazı alanı geçirimsiz hale getirilmelidir.

## SONUÇ

İstanbul-Taşdelen ve Karakulak Kaynak suyu (memba suyu) kaptaj alanlarının ve çevre hidrojeo- lojisini incelenmesiyle, bu kaynak sularında zaman zaman görülen bulanıklılığın ve debide yetersiz- liğın nedenleri belirlenmiştir. Böylece bir kaynak suyunun, kaptaj tesislerinin yapımına geçilmeden önce gerçekleştirilecek hidrojeolojik araştırmanın zorunluluğu, bir kez daha ortaya çıkmış ve ancak bu şekilde gerek kaptaj tesislerinin ve gerekse ko- ruma alanlarının sağlıklı yapılabileceği, söz konusu kaynak, sularında görülen sorunlar örneğiyle somut olarak açıklanmıştır.

## KATKI BELİRTME

İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı eleman- larınca, İstanbul Vakıf Memba Sulan işletme Müdürlüğü'nün başvurusu üzerine bir proje şeklinde ve her İM kaynak suyu için ayrı ayrı yürütülerek, gerçekleştirilen bu araştırmaya olan katkılarından dolayı Prof. Dr. Mahir VARDAR'a, Y. Müh., Rahmi EYÜBOĞLİ'na, Vakıf Memba Suları Müdürü Müh. Selçuk ÖRHCMa ve koordinatör Ahmet. ŞEN'e içten teşekkürlerimizi sunarız.

## • DEĞİNİLEN BELGELER

- Alduman, K., Alperat, A» Yeniley, A. 1983,» Taşdelen Memba Suyu Kaptajlarının Islâhı ile İlgili Teknik Rapor, DSİ 14., Bölge Md., 2 s., İstanbul.
- Alduman, K., Şamiigil, K., 1985, Taşdelen Kaynaklarının Jeolojik ve Hidrojolojik İstikşaf Etüdü, DSİ 14., Bölge Md.» 3 s., İstanbul.
- Berkün, E., 1982, Taşdelen Memba Suyu. Hidrojeolojik Etüd Raporu, 2 s» İstanbul.
- Berkün, E. 1987, Rapor, 1 s., İstanbul.
- Bilican, A., Kahraman, S. Kıvançer, A,K., Suda, H., 1983, Rapor, 3 s., İstanbul.,
- Erguvanlı, K., Yüzer, E., 1984, Yeraltısulan Jeolojisi» İTÜ Maden Fakültesi Yayını, No. 23, 339 s» İstanbul,
- Eroskay, S.O., 1976, Karakulak Kaynağı Hidrojeolojik İncelemesi, 2 s,, İstanbul.
- Goknil, H.M., Kor, M., Kösoğlu, M., Sankaya, Z.H., 1980 Taşdelen Memba Suyunun Etüdü ve Islâhı ile ilgili Rapor, İTÜ İnşaat Fakültesi Çevre Muh. Böl.» 4 s., İstanbul.
- Kılıç, H., Muş, A,K., 1987, tstanbul-Alemdağ-Mütevelli ve Beykoz-Karakulak Suyu ile ilgili Çalışma Raporu, İstanbul Köy Hizmetleri 18. Bölge Md.,, 3 s,, İstanbul,
- Konyalı, İ.H., 1977, Üsküdar Tarihi, Ahmet Sait Matbaası, İstanbul.
- Kurama, H., Kahya, S., 1976, İl Kaynak İnceleme Kurulu. Raporu, 2 s., İstanbul.
- Kuratorium Für Kulturbauwesen Deutscher Verein von Gasund Wasserfachmannem, 1960, Kleinbauwerke der Wasserversorgung Hinweise und Arbeitsblätter, (Çcv. Muslu, Y., 1968, Küçük Su Getirme Tesisleri, 10-XI s., İTÜ Kütüphanesi, S., 718, İstanbul).
- Nirven, N.S.,, 1846, İstanbul Sulan, Halk. Basımevi, 247 s., İstanbul. • •
- Resmi Gazete, 23/6/1972, Galcri-TUnel ve Kehriz Yapımı, S., 14224,16 s., Ankara.
- Resmi Gazete, 17/6/1974, Kaynak Suları Yönetmeliği, S, 14918, s. 8-13, Ankara.,
- Saraçlı, R.,, 1982, tstanbul-Beykoz-Sırmakeş ve Karakulak Kaynak Sulan, ile Dolayının Hidrojeolojisi» İTÜ Maden Fak. Bitirme Ödevi, 44 s., İstanbul.
- Türk Standartları Enstitüsü, 1967, İçme Sulan, TS 266/Nisan 1965, UDK 663.7: 543, 32 s., Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü, 1986, İçme Sulan, TS 266/Haziran 1984, UDK 662.6: 543, 91-VI s,, Ankara.
- Tüstaş, 1988, İstanbul Vakıf Memba Sulan İşletmesi Taşdelen Memba Suyu Tesisinin Modernizasyonu, Ankara.
- Uluhan, R., Süral, C, 1976, İl Kaynak inceleme Kurulu Raporu, 2 s., İstanbul.
- Yıldırım, C, 1981, İstanbul Boğazı-Ömerii Barajı Arasındaki. Önemli Kaynak Sulan ve Alcmadağ-SultançifUiği Yöresinin Kaynak Sularının Hidrojeolojisi, İTÜ Maden Fak.. Bitirme Ödevi, 74 s., İstanbul,
- Yüzer, E., Öztaş, T., Dumlu, O., 1989, İstanbul Vakıf Memba Sulan. İşletmeleri Taşdelen Kaynağı ve Dolayının Hidrojeolojik Etüd Raporu, İTÜ Yerbilimleri ve Yeraltı Kaynaklan UYG-AR Merkezi Rapor No. 1989/2,47 s., .İstanbul
- Yüzer, E., Öztaş» T., Dumlu, O., 1989, İstanbul Vakıf Memba Sulan İşletmeleri Karakulak Kaynağı ve Dolayının Hidrojolojik Etüd Raporu, İTÜ Yerbilimleri ve Yeraltı Kaynaklan. UYG-AR Merkezi Rapor No. 1989/3,45 s., istanbul.

# LEVENT KUZEYBATISINDA (AKÇADAĞ-MALATYA) ULUPINAR FORMASYONUNUN (MAESTRÎHTÎYEN) ORGANİK FASİYES İNCELEMELERİ

*The organic fades of Uluptnar formation (Maastrichtian) in the northwestern Levent (Akçadağ-Malatya)*

Orhan ÖZÇELİK Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, SIVAS

ÖZ: Bu çalışma ile Levent kuzeybatısında (Akçadağ-Malatya) yüzeyleyen Ma.es trihti yen yaşlı Ulupınar formasyonunun organik fasiyes ayırımı Jones (1987)'un sınıflamasına göre yapılmıştır. İncelemesi yapılan Ulupınar formasyonu çakıltası, kumtaşı, kumlu marn, kumtaşı arakatlı marn ile bol rudistli resifal kireçlaşı katkılanndan oluşur. Organik madde içeren örneklerin toplam organik karbon ve Rock-Eval pirolizi analizleri sonucunda formasyon CD ve D organik fasiyesine karşılık geldiği belirlenmiştir. Bu fasiyeslerdeki organik maddenin hidrokarbon yönünden oluşum kapasitesi, yoktur.

ABSTRACT: In Ms study» the organic faciès classification is done on the Maastrichtian Ulupınar formation located around northwestern of Levent (Akçadağ-Malatya),. This formation consist conglomerate, sandstone, sandy marl, mari interbedded with sandstone and reef limestone rich in rudisL As a result from the Rock-Eval pyrolysis and total organic carbon analysis of the selected samples, this formation is equivalent to CD ve D organic faci.es (Jones, 1987). These organic matters are not important hydrocarbon potential.

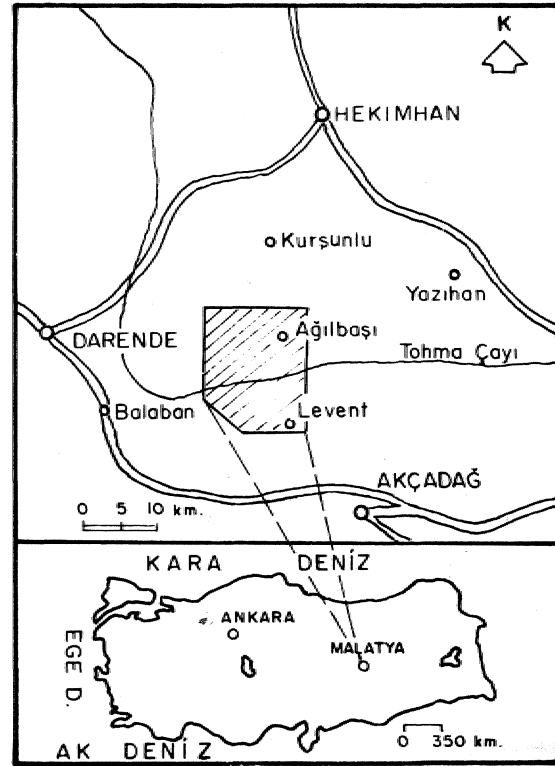
## GİRİŞ

Levent (Malatya) kuzeybatısında yüzeyleyen Maest.riht.iyen yaşlı Ulupınar formasyonu bu çalışma ile organik fasiyesleri açısından değerlendirilmeye çalışılmış ve yorumlanmıştır (Şekil 1).

İnceleme bölgesinde hidrokarbon ve diğer jeolojik amaçlı çalışmalar sırasına göre; Ayan (1961), Ayan ve Bulut (1964), İlker (1970), Akkuş (1971), Karacabey-Öztemür (1980), Özgen (1985), Özçelik ve diğ. (1990), Bozkaya (1991), Özçelik ve Altunsoy (1.991) tarafından yapılmıştır.

Yörede organik fasiyes incelemelerine yönelik bir çalışma ilk kez yapılmaktadır. İnceleme alanına ait jeolojik haritalama, stratigrafik dizilim daha önceki çalışmalarla ortaya konduktan sonra (Özçelik ve Altunsoy» 1991) üç adet ölçülü dikme kesit örnekleri, yardımıyla organik fasiyeslere ilişkin bulgular elde edilmiştir.

Toplam organik karbon analizleri ve rock-eval pirolizleri Geochem laboratuvarlarında (Chester-İngiltere) yapılmıştır.,



Şekil 1 İnceleme alanının yer buldum haritası;

Figure 1 Location map of the investigated area.,



## -GENEL JEOLJİ

inceleme alanı ve yakın çevresinin temelinde Üst Jura-Alt Kretase yaşlı çötlü ve mikritik kireçtaşlarından oluşan Horasançal formasyonu yüzeyler (Şekil 2 ve 3). Serpanüniüer ve serpantinleşmiş piroksenitlerden meydana gelen Ilıca ofiyoliti Horasançal formasyonu üzerine tektonik dokanıklı olarak gelir. Bu çalışmanın konusunu teşkil eden Maestrihtiyen (Öst Kretase) yaşlı Ulupınar formasyonu ise Horasançal formasyonu ve Ilıca ofiyolitini uyumsuzlukla örter.

Tersiyer yaşlı birimlerden Tohma formasyonu çakıltaşı, kum taşı» killi kireçtaşı ve kireçtaşı ile temsil edilir. Bu formasyon Lulesi yen (Eosen) yaşlıdır. Sıf self ortamında çökelen Çavuş formasyonu ise Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşında olup Tohma formasyonu üzerine uyumsuzlukla oturur. Bunların üzeriinde Pliyosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı, bazalt ve tüllerden oluşan. Göktepe formasyonu gelir. Güncel çökeller bülün bu birimleri uyumsuzlukla, örter.

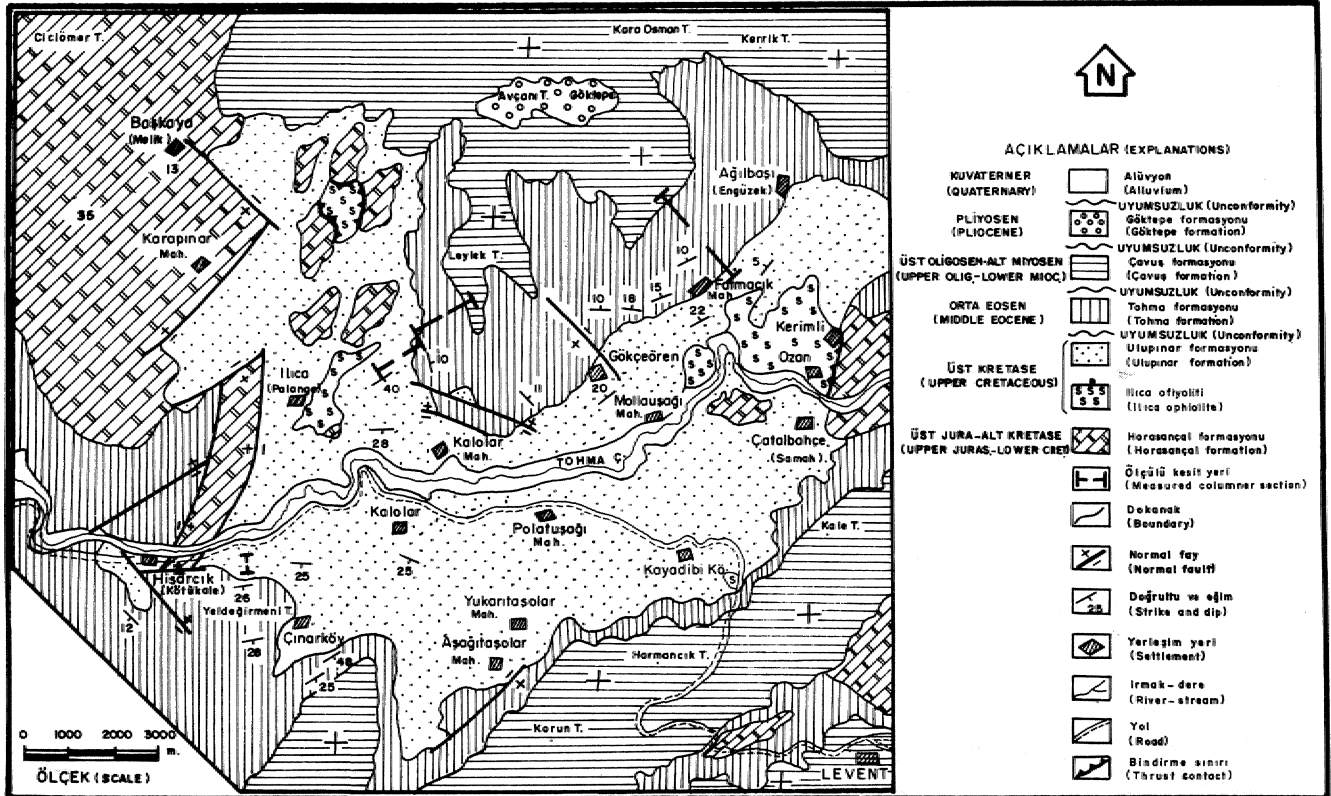
Ulupınar formasyonu tabanda kötü boylanmalı ve gevşek tutturulmuş çakıltaşı ile başlar. Çakıl boyudan 5-50 cm arasında değişen bu düzey kırmızımsı, gri ve yeşil renklidir. Orta ve kalın katmanlı çakıltaşılarında, çakıllar Horasançal for-

masyonu, Ilıca ofiyoliti ve volkanotortul birimlerden türemiş olup alttan üste doğru küçülür., Çakıltaşıların üstünde yeşil ve gri renkli yer yer toprakımsı ve ince-orta katmanlı, m.aml.ar bulunur.. Bu düzeyi Kutini ve Kavıkkaya Tepe çevresinde yüzeyleyen kireçtaşı izler., Bol rudistli kireçtaşlarını içerisinde kum taşı bandannın bulunduğu gri renkli marnlar izler. En. üst bölümde ise kumlu marnlar yer alır.

İnceleme alanında Ulupınar formasyonuna ait tip keşidinde Kutini Tepede 230 m (Şekil 4), Akçukur Mevkii-Leylek Tepede 1425 m (Şekil 5) ve Burunkaya Tepede 300- m (Şekil 6) kalınlık ölçülmüş olup, toplam, kalınlık 230-142.5 m arasında değişmektedir (Özçelik ve Altunsoy, 1991).

## ORGANİK FASİYES İNCELEMELERİ

Levent (Akçadağ-Malatya) kuzeybatısında yüzeyleyen Maestrihtiyen yaşlı Ulupınar formasyonu, Jones (1987)'un geliştirdiği organik, fasiyes sınıflamasına göre incelenmiştir, Jones (1987) organik fasiyesleri jeokimyasal ve mikroskopik özelliklerine göre 7 gruba ayırmıştır (Çizelge 1). Bu fasiyeslerin farklı çökeltme ortamlarına göre yerleri Şekli 7'de verilmiştir., Buna göre, CD organik fasiyesi ayrışmanın değişik, basamaklarında bulunan



Şekil 2 inceleme alanının jeoloji haritası.

Figure 2 Geological map of the investigated area.

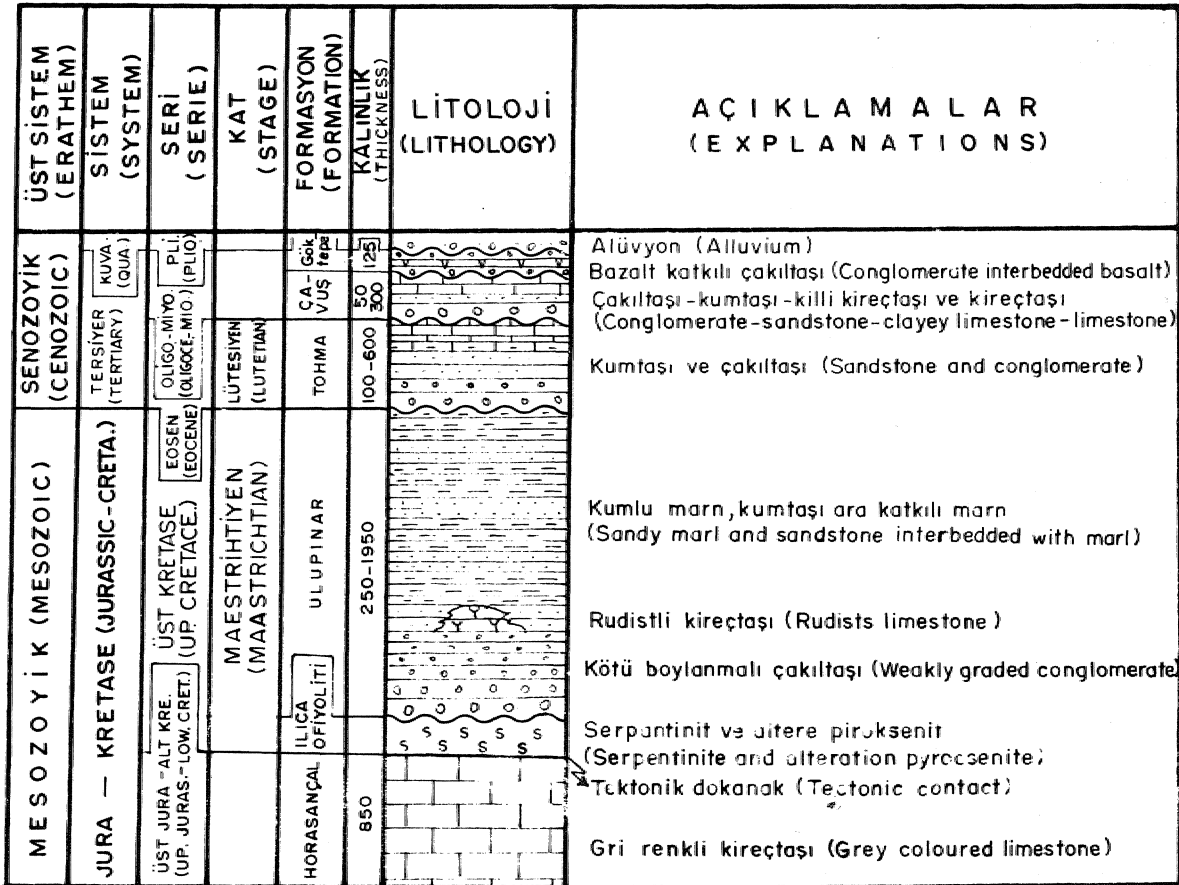
karasal bitki döküntülerinin karışımları, taşınmış organik maddenin değişik miktarları ve bilinmeyen kökenlere ait ince taneli amorf organik maddelerden meydana gelir. Değişik özeli itelerdeki organik madde fluoresans özellik göstermez. H/C ile rock-eval verileri kura gaz oluşumunu gösteren değerlere işaret eder. CD organik fasiyesi, denizel ve gösel tortullarda bulunmakta ve çoğunlukla iç şelfte gelişmektedir. Ünce taneli aliiviyal çökeller de CD organik fasiyesinde bulunabilir. Organik madde miktarları daha az olan D organik fasiyesi CD organik fasiyesinin etrafında bir fasiyes olarak, yer alır.

D organik fasiyesinde ineditit kömür maseralleri özellikle ağır petrol içinde bulunur. Bu maserale ek olarak bakteri, ve diğer etkilerle değiştirilerek kalıntı organik madde haline gelmiş, ısısal olaylarla yüksek oranda ayrışmaya uğramış, taşınmış organik madde tipleri, de bulunmaktadır. Taşınmış organik madde ve ağır kömür maseralleri genellikle siyah ve köşeli, mineral, maddelerle karışmış olarak bulunur (Tissot ve Weite, 1978). D organik

| Organik Fasiyes (Organic facies) | % Ro $\approx$ O, 5 de H/C | Piriliz Verileri (Pyrolysis yield) |         | Egemen Organik Madde (Dominant organic matter)        |
|----------------------------------|----------------------------|------------------------------------|---------|---|
|                                  |                            | HI                                 | OI      |   |
| A                                | $\geq 1,45$                | $> 850$                            | 10-30   | Algal, Amorf (Algal, amorphous)                       |
| AB                               | 1,35-1,45                  | 650-850                            | 20-50   | Amorf, çok az karasal (Amorphous, minor terrestrial)  |
| B                                | 1,15-1,35                  | 400-650                            | 30-80   | Amorf, yaygın karasal (Amorphous, common terrestrial) |
| BC                               | 0,95-1,15                  | 250-400                            | 40-80   | Karışık, bazen okside (Mixed, some oxidation)         |
| C                                | 0,75-0,95                  | 125-250                            | 50-150  | Karasal bazen okside (Terrestrial, some oxidation)    |
| CD                               | 0,60-0,75                  | 50-125                             | 40-150+ | Okside taşınmış (Oxidized, reworked)                  |
| D                                | $\geq 0,60$                | $< 50$                             | 20-200+ | Yüksek okside, taşınmış (Highly oxidized, reworked)   |

Çizelge 1 A-D organik fasiyeslerinin bazı genel jeokimyasal ve mikroskopik özellikleri (Jones, 1987).

Table I Some generalized geochemical and microscopic characteristics of organic A-D (after Jones, 1987).



-Şekil 3 İnceleme alanının genelleştirilmiş dikme kesiti.

Figure 3 Generalized columnar section of the investigated area,

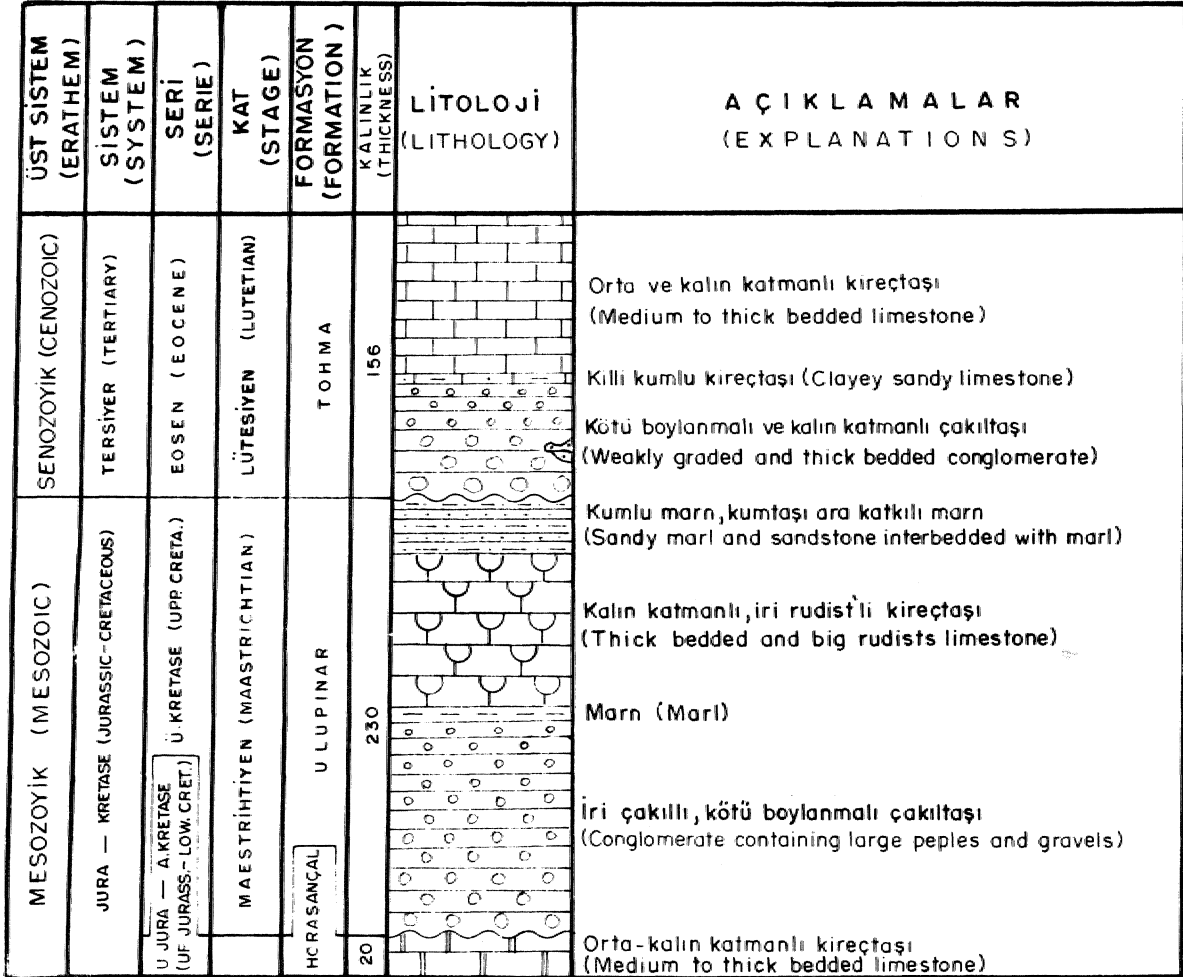
fasiyesi toplam, organik karbon içeriği ve diğer özellikleri yönünden değerlendirildiği zaman ekonomik olmayan birikimler şeklinde olduğu görülün Taşınmış organik madde genellikle yüksek, derecede aynışmaya uğramış sedimenter kayaların oluşturduğu, dağ yüksclimlerinde ve şelf çökellerinde bulunmaktadırlar. Tane boyu büyük ve yoğunluğu fazla olan taşınmış organik madde» iri taneli ve kötü boylanmalı çökeller içinde bulunur. Bu tür çökeller bazen türbidiüerin etkisiyle yada denizaltı kaymalarının etkisiyle denizlerde de birikebilir.. Karasal çökellerin büyük çoğunluğu yüksek oksijenli ortamlarda ve D organik fasiyesinde depolanırlar (Jones, 1987).. D organik fasiyesi karbonatlı kayalar da içerebilir... Bu fasiyeste çökelen karbonatlı çoğunluğu yüksek oksidasyon ortamına işaret eder...

Uluşınar formasyonu kırıntılıları, resifal kireçtaşı ve marnlardan oluşmuş olmak üzere toplam altı örnekte elde edilen organik materyal jeo-

kimyasal analizlere tabi tutulmuş ve rock-eval pilolizi ile toplam organik karbon değerleri şu şekilde bulunmuştur;

|                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| Toplam organik karbon (T.O.K.)(%) | : 0,09-0,12 |
| S1 (mgHC/g)                       | : 0,08-0,23 |
| S2 (mgHC/g)                       | : 0,08-0,17 |
| S3 (mgCO <sub>2</sub> /g)         | : 1,03-1,24 |
| Hidrojen indeksi (HI)             | : 80-170    |
| Oksijen indeksi (OI)              | : 1030-1240 |
| Tmax (C°)                         | : 473       |
| Genetik potansiyel (S1+S2)        | : 0,16-0,42 |
| Transformasyon oranı (S1/S1+S2)   | : 0,50-0,54 |

Yukarıdaki değerlerden T.O.K., toplam organik karbon miktarını göstermektedir. Bu, kayaçtaki kerojen miktar ile kerojenden türemiş ancak kayaç dışına atılmamış hidrokarbonlara ait karbon miktarının toplamını verir (Duranda ve diğ., 1972),



Şekil 4 Kurtini Tepe ölçülü dikme kesiti (Özçelik ve diğ., 1990).

Figure 4 Measured column section of the Kurtini Tepe (Özçelik et al, 1990).

Rock-eval pirolizi ile özel bir ısı programı altında ve oksijensiz ortamda öncelikle serbest hidrokarbonlar (S1) açığa çıkar, ısı artışı ile kölejen parçalanarak yeni hidrokarbonlar oluşur (S2). Piroliz sırasında bir miktar da CO2 açığa çıkar (S3). Bu değerlerden S2'nin toplam organik karbon miktanna bölünmesiyle hidrojen indeksi (HI), S3'ün toplam organik karbon miktanna bölünmesiyle oksijen indeksi (OI) elde edilmiş S1 ve S2'nin toplanmasıyla jeenetik potansiyel, S1 değerinin S1 ve S2 toplamına bölünmesiyle de transformasyon oranı bulunur.

Örneklere vitrinil bulunamamıştır. Egemen organik madde taşınmış ve oksidedir. Oksijen indeksinin çok yüksek, olması nedeniyle HI-OI diyagramına uygulanamamıştır. -Organik, jeokimyasal veriler Ulupınar formasyonunun. CD ve D organik fasiyesinde bulunduğunu gösterir...

Benzer özellikler Alplerdeki molas havzalarında ve Karadeniz'in doğusundaki kıyılar boyunca çökelen kırıntılılar ile Jura yaşlı resif gerisi karbonatlarda, görülmektedir (Jones, 1987).

## SONUÇLAR

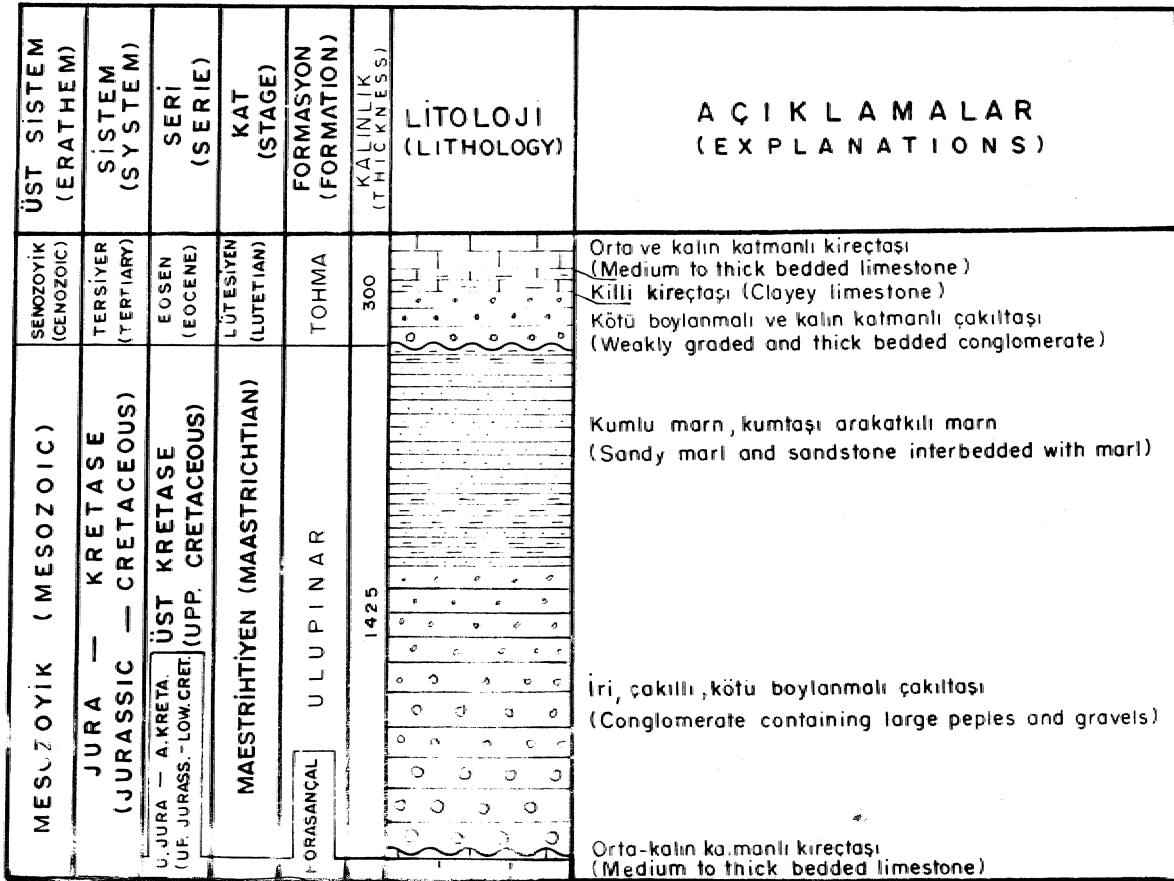
Levent kuzeybatısı (Akçadağ-Malatya) yöresinde Ulupınar formasyonundan alınan örneklerin toplam organik karbon yüzdesi 0,09-0,12 arasında belirlenmiş olup formasyon organik madde açısından, zayıftır.

Rock-eval pirolizlerine göre hidrojen indeksi (HI) düşük, oksijen indeksi (OI) yüksektir., Yansıması ölçülebilecek vitrinitler bulunamamış olup egemen organik madde taşınmış ve oksidedir.

Be bulgular Ulupınar formasyonunun CD ve D organik fasiyesine karşılık geldiğini, bu fasiyeslerdeki birimin organik madde açısından hidrokarbon potansiyeli sunamayacağı sonucunu göstermektedir.

## KATKI BELİRTME

Yazar, C.Ü. araştırma fonu tarafından desteklenen bu çalışmada kalkanı nedeniyle Peter Walkoo (Geochem-İngiltere), Orhan Tatar (Keele Üniversitesi-İngiltere), Araş. Gön Mehmet Altunsoy ve Teknik Ressam Veli" Kayaoğlu'na (C.Ü.) teşekkür eder.



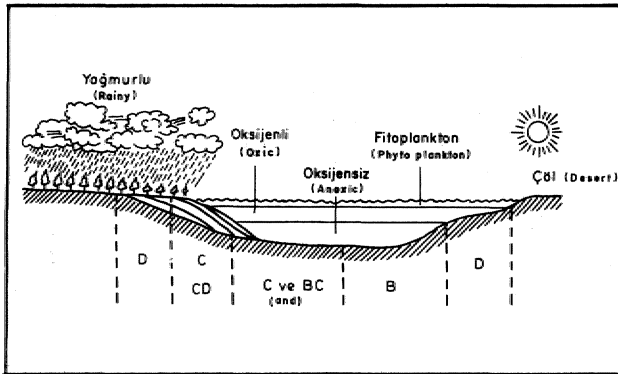
Şekil 5 Akçukur Meykii-Leylek Tepe ölçülü dikme kesiti (Özçelik /e diğ., 1990).

Figure 5 Measured columner section of Akçukur Mevkü-LeylekTepe (Özçelik. et al, 1990).

| ÜST SİSTEM<br>(ERATHEM)  | SENZOYİK<br>(CENOZOIC)  | MESOZOYİK (MESOZOIC)              | LİTOLOJİ<br>(LITHOLOGY) | AÇIKLAMALAR<br>(EXPLANATIONS)  |
|--------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--|
| SİSTEM<br>(SYSTEM)       | TERSİYER<br>(TERTIARY)  | KRETASE (CRETACEOUS)              |                         |  |
| SERİ<br>(SERIES)         | EOSEN<br>(EOCENE)       | ÜST KRETASE<br>(UPPER CRETACEOUS) |                         |  |
| KAT<br>(STAGE)           | LÜTESİYEN<br>(LUTETIAN) | MAESTRİHTİYEN<br>(MAASTRICHTIAN)  |                         |  |
| FORMASYON<br>(FORMATION) | TOHMA                   | ULUPINAR                          |                         |  |
| KALINLIK<br>(THICKNESS)  |                         | İLİCA OFİYOLİTİ                   | 300                     |  |
|                          |                         |                                   |                         | İnce - orta katmanlı kumtaşı<br>(Thin to medium bedded sandstone)        |
|                          |                         |                                   |                         | Kötü boylanmış çakıltaşı<br>(Weakly graded conglomerate)                 |
|                          |                         |                                   |                         | Gri ve yeşil renkli kumtaşı<br>(Grey and green coloured sandstone)       |
|                          |                         |                                   |                         | Kötü boylanmış çakıltaşı<br>(Weakly graded conglomerate)                 |
|                          |                         |                                   |                         | Serpantin ve altere piroksenit<br>(Serpentine and alteration pyroxenite) |

Şekil 6 Burunkaya ölçülü dikme kesiti (Özçelik ve Altunsoy, 1991)..,

Figure 6 Measured columnar section of Burunkaya (Özçelik and Altunsoy, 1991)..,



Şekil 7 Değişik çökelme ortamlarındaki farklı organik fasiyeler (Jones, 1987).

Figure 7 Schematic illustration of different depositional environments in which different organic faciès might form, (after Jones, 1987).

#### DEĞİNİLEN BELGELER

Akkuş, M.F., 1971, Darcnde-Balaban Havzasının (Malatya) jeolojik ve stratigrafik incelemesi: MTADerg., 76, 1-60.

Ayan, T., 1961, Malatya kuzeyindeki Hekimhan-Ebreme Köyü bölgesinin (K39-c3) detay jeolojisi ve petrol imkanları: MTA Rap. No: 4186 (yayınlanmamış).

Ayan, T., ve Bulut, G., 1984, Balaban, Yazıhan, Kurşunlu ve Lcvnet (Malatya) Bucakları arasındaki alanın genel jeolojisi: MTA Derg., 62, 57-81.

Bozkaya, Ö., 1991, Hekimhan güneyi (KB Malatya) Üst Kretase-Tersiyer yaşlı sedimanter istifin mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelemesi: C.Ü. Fen Bilimleri Ens.,, Yük., Lis. Tezi, 227 c (yayınlanmamış).

Durand, B., Espitalie, J., and Nicaise, G., 1972, Etude de la matière organique insoluble des

- argiles de Toarcien. du Bassin de Paris; Rev. Ins. Fr, Pétrole, 27, 6, p. 865-884.
- İlker» S., 1970» Darendede dolayının jeolojisi ve petrol imkanları: TPAO Rap. No: 499 (yayınlanmamış),..
- Jones,, R,W.,, 1987, Organic Fades: In Advances in petroleum, geochemistry, V.2, (Ed. Brooks, İ., and Weite, D.H.),, 1-91.
- Karacabey-Öztemür, N., 1980» Two new genera of Radiolitidae (Balabania n. gen.,, Kurtinia n. gen) from Turkey: TJK Bull, C.23, S.1, 79-87.
- Öiçen, S., 1985» Medik-Ebrcme dolayının biyost-  
ratigrafisi ve paleontolojisi: MTA Dere.,-  
10.5/106, 39-69.
- Özçelik, O., Meriç» E.,, ve Özer,, S.,, 1990, Hisarcık-Esenbey (B alaban-Malaty a) yöresi Üst Kretase-Eosen istifinin stratigrafik özellikleri: S.,Ü, Müh. Mim. Fak. Derg.,, C.5, S. 1-2, 20-29.
- Özçelik, O., ve Altunsoy, M.,, 1991, Levent (Akçadağ-Mal aty a) kuzeybatısının strati grafik özellikleri,: C.Ü. Müh. Fak., Derg.,, Ycrbilimlcri,C.8,S.1, 47-61..
- Tissot, B., and Welle, D.H., 1978, Petroleum. formation and occurrence: Springer-Verlag, ,538 s, New York,.

## 13 MART 1992 ERZİNCAN DEPREMİNİN' YÜZEY KIRIKLARI ARTÇI SARSINTILARI VE 17 EKİM 1989 LOMA PRIETA DEPREMİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

### COMPRASION OF THE SURFACE CRACKS OF THE ERZİNCAN EARTHQUAKE OF MARCH 13, 1992 AND ITS AFTERSHOCKS WITH THE LOMA PRIETA EARTHQUAKE OF OCTOBER 17, 1989

Ramazan DEMİRTAŞ  
Rüçhan YILMAZ,  
Hans BERCHEMER  
Bodo BAIER

Afet İşleri Genel. Mud. Deprem Arş. Bai.. Bask., Sismoloji Bölümü, ANKARA  
Afet. İşleri Genel. Müd. Deprem Arş. Dal Bask. Sismoloji Bölümü, ANKARA  
Frankfurt Üniversitesi, ALMANYA  
Frankfurt Üniversitesi, ALMANYA

ÖZ: 13 Mart. 1992. günü saat 19.20 de Erzincan havzasının kuzeybatısında Ms= 6.8 magnitüdü ve hemen .iki gün sonra. 15 Mart 1992 günü saat; 18.16' da havzanın güneydoğusunda Ms= 6.1 magnitüdü, ağır hasarlara, ve birçok can kaybına neden, olan iki ayrı deprem meydana gelmiştir. 25.9.1992 tarihi itibari ile resmi rakamlara göre 13 Mart 1992 depremi, Erzincan ilinde 653 ölüm, 3850 yaralanma, 7013 yapının, orta. ve 11796 yapının, hafif derecede hasar görmesine sebep olmuştur.

13 Mart 1992 depreminin episantr, havzanın hemen .kuzeybatısında bulunan Yalnızbağ ile Günebakan köyleri arasında bir yerde, 15 Mart 1992 depreminin episantr ise havzanın güneydoğusunda, havzanın, kuzey ve güneyinden geçen KAF'nın .ana fay segmentlerinin sağa basamak, yaptığı bir bölgede (Çağlayan-Pülümür .arasında.) yer almıştır.

Jeolojik ve sismolojik veriler, 13 Mart. 1992 depreminin havzanın kuzeyinden geçen ve batıda Davarlı köyü ile doğrudan Tanyeri arasında kalan Kuzey Anadolu, fayının 29 km. derinlikte, 45 km .iki bir segmentini kırdığını göstermektedir,. Bu kırılan, kesim, 26 Aralık 1939' Erzincan deprem (Ms= 7.9) kırığının en doğu kısmına, karşılık gelmektedir,. Deprem, fay boyunca 20 cm. .iki sağ yönlü yatay ve 25 cm lik düşey kaymaya, neden olmuştur. İkinci Pülümür depreminin odak derinliği 16 km olarak bulunmuştur.

Deprem,, odak derinliğinin çok fazla, olması ve havzada oldukça, kalın gevşek bir .sedimentasyon.« olması nedeniyle yüzeyde belirgin, bir faylanma oluşturmamıştır. Kırıklar, genellikle süresiz, birkaç yüz metre uzunlukta ve sismik sarsma, ile meydana gelmiş ikincil oturma kırığı şeklinde gelişmişlerdir,. Havzanın kuzeybatısında (Davarlı-Günebakan köyü arasında) bindirme bileşenli, havzanın güneydoğusunda ise normal bileşeni doğrultu, atını kırıklar' gözlenmiştir.,

Deprem, havzanın .güneyinden, geçen. KAF'nın ana fay segmenti üzerinde hem an. gi. bir kırık meydana getirmiştir,.

Sismik sarsma, yerel olarak büyütülmüştür. Bu büyütmele, özellikle kum,, çakıl ve kil. anılanmasında oluşan konsolide olmamış zeminlerde meydana, gelmiştir. Bu depremde elde edilen, kuvvetli yer' hareketi, şimdiye kadar ülkemizde elde edilen en. büyük yer hareketidir. En büyük yer ivmesi, Doğu-Batı yönünde 0,5 g, Kuzey-Güney yönünde 0.4 g ve düşey yönde ise 0.25 g kadar olmuştur,. Kuvvetli yer hareketi 15 saniye kadar sürmüştür.

Depremi eşsiddet haritasında belirlenen maksimum, değer VIII olup, bu alanlar aletsel episantr verileri, ile uyumludur.

Sismik sarsma,» yol yamaçlarında, dolgu zeminlerde,, suya doymuş zeminlerde ve- stabil olmayan, dik yamaçlarda birçok heyelanlara, neden olmuştur. Havzanın güney 'doğu kısımlarında, Fırat nehrinin, kenarlarında küçük ölçekte sıvılaşmalar ve küçük kum volkanları gelişmiştir.

.Ana şoktan sonra üç aylık bir süre içerisinde 6.000 civarında artçı sarsıntılar kaydedilmiştir,, .Artçı sarsıntılar, ana şoktan, sonraki günlerde zamanla bir azalma göstermişlerdir. Bu sarsıntılar havzanın iki aye kesiminde yoğunlaşmış olup,» havzanın kuzeybatısından güney doğusuna doğru, kırık boyunca ilerlemişlerdir, Artçı şoklar, 5 ile 10 km arasında değişen odak derinlikleri göstermektedirler. Her iki. depremin de ana şokları,, .artçı şokların, altında, yer almıştır,.

13 Mart 1992 Erzincan depremi,, San Andreas fayının 40 km uzunlukta bir segmentini kıran,» 18 .km odak. derinliği olan ve fay boyunca. 180 cm yatay ile 120 cm. düşey atım meydana getiren 17 Ekim 1989 Loma Prieta depremine (M= 7.1) birçok, yönden benzerlik göstermektedir.

**ABSTRACT:** Two different, **earthquakes**, which caused, **severe** damage and **many** casualties occurred in the NW part, of the **Erzincan** basin and in the SE part of the basin on March 13 ( **$M_s=6.8$** ) and 15, ( **$M_s=6.1$** ) 1992, respectively. **According**, to the official numbers, the magnitude 6.8 Erzincan earthquake **resulted** in 653 deaths, **3850** injuries, 7013 heavily and 11796 slightly damaged houses.

The epicenter of the earthquake of March 13, 1992 located between **Yalnızbağ** and **Günebakan** villages located, in the NW part, of the basin. The epicenter of the another earthquake ( **$M_s=6.1$** ) located between **Çağlayan** and **Pülümür** in the SE part of the basin where the **northern** and **southern** segments of the NAF in that region make a step to the right.

Geologic and seismologic data indicate that the earthquake ruptured a 45 km long segment of the NAF to a depth of 29 km. The ruptured section represents the easternmost part of the earthquake of December 26, 1939 ( **$M=7.9$** ). Relative displacement of the earthquake of **March 13** varies, from **a few centimeters to 20 cm** right lateral and **up** to 25 cm of throw. We determined 16 km of focal depth for the **Pülümür earthquake of March 15**.

A clear surface **faulting** was **not** observed on the ground surface due to deep focal depth of the earthquake, thick, and **unconsolidated** sedimentary deposits accumulated in the basin. Surface ruptures developed, as **discontinuous**, a few hundred meters long and generally secondary cracks, resulted, from seismic **shaking**. We observed **strike-slip** faulting with small reverse component in the NW part of the basin. In **contrast to**, **tensional** cracks formed in the SE part of the basin. No crack was observed, in the southern segment of the NAF extending; from **Çağlayan** to the eastward.

Seismic shaking was locally amplified, significant amplification occurred in areas of **unconsolidated** deposits, consisting of alternation, of sand, gravel, and clay layers. **Ground** motion obtained from this earthquake has been the strongest motion, that recorded so far, in Turkey. Peak accelerations **were** recorded, as **0.5 g**, **0.4 g** and **0.25 g** in the directions of E-W, N-S and vertical, respectively.

The maximum intensity of the **Erzincan** earthquake shown in the isoseismic map was assigned as MSK VIII and this value was compatible with data of instrumental epicenter.

Strong **ground** motions **during** the earthquake triggered **many** landslides in areas of road cutting, filling **grounds**, **unstable** steep slopes and water-saturated **grounds**. Liquefaction and small-sized sand volcanoes were observed on the **both** sides of the Fırat River.

A **total** of 6.000- aftershocks were recorded within, **three** months, after the main shock. The number of **aftershocks** **gradually** decreased with time after the main shock. These aftershocks concentrated in **two** different places of the basin corresponding to their epicentral regions of **both** earthquakes. These aftershocks **concentrated** in **two** different places, of the basin corresponding to their epicentral regions of **both** earthquakes. These **aftershocks** migrated from the NW side to the SE side of the basin, along the **fault**. The focal **depth** of aftershocks vary from 5 km to 10 km. Both main shocks lie at the bottom of the aftershocks distribution.

In many ways, the **Erzincan** earthquake of **March 13, 1992** is very similar to the **Loma Prieta earthquake of October 17, 1989** ( **$M=7.1$** ) that ruptured a 40 km long segment of the San Andreas Fault to a depth of 18 km. and **amounted** to 180 cm horizontal and **120** cm vertical displacements.,



## MARKOV ZİNCİRİ ANALİZ YÖNTEMİNİN LİNYİT İÇEREN ZİRNÂK FORMASYONUNA (PLİYÖSEN, HİNİS) UYGULANMASI -

*Markov Chain analysis applied to lignite bearing Zırnak formation (Pliocene, Hınıs)*

Ali İhsan GEVREK MTA Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi, ANKARA  
İlker ŞENGÜLER MTA Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi, ANKARA

**ÖZ:** Bu çalışmada, linyit içeren. Zırnak Formasyonunun litofasiyelerine Markov zinciri analiz yöntemi uygulanmıştır. Doğu. Anadolu'da yeralan Pliyosen yaşlı Zıroak Formasyonu çakıltaşı, silttaşı, kiltası ve yer yer de tuf, aglomera ve linyit içermektedir.

Markov zinciri analizini uygulamak amacı ile Zıroak. Formasyonunda yapılan kömür sondajlarından 5 tanesinin kömürlü seviyelerinde yeralan linyit, tuf, kiltası, silttaşı litofasiyeleri sayılmış ve birbirlerini ne kadar araladığı saptanmıştır, Bu verilerden bağımsız olasılı, geçişli olasılı ve fark matrisleri hesaplanmıştır.

Elde edilen, değerlerden, incelenen sondajlarda kesilen, litofasiyelerin birbiri ile olan ilişkileri ve geçişleri istatistiksel olarak, saptanmıştır. Sonuç olarak; sondajlarda linyit-kiltası. ve kiltası-lyinit geçişlerinin, linyit-tuf ve tuf-lyinit geçişlerine sayısal olarak, yakın olduğu bulunmuştur,. Linyit oluşumu ile çökeltme ortamına tuf gelişti arasındaki ilişki istatistiksel olarak, belirlenmiştir.

**ABSTRACT:** In this study Markov chain analysis is applied to lignite bearing Zımak Fonnation which is of Pliocene age and is located at Eastern Anatolia. It is composed of mainly conglomerate, sandstone, siltstone, claystone, limestone and locally tuff» agglomerate and lignite 'beds.

In order to apply Markov chain analysis lignite, tuff, claystone, and siltstone litofacies and their successions are counted from 5 drilling cores of Zımak Formation. Independent trials probability, transition, probability, and difference matrixes are derived from this raw data. Litofacies relationships and transitions have statistically been described and iotepreted.

As a result; lignite-claystone and claystone-lignite transitions are similar to lignite-tuff ani-tuff-lignite transitions. The relationships between the formation of lignite and occurrence tuff have been found statistically.

### GİRİŞ

Markov zinciri analiz yöntemi, olasılıklı istatistiksel, bir metoddur. Aynı zaman aralığında ve aynı ortamda oluşan litofasiyes aralanmalarının birbiri ile ilişkilerini açıklamada kullanılmaktadır (Knımbein, 1968; Gingerich, 1969; Mıall, 1973; Carr, 1982; Davis,, 1986; Evans. 1991)...

Bu çalışmada, yöntem., Doğu Anadolu bölgesinde geniş alanlar kaplayan Zırnak Formasyonunun (İlker, 1966) linyit içeren seviyelerine

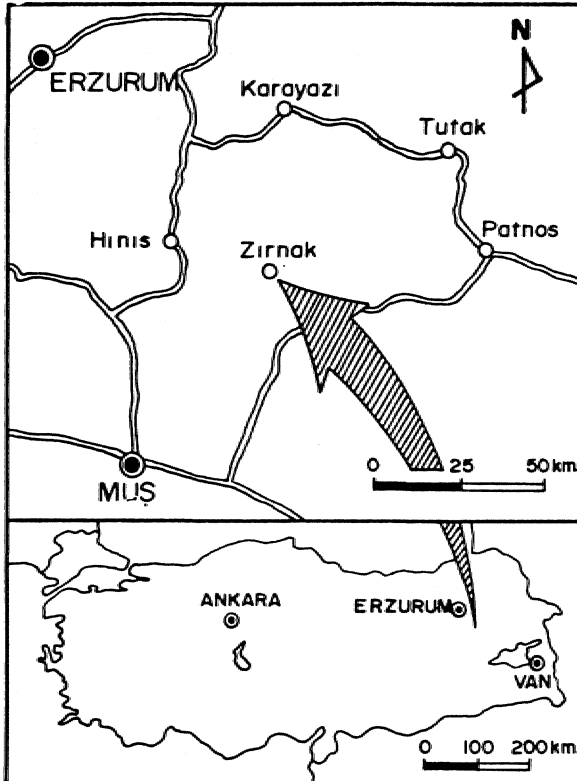
uygulanmıştır (Şekil 1). MTA. Genel Müdürlüğü tarafından 1971-1976 yılları arasında, formasyona adını veren Zırnak Tepe dolayında (Hınıs güneydoğusu) yapılan linyit sondajlarında kesilen litofasiyeler (Selvi, 1977) veri olarak kullanılmıştır.

Akarsu ve göl çökellerinden oluşan, birim, tabanda 150 m. kalınlık sunan çakıltaşı ve san-gri renkli kumlası aralanması ile başlar. Üzerinde ise beyaz-gri renkli, yer yer bol fosilli, mam-tuf» kiltası, silttaşı, linyit ağdalanmasından oluşan ve

ortalama kalınlığı 30 m. olan seviye yeraltıJEn üstte yeraltı san-boz renkli gevşek çimentolu kumtaşı, marn. ve gösel kireçtaşından oluşan seviyenin toplam kalınlığı ise 270 m., kadardır.. (Şekil 2).. Zırnak Formasyonunun toplam kalınlığı 450 m. (Sengiller ve diğ., 1991), yaşı ise Pliyosen'dir (Akay ve diğ., 1989) Linyitler yan. mat özellikte olup egemen olarak, karasal bataklık ürünüdür (Şengüler ve Toprak, 1991).

### ZIRNAK FORMASYONUNA AİT HESAPLAMALAR

Yöntemin uygulanmasına,, öncelikle analiz edilecek litofasiyesleinin tanımlanmasıyla başlanmaktadır. Zırnak Formasyonunda analiz edilen litofasiyesler tuf-linyit-silttaşı ve kilttaşıdır. Bunun tabaka kalınlıkları 0.05-3.50 m. arasında değişmekte olup" analizde kalınlıklar değil, litofasiyes sayısı dikkate alınmıştır., 1.Nolu kuyuda litofasiyesler toplamı 22'dir (Çizelge 1a). Analizde ikinci işlem fasiyeslerin sayılması, tekrarlanma oranlarının bulunması ve bir çizelgede gösterilmesidir (Çizelge 1b). Buna sayılan, geçiş matriksi (transition count matrix) denir., Çizelgede sayılan, geçiş matriksinin bileşenleri  $f_{ij}$  sembolleri ile gösterilmiştir. Burada i satır, j sülun rakamlarını belirtir.



Şekil 1 Yer bulduru haritası.

Figure 1 Location map.

$i=j$  olduğu durumlarda "0" sıfır kullanılmış, diğer bir deyişle aynı litofasiyesin üst üste sayılmamasına özen gösterilmiştir. Örneğin, 1 no'lu kuyuda linyit üzerinde 3 defa tuf tabakası yer almaktadır ( $f_{ij} = 3$ ) (Çizelge 1b).

Yöntem gereği, sayılan geçiş matriksinden üç olasılı matriks elde edilir

1) Bağımsız olasılı matriks (Independent trials matrix):

Bağımsız olasılı matriks bileşenleri için  $r_{ij}$  sembolü kullanılır (Mi ali, 1973).

$r_{ij} = S_j / (t - S_i)$ . (1) eşitliği ile hesaplanır,,

Bir no'lu kuyuda toplam litofasiyes sayısı;  $t = 22$  linyit sayısı;  $S_i = 8$  ve tuf litofasiyes sayısı;  $S_j = 5$  dir (Çizelge 1a). Bu değerler yukarıda verilen

| KAYATÜRÜ<br>(Lithology) | AÇIKLAMALAR<br>(Explanations)   |
|-------------------------|---|
|                         | Kireçtaşı<br>(Limestone)  |
|                         | Kumtaşı<br>(Sandstone)  |
|                         | Marn<br>(Marl)  |
|                         | Silttaşı ve kilttaşı ardalanması<br>(Siltstone and claystone alternations)  |
|                         | Tuf<br>(Tuff)   |
|                         | Linyit, kilttaşı ve silttaşı ardalanması, yer yer tuf arakatlı<br>(Lignite, claystone and siltstone alternations, in places, interbedded with tuff) |
|                         | Marn<br>(Marl)  |
|                         | Kumtaşı<br>(Sandstone)  |
|                         | Çakıltı<br>(Conglomerate)   |
|                         | ÖLÇEKSİZ<br>(not to scale)  |

Şekil 2 Zırnak Formasyonunun genelleştirilmiş dikme kesiti.

Figure 2 Generalized columnar section of Zırnak Formation.

| a. Litofasiyeler<br>(Lithofacies)                                   |      | b. Sayılan geçis matrisi (fij)<br>( Transition count matrix ) |      |      |     |        |        | c. Bağımsız olasılı matrisi (rij)<br>( Independent trials matrix ) |       |      |      |      |      |      |  |
|---|------|---|------|------|-----|--------|--------|--|-------|------|------|------|------|------|--|
| Linyit (LT)   | 8    |   | LT   | TUF  | KİL | SLT    | TOPLAM |  | LT    | TUF  | KİL  | SLT  |      |      |  |
| Tuf (TUF)   | 5    | LT  | 0    | 3    | 2   | 3      | 8      | LT   | 0.00  | 0.36 | 0.36 | 0.29 |      |      |  |
| Kırtasi (KİL)   | 5    | TUF   | 3    | 0    | 1   | 1      | 5      | TUF  | 0.47  | 0.00 | 0.29 | 0.24 |      |      |  |
| Siltasi (SLT)   | 4    | KİL   | 4    | 0    | 0   | 0      | 4      | KİL  | 0.47  | 0.29 | 0.00 | 0.24 |      |      |  |
| toplam  | 22   | SLT   | 1    | 2    | 1   | 0      | 4      | SLT  | 0.44  | 0.28 | 0.28 | 0.00 |      |      |  |
|   |      |   |      |      |     |        |        | f. Ki kare değerleri (X <sup>2</sup> )<br>( Chi square values )    |       |      |      |      |      |      |  |
| d. Olasılı geçis matrisi (pij)<br>( Transition probability matrix ) |      | e. Fark matrisi (dij)<br>( Diffrence matrix )                 |      |      |     |        |        |  |       |      |      |      |      |      |  |
|   | LT   | TUF   | KİL  | SLT  |     | LT     | TUF    | KİL  | SLT   |      | LT   | TUF  | KİL  | SLT  |  |
| LT  | 0.00 | 0.38  | 0.25 | 0.38 | LT  | 0.00   | 0.02   | -0.11  | 0.09  | LT   | 0.00 | 0.01 | 0.26 | 0.22 |  |
| TUF   | 0.60 | 0.00  | 0.20 | 0.20 | TUF | 0.13   | 0.00   | -0.09  | -0.04 | TUF  | 0.18 | 0.00 | 0.15 | 0.03 |  |
| KİL   | 1.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | KİL | 0.53   | -0.29  | 0.00   | -0.24 | KİL  | 1.15 | 1.47 | 0.00 | 1.18 |  |
| SLT   | 0.25 | 0.50  | 0.25 | 0.00 | SLT | -0.19  | 0.22   | -0.03  | 0.00  | SLT  | 0.34 | 0.71 | 0.01 | 0.00 |  |
|   |      |   |      |      |     | Toplam |        |  |       |      | 5.71 |      |      |      |  |
| Serbestlik derecesi (degree of freedom) = 8                         |      |   |      |      |     |        |        |  |       |      |      |      |      |      |  |

Çizelge 1. 1 No.lu sondajın istatistiksel verileri.

Table 1 Statistical data of drilling number 1.

| a. Litofasiyeler<br>(Lithofacies)                                   |      | b. Sayılan geçis matrisi (fij)<br>( Transition count matrix ) |      |      |     |        |        | c. Bağımsız olasılı matrisi (rij)<br>( Independent trials matrix ) |       |      |      |      |      |      |  |
|---|------|---|------|------|-----|--------|--------|--|-------|------|------|------|------|------|--|
| Linyit (LT)   | 7    |   | LT   | TUF  | KİL | SLT    | TOPLAM |  | LT    | TUF  | KİL  | SLT  |      |      |  |
| Tuf (TUF)   | 6    | LT  | 0    | 1    | 6   | 0      | 7      | LT   | 0.00  | 0.32 | 0.58 | 0.11 |      |      |  |
| Kırtasi (KİL)   | 11   | TUF   | 3    | 0    | 2   | 1      | 6      | TUF  | 0.35  | 0.00 | 0.55 | 0.10 |      |      |  |
| Siltasi (SLT)   | 2    | KİL   | 4    | 6    | 0   | 1      | 11     | KİL  | 0.47  | 0.40 | 0.00 | 0.13 |      |      |  |
| toplam  | 26   | SLT   | 0    | 0    | 2   | 0      | 2      | SLT  | 0.29  | 0.25 | 0.46 | 0.00 |      |      |  |
|   |      |   |      |      |     |        |        | f. Ki kare değerleri (X <sup>2</sup> )<br>( Chi square values )    |       |      |      |      |      |      |  |
| d. Olasılı geçis matrisi (pij)<br>( Transition probability matrix ) |      | e. Fark matrisi (dij)<br>( Diffrence matrix )                 |      |      |     |        |        |  |       |      |      |      |      |      |  |
|   | LT   | TUF   | KİL  | SLT  |     | LT     | TUF    | KİL  | SLT   |      | LT   | TUF  | KİL  | SLT  |  |
| LT  | 0.00 | 0.14  | 0.86 | 0.00 | LT  | 0.00   | -0.17  | 0.28   | -0.11 | LT   | 0.00 | 0.66 | 0.94 | 0.74 |  |
| TUF   | 0.50 | 0.00  | 0.33 | 0.17 | TUF | 0.15   | 0.00   | -0.22  | 0.07  | TUF  | 0.39 | 0.00 | 0.51 | 0.27 |  |
| KİL   | 0.36 | 0.55  | 0.00 | 0.09 | KİL | -0.10  | 0.15   | 0.00   | -0.04 | KİL  | 0.25 | 0.58 | 0.00 | 0.15 |  |
| SLT   | 0.00 | 0.00  | 1.00 | 0.00 | SLT | -0.29  | -0.25  | 0.54   | 0.00  | SLT  | 0.58 | 0.50 | 1.28 | 0.00 |  |
|   |      |   |      |      |     | Toplam |        |  |       |      | 6.84 |      |      |      |  |
| Serbestlik derecesi (degree of freedom) = 8                         |      |   |      |      |     |        |        |  |       |      |      |      |      |      |  |

Çizelge 2, 22 No.lu sondajın istatistiksel verileri.

Table 2 Statistical data of drilling number 22.

| a. Litofasyonlar (Lithofacies) |    | b. Sayılan geçiş matrisi (fij) (Transition count matrix) |    |     |     |     | c. Bağımsız olasılıklar matrisi (rij) (Independent trials matrix) |     |      |      |      |      |
|--------------------------------|----|--|----|-----|-----|-----|---|-----|------|------|------|------|
| Linyit (LT)                    | 15 |  | LT | TUF | KİL | SLT | TOPLAM  |     | LT   | TUF  | KİL  | SLT  |
| Tuf (TUF)                      | 13 | LT   | 0  | 9   | 5   | 1   | 15  | LT  | 0.00 | 0.52 | 0.36 | 0.12 |
| Kilitli (KİL)                  | 9  | TUF  | 7  | 0   | 5   | 1   | 13  | TUF | 0.56 | 0.00 | 0.33 | 0.11 |
| Siltli (SLT)                   | 3  | KİL  | 5  | 3   | 0   | 1   | 9   | KİL | 0.48 | 0.42 | 0.00 | 0.10 |
| Toplam                         | 40 | SLT  | 3  | 0   | 0   | 0   | 3   | SLT | 0.41 | 0.35 | 0.24 | 0.00 |

| d. Olasılıklar geçiş matrisi (pij) (Transition probability matrix) |      |      |      |      | e. Fark matrisi (dij) (Difference matrix) |       |       |       |       | f. Ki kare değerleri (X <sup>2</sup> ) (Chi square values) |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|---|-------|-------|-------|-------|--|------|------|------|------|
|  | LT   | TUF  | KİL  | SLT  |   | LT    | TUF   | KİL   | SLT   |  | LT   | TUF  | KİL  | SLT  |
| LT   | 0.00 | 0.60 | 0.33 | 0.07 | LT  | 0.00  | 0.08  | -0.03 | -0.05 | LT   | 0.00 | 0.18 | 0.03 | 0.36 |
| TUF  | 0.54 | 0.00 | 0.38 | 0.08 | TUF                                       | -0.02 | 0.00  | 0.05  | -0.03 | TUF  | 0.01 | 0.00 | 0.10 | 0.14 |
| KİL  | 0.56 | 0.33 | 0.00 | 0.11 | KİL                                       | 0.07  | -0.09 | 0.00  | 0.01  | KİL  | 0.10 | 0.16 | 0.00 | 0.02 |
| SLT  | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | SLT                                       | 0.59  | -0.35 | -0.24 | 0.00  | SLT  | 2.62 | 1.05 | 0.73 | 0.00 |
|  |      |      |      |      |   |       |       |       |       | Toplam   |      |      |      | 5.49 |

Serbestlik derecesi (degree of freedom) = 8

Çizelge 3.23 No.lu sondajın istatistiksel verileri.

Table 3 Statistical data of drilling number 23.

| a. Litofasyonlar (Lithofacies) |    | b. Sayılan geçiş matrisi (fij) (Transition count matrix) |    |     |     |     | c. Bağımsız olasılıklar matrisi (rij) (Independent trials matrix) |     |      |      |      |      |
|--------------------------------|----|--|----|-----|-----|-----|---|-----|------|------|------|------|
| Linyit (LT)                    | 12 |  | LT | TUF | KİL | SLT | TOPLAM  |     | LT   | TUF  | KİL  | SLT  |
| Tuf (TUF)                      | 11 | LT   | 0  | 5   | 7   | 0   | 12  | LT  | 0.00 | 0.48 | 0.48 | 0.04 |
| Kilitli (KİL)                  | 11 | TUF  | 5  | 0   | 5   | 1   | 11  | TUF | 0.50 | 0.00 | 0.46 | 0.04 |
| Siltli (SLT)                   | 1  | KİL  | 7  | 4   | 0   | 0   | 11  | KİL | 0.50 | 0.46 | 0.00 | 0.04 |
| Toplam                         | 35 | SLT  | 1  | 0   | 0   | 0   | 1   | SLT | 0.35 | 0.32 | 0.32 | 0.00 |

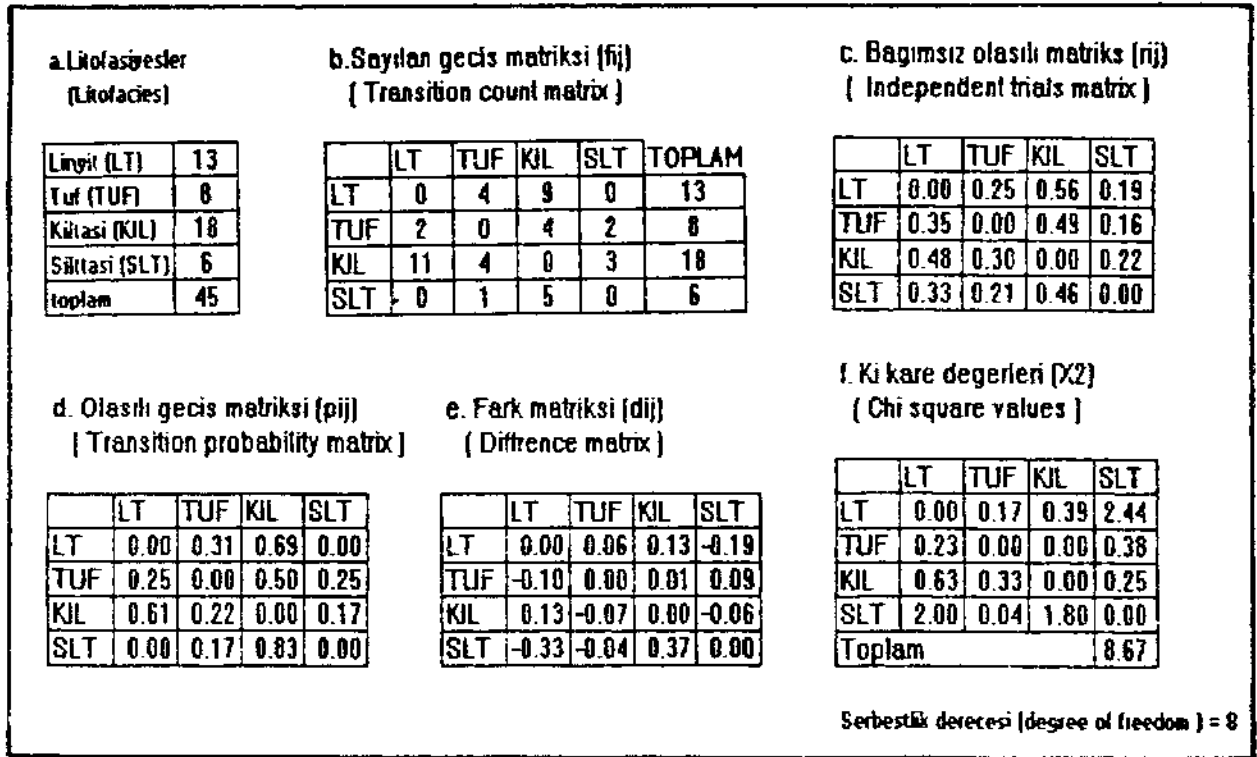
  

| d. Olasılıklar geçiş matrisi (pij) (Transition probability matrix) |      |      |      |      | e. Fark matrisi (dij) (Difference matrix) |       |       |       |       | f. Ki kare değerleri (X <sup>2</sup> ) (Chi square values) |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|---|-------|-------|-------|-------|--|------|------|------|------|
|  | LT   | TUF  | KİL  | SLT  |   | LT    | TUF   | KİL   | SLT   |  | LT   | TUF  | KİL  | SLT  |
| LT   | 0.00 | 0.42 | 0.58 | 0.00 | LT  | 0.00  | -0.06 | 0.11  | -0.04 | LT   | 0.00 | 0.10 | 0.28 | 0.52 |
| TUF  | 0.45 | 0.00 | 0.45 | 0.09 | TUF                                       | -0.05 | 0.00  | 0.00  | 0.05  | TUF  | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.64 |
| KİL  | 0.64 | 0.36 | 0.00 | 0.00 | KİL                                       | 0.14  | -0.09 | 0.00  | -0.04 | KİL  | 0.41 | 0.22 | 0.00 | 0.46 |
| SLT  | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | SLT                                       | 0.65  | -0.32 | -0.32 | 0.00  | SLT  | 1.19 | 0.32 | 0.32 | 0.00 |
|  |      |      |      |      |   |       |       |       |       | Toplam   |      |      |      | 4.5  |

Serbestlik derecesi (degree of freedom) = 8

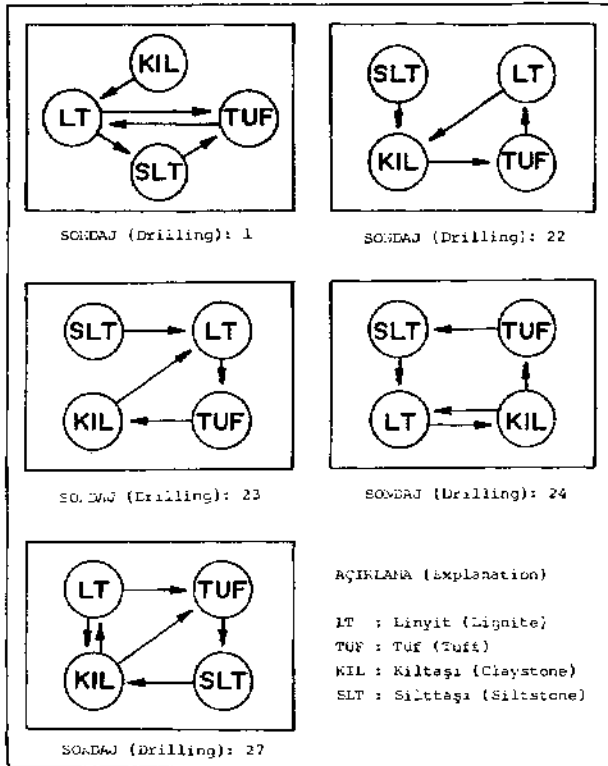
Çizelge 4.24 No.lu sondajın, istatistiksel verileri.

Table 4 Statistical data of drilling number 24.



Çizelge 5, 27 No.lu sondajın istatistiksel verileri.

Table 5 Statistical data of drilling number 27.



Şekil 3 İncelenen sondajlarda Markov Zinciri Analizine göre litofasies geçişleri.

Figure 3 Lithofacies transitions investigated drillings according to Markov Chain Analysis.

(1) no'lu eşitliğe uygulandığında  $r_{ij} = 0.36$  bulunur (Çizelge 1c). Bulunan  $r_{ij}$  değeri, linyit ve tuf litofasiesleri için bağımsız olasılı matrisi'dir. Yani, bir no'lu kuyuda sayılan toplam 22 litofasies içinde, 8 linyit tabakası üzerinde 5 kez tuf tabakasının yerleşiminin istatistiksel ifadesidir.

2) Olasılı geçiş matrisi (Transition probability matrix):

Olasılı geçiş matrisi bileşenleri için  $P_{ij}$  sembolü kullanılır.

$P_{ij} = f_{ij}/S_i$  ..... (2) eşitliği ile hesaplanır.

Bir no'lu kuyuda linyit üzerine gelen tuf tabakasının sayısı;  $f_{ij} = 3$ , toplam linyit tabakasının sayısı;  $S_i = 8$ 'dir (Çizelge 1b). Bu değerler yukarıda verilen (2) no'lu eşitliğe uygulandığında  $P_{ij} = 0.38$  bulunur (Çizelge 1d). Bu sayısal değer, linyit ile tuf tabakası arasındaki geçişin istatistiksel ifadesidir.

3) Fark matrisi (Difference matrix):

Fark matrisi için  $d_{ij}$  sembolü kullanılır.

$d_{ij} = P_{ij} - r_{ij}$  ..... (3) eşitliği ile hesaplanır.

Bir no'lu kuyuda olasılı geçiş matrisi;  $P_{ij} =$

0.38», bağımsız olasılı matiks;  $r_{ij} = 0.36$ 'dır Bu değerler yukanda verilen (3) nolu eşitliğe uygulanığında  $d_{ij} = 0.02$  bulunur (Çizelge 1e).

Yukarıda sözü edilen istatistiksel parametrelerin doğruluk ve güvenlilik kontrolü için ki kave sinaması (chî square test) uygulanmaktadır (Gingerica., 1969; Mäall, 1973).

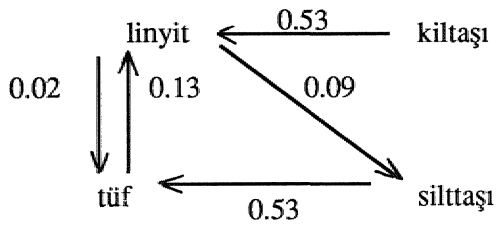
$$\chi^2 = Z^j (f_{ij} - S_{ij})^2 / S_{ij} \dots\dots\dots(4)$$

eşitliği yardımıyla yapılan bu sıralamada ki kare serbestlik derecesi; bağımsız olasılı matiks ( $r_{ij}$ ) çizelgesinde yeralan toplam pozitif rakam sayısından, mutlak değeri sıfır olan rakam sayısı çıkarılarak bulunur (Gingerich, 1969) (Çizelge 1f).

Yukarıda değinilen eşitlikler çalışma sahasında incelenen her kuyuya uygulanmış ve sonuçlar çizelgeler hafinde sunulmuştur (Çizelge 1, 2, 3,4, 5).

Çizelgede yeralan fark matiksindeki (I.e) pozitif değerler lilitofasiyeler arasındaki geçişleri göstermektedir. Örneğin; 1 nolu kuyuda, fark matiksini çizelgesinde (Le) ilk sırada yeralan linyit (LT) pozitif değere, tuf (TUF) ve siltaşında (SUT) ulaşmaktadır, ikinci sırada yeralan. tufin matiksini yalnız siltaşında pozitifdir.

Üçüncü sıradaki kiltaşının (KIL) matiksini linyite pozitif olmaktadır. Son sırada yeralan. siltaşının matiksini ise fiilde pozitif değerdedir. Bu pozitif değerler lilitofasiyeler uygulandığında, lilitofasiyeler arasındaki geçişler bulunur. Buna göre 1 no'luy kuyuda;



geçişleri elde edilmiştir..

Aynı şekilde yukarıdaki işlemler diğer kuyulara da uygulanmış ve elde edilen, ütofasiyeler geçişleri (Şekil 3)'de verilmiştir.

İncelenen kuyularda elde edilen ki kare değerleri; 8 serbestlik derecesine göre; 4.50-8.67 arasında değişmektedir. Bu değerlerin güvenilirlik sınırı % 70-90 arasındadır..

Erkan, 1990'a göre ki kare sinamasının güvenilirlik sınırı % 95 olarak verilmektedir.

Çalışmamızda elde edilen, değerlerin güvenilirlik sınırının altında olması, aıdalanen lilitofasiyelerin sayıların azlığına dolayısı ile sedimantasyona bağlıdır.

## SONUÇLAR

Markov zinciri analiz yöntemi» tekrarlanan lilitofasiyelerin birbirleri ile olan ilişkilerini ortaya koyar. Bu ilişkinin kökeni ve nedenleri ise ancak fasiyeler analizleri ile açıklanabilir.

İncelenen sondajların ikisinde (24 ve 27 nolu sondajlar) karşılıklı linyit-kiltaş geçişi» birinde (22 nolu sondaj) linyit-kiltaş geçişi, ikisinde ise (1 ve 23 nolu sondajlar) kiltaş-Hnyit geçişi saptanmıştır. Yine, sondajların birinde (1 nolu sondaj) karşılıklı linyit-tuf geçişi, ikisinde (23 ve 27 nolu sondajlar) linyit-tuf geçişi, birinde ise (22 nolu sondaj) tuf-linyit geçişi istatistiksel olarak saptanmıştır.

Sonuç olarak,, çökme ortamına tuf gelişimi ile linyit oluşumu arasında bağlantı olduğu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre Markov Zinciri. Analiz yönteminin, lilitofasiyelerin ardalanma sayısı ile orantılı olduğu ortaya çıkmaktadır.

## KATKI BELİRTME

Yazarlar, kendilerine çalışma olanaklarını sağlayan ve destek olan Doç. Dr. Güner ÜNALANPa (MTA), eleştirileri ile katkıda bulunan Doc. Dr., Nizamettin KAZANCI (AÜFF) ve Doç.. Dr. Baki VAROL'a (AÜFF), hesaplamalardaki katkılarından dolayı Dr. Mehmet ŞENER (MTA) ve Fakik OCAKOĞLU'na (MTA) teşekkür ederler.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Akay, E., Erkan, E., Onay, E., 1939, Muş Tersiyer havzasının stratigrafisi. MTA Dergisi Sayı: 109, S. 59-76.
- Can, T.R., 1982, Log-linear models, Markov chains and cyclic sedimentation. Jour. Sed. Pet Vol. 52,8.905-912...
- Davis, J.C., 1986, Statistics and Data Analysis in Geology,.. John Wiley and Sons, Inc., U.S.A., S, 150-1Ç2.
- Erkan, Y., 1990, Yerbilimciler için istatistik (çeviri) Ankara..
- Evans, I.E., 1991, Facies relationships, alluvial architecture and paleohydrology of a Paleo-

- . gene, humictropical alluvial fan system: Chumstick Foimation Washington State USA. Jour. Sed. Pet. Vol. 61, S. 732-755.
- Gingerich, D.D., 1969, Markov Analysis of cyclic alluvial sediments. Jour., Scd, Pet. Vol, 39, S. 330-332.
- İlker» S., 1966, Eizunım-Muş bölgesinde Karaköse J 48 a4, di paftalarının 1/25,000 ölçekli detay petrol etüdü MTA Raporu, No: 4177 (yayınlanmamış).
- Krumbein, W.C., 1968, Statistical models in sedimentology. Sedimentology. Vol. 10, S, 7-23.
- Miall, A.D., 1973, Markov chain analysis applied to an ancient alluvial plain, succession. Sedimentology. Vol. 20, S. 347-364.
- Selvi B., 1977, Erzurum-Hinis-Zimak kömür havzasının raporu» MTA raporu. No: 6379 (yayınlanmamış)..
- Sengiller, L, Özdemir, I., Sulu, K., Gönenç, O., 1991, Muş-Hınıs (Erzurum)-Tütak (Ağrı) Havzasının Jeolojisi ve Linyit Olanakları .MTA Rapora; No: 9195 (yayınlanmamış).
- Sengiller, L, Toprak, S., 1991, Varto, Hınıs, Bulanık, Malazgirt, yöresi linyitlerinin petrografik özellikleri ,, Türkiye Jeoloji Bülteni. Cilt 34 S. 15-22.

## ÇİFTEHAN-KOÇAK (ULUKIŞLA/NİĞDE) YÖRESİ DEMİR YATAKLARININ MİNERALOGİK VE JENETİK İNCELEMESİ

*Mineralogical and genetic study of iron deposits of the Çiftehhan-Koçak (UlukışlalNiğde) district*

Sedat TEMUR Selçuk Üniv. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, KONYA

Halil BAŞ Selçuk Üniv: Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, KONYA

ÖZ: Yöredeki demir yatakları Üst Senoniyen-Paleosen yaşlı Çiftehhan karmaşığına ait Elmalı volkanit üyesinin içinde veya bu volkanitlerle Aktaştepe kireçtaşı üyesine ait karbonatların kontaklarında yer almaktadır.

Yatakların ana cevher minerali manyetittir. Daha az oranlarda veya eser miktarlarda bulunan kalkopirit, kobaltit, pirit, bravoit, limeit, bornit, müerit, sfalerit, galenit, ilmenit, rutil/anatas, hematit, neodijenit, braunit, kovellin, nabit altufelektrum, klabrodit, bizmutinit ve ayikinit gibi cevher mineralleri manyetite eşlik etmektedir. En yaygın gang minerali ise epidottur. Kuvars, kalsit, granat, piroksen,- amfibol, klorit, kordierit, aktinolit ve tremolit izlenen diğer gang mineralleridir. Mineraller birbirini kesme» ornatma, birbirlerinin içinde aynılım veya kapanım kristalleri halinde bulunma özelliklerine göre cevher mineralizasyonu beş evreye ayrılabilir. Skam. zonlarının içinde yer alan demir yataktan kontak-metasomatik kökenlidir. Cevherleşmeyi monzonit ve diyorit bileşimli derinlik kayaçlarından kaynaklanan çözeltiler sağlamıştır., Yataklar Üst Senoniyen-Paleosen yaşlıdır. Yöredeki demir yataklarının toplam rezervi yaklaşık 200 000 ton'dur.

ABSTRACT: The iron ore deposits in the studied area appear in the Elmalı volcanite member or at the contact between this volcanites and Aktaştepe limestone member of the Upper Senonian-Paleocene aged Çiftehhan complex.

The dominant mineral, of the iron deposits is magnetite. Magnetite is accompanied in lesser or trace amounts by chalcoprite» cobaltite, pyrite, bravoite, linnaeite, bornite» millerite, sphalerite, galena, ilmenite» rutile» sphe, anatas, hematite, neodiganite, braunite, oovellite, native gold/electrum, clabrodite, bismutinit and aikinite, 'The common gangue mineral is epidote,. Quartz, garnet, pyroxene, amphibol, clorite, cordierite, actinolite and tremolite are the other observed gangue minerals. Ore mineralization can be divided five phases according to cross-cutting, replacement and seperation on inclusion features of the minerals. The iron deposits occurring in scam zones are of contact-metasomatic origine. The mineralization is due to solution derived from plutonic rocks with monsonitic and dioritic compositions. The age of the iron ores is Upper Senonian-Paleocene. The total reserve of the iron deposits in the area is about 200 000t.

### GİRİŞ

Bu çalışmada Çiftehhan-Koçak-Üçtepe (Ululaşla-Niğde) köylerinin yakınlarında (Şekil " 1) yer alan demir yataklarının jeolojisi, mineralojisi ve jenetik özellikleri ele alınmaktadır. Yörede ' 1970ü yıllardan beri çeşitli amaçlarla incelemeler yapılmış olup» bunlardan, çoğu, daha geniş alanları

kapsayan, jeolojik haritalama çalışmalarıdır. 1950-1960'arasında öl demir yataklarının işletmeye \*&&& bilinmektedir. Yörede maden yataManna y<sup>önetim</sup> Çalışmalar Ateş (1986), BıDor (1986), ?<sup>illorve</sup> ATMJ 0986), Tatar (1987) ile Çevikbaş ve Onrmâi (1991) tarafından yapılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, Orta Toros kuşağının



kuzey bitişğinde yer alan. ve gerek jeolojik konumlan, gerekse mineral parajenezleri bakımından kontak-metassomatik bir oluşumu yansıtan demir yataklarının ayrıntılı jeolojik ve mineralojik incelenmesi ve jenetik özelliklerinin yorumlanmasıdır. Bunun için 1/25 000 ölçekli jeolojik harita alımı yapılmış, birimler foimasyon ve üye mertebesinde tanımlanmış, cevherleşmelerin dağılımı ve yankayaç ilişkileri incelenmiş ve çok sayıda cevher örneğinin mineralojik incelemesi yapılmıştır.

#### JEOLJİK KONUM:

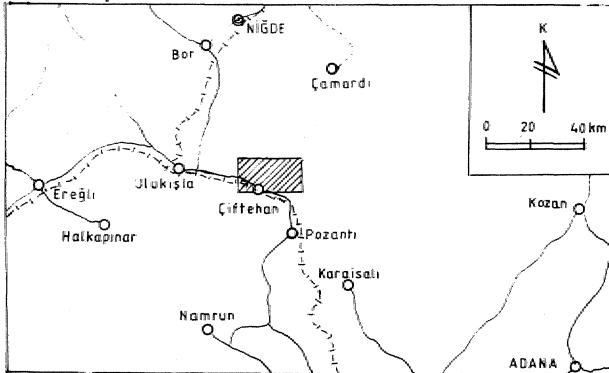
Orta Toros Kuşağı'nın önemli bir bölümünü oluşturan Bolkar Dağlarının kuzeyinde yer alan inceleme alanında gözlenen birimler Alihoca ofiyolitinin üzerine çökelmiş Üst Senoniyen-Ota Eosen zaman, aralığında oluşmuş sedimanter, volkano-sedimanter, damar ve derinlik kayaçları ile temsil edilmektedir (Şekil 2),

#### Alihoca Ofiyoliti

İnceleme alanının en yaşlı birimi olan Alihoca ofiyolitinin ismi Demirtaşlı ve diğ. (1973)'nden alınmıştır, Birim bazik ve ultrabazik kayaçları bunların içerisinde dağılmış Bolkardağı mermerlerine ait bloklardan oluşmaktadır. Bazik ve ultrabazik kayaçlar diyorit, gabro, diyabaz, peridotit ve serpantinitle temsil edilmektedir. Ofiyolitlerin üzerine Çiftehan karmaşığına ait sedimanlar gelmektedir. Bu sedimanlan elde edilen, fosiller ofiyolilerin yerleşim yaşının en geç Kampaniyen olduğunu göstermektedir (Baş ve Temur, 1991).

#### Çiftehan Karmaşığı

Birim esas olarak bazaltik, andezitik ve trakitik bileşimli volkanik lav akıntıları, aynı bileşimi damar kayaçları piroklastikler, yastık lavları ile konglomera, kum taşı, şeyi ve kireçtaşı, gibi sedimanter kayaçlardan oluşmaktadır. Ayrıca bunların



Şekil 1 İnceleme alanının yer buldum haritası.

Figure I Location map of the investigation area.

bir kısmını kesen monzonitik ve diyoritik bileşimli derinlik kayaçları bulunmaktadır. Birimi temsil eden bu değişik tür kayaçları aynı havzanın, ürünü olup. Üst Kretase'de gelişen adayayı volkarüzmasının aktif olduğu (Baş ve diğ., 1986) ve aynı zamanda terrijen malzemenin çökeldiği bir ortamı yansıtmaktadır. Karmaşığa ait sedimanlan elde edilen fosiller Üst Senoniyen-Paleosen yaşını vermektedir (Baş ve Temur 1991)..

Çiftehan karmaşığını oluşturan birimler litolojik özelliklerine göre Koçak şeyl-kumtaşı üyesi» Elmalı volkanit üyesi, Aktaştepe kireçtaşı üyesi, ve Üçtepe monzonit-diyorit üyesi olmak üzere dört üyeye ayrılmaktadır,,

Koçak şeyl-kumtaşı üyesi konglomera» kumlası, şeyi ve bunlarla aralanmalı killi kireçtaşı, seviyeleri ile temsil edilmektedir. Şeyler düşük dereceli metamorfizmanın etkisiyle yer yer fillitik özellik kazanmışlardır. Birim Çiftehan karmaşığının hem tabanında hem de daha üst seviyelerinde diğer üyelere ait birimlerle yanal geçişli ve aralanmah olarak gözlenmektedir.

Elmalı volkanit üyesinin yayılımı diğer üyelere göre daha fazladır. Genel olarak bazaltik, andezitik ve trakitik bileşimli lav akıntıları, damar kayaçları,, aglomeralar ve yastık lavları ile temsil edilmektedir. Aktaştepe kireçtaşı üyesine ait karbonatlı kayaçları Elmalı volkanit üyesinin değişik seviyelerinde en fazla 30-40 m kalınlık ve bir kaç kilometre devamlılık gösteren merccekler' şeklinde yüzelemektedir.

Üçtepe monzonit-diyorit üyesini oluşturan derinlik kayaçları diğer üyelere ait kaya birimlerinin içine yerleşmiş durumdadır. Diğer taratan» Elmalı volkanit üyesine ait bazalt damadan. tarafından kesilmişlerdir. Bundan dolayı monzonit ve diyorit sokulmuş.ann.in yolkano-sedimanlan oluşumu sürerken kalıolaşan. kabuk içine sokuldukları ve volkanitlerle aynı. kökenli oldukları düşünülmektedir.,

#### Delimahmutlu Formasyonu

Konglomera, kumlası,, şeyi ve kireçtaşı ile temsil edilen formasyonun inceleme alanında en yaygın litolojik birimini oluşturan kireçtaşıları gri renkli, ince-orta tabakalı, killi ve bol fosillidir. Kendisinden yaşlı formasyonları açılı uyumsuzlukla örten Delimahmutlu form.asyonunun üst dokanak ilişkisi inceleme alanında gözlenmemektedir. Kalınlığı ise 40-50 m kadardır. Fosil topluluğu Orta Eosen (Lütesiyen), hatta Üst Lütesiyen yaşını vermektedir (Baş ve Temur,, 1991),,

## DEMİR YATAKLARI

### Yayıllara ve Konum

Yöredeki demir yataktan Esendemir Tepe'nin güneyinde, Koçak Köyü'nün kuzeyinde, Mazıkayası Tepe'nin batısında ve Domuzluk Tepe'nin kuzeyinde olmak üzere dört. aynı yerde yüzeye çıkmaktadır. Hemen bütün yataklar skam. zonlarının içinde yer almaktadır. Skam mineralleri olarak da epidot, tremolit, aktinolit, kuvars, daha az kalsit, foldispat ve çender olarak jips bulunmaktadır,

Esendemir Tepe'nin güneyindeki yataklar Elmalı volkanit üyesine ait andezit, latitandezit, trakit ve bazaltik Mleşimli lav akıntıları ve damar kayaçları ile Aktaştepe kireçtaşı üyesine ait karbonatlı kayaçların dokanağında yer almaktadır. Ayrıca cevher kütlelerinin kenarlarında çapları 1 m'yi geçmeyen birkaç monzonit sokulumları yankayaçları kesmektedir. Cevherleşme skarn zonuunun içinde birbirini izleyen, üç büyük, kütle ve bunların kenarlarındaki daha küçük kalfalar şeklindedir.

Koçak köyü'nün kuzeyindeki demir yatakları bazaltik ve trakitik Mleşimli lav akıntılarının içinde, bunları kesen bir fay zonu boyunca yayılım göstermektedir. Yan kayaçlarındaki gözlenen breşik özelliğe cevher kütlelerinde daha az rastlanmaktadır. Cevherli kısım 15 m genişliğinde ve 300 m uzunluğundadır. Ancak cevherler aynı hat boyunca yer yer ortaya çıkarak Üçtepe Köyü'ne kadar uzanmaktadır.

Domuzluk Tepe'nin kuzeyindeki yatak daha küçük olup, volkanitlerin içerisindeki bir kireçtaşı merceğinin kantağında yer almaktadır. Diyorit mostrasından yaklaşık 100 m uzaklıktaki yatak 20 m uzunlukta ve 3 m genişliğindedir.

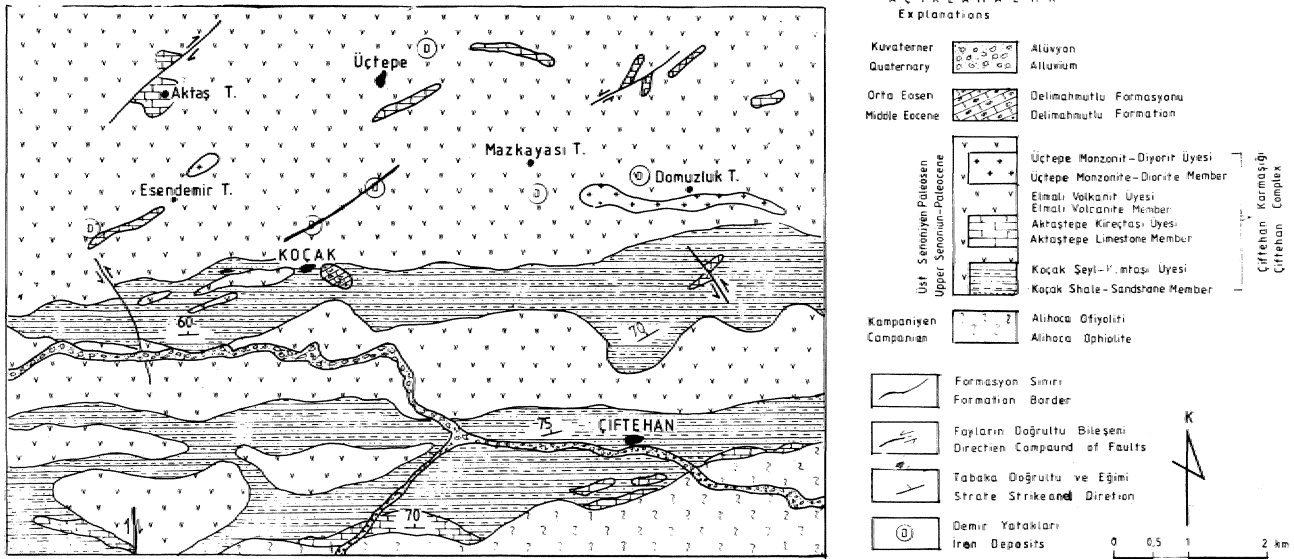
Bunların dışında Mazıkayası Tepe'nin batısında benzer mineral, parajenezi ve yankayaç ilişkileri sunmakta ve çok daha küçük kütleler halinde demir oluşumlarına rastlanmaktadır.

### Mineraloji

inceleme alanındaki demir yataklarının ana cevher minerali manyetittir., Daha az oranlarda veya eser miktarlarda bulunan kalkopirit, kobaltit, pirit» bravoit, linneit, bornit, millerit, sfalerit, gale nit, ilmenit, rutU/anatas, hematit, neodijenit, braunit, kovellin, nabit altın/elektrum, klabradiit., bizmutinit ve ayikinit gibi cevher mineralleri manyetite eşlik etmektedir. En yaygın gang minerali ise epidottur. Kuvars, kalsit» granat, piroksen, amfibol, klorit, kordiyerit, aktinolit ve tremolit izlenen diğer gang mineralleridir. Manyetitlerin martiüleşmesi ile ikincil hematit oluşmuştur., Ayrıca yüzey ayrışması ile limonit, prozimit, psilomelan, malakit, azurit, eitrin gibi mineraller ortaya çıkmıştır.

### Mineral Oluşum Evreleri

Yöredeki demir yataklarının parajenezinde yer alan mineraller birbirini kesme, ornatma, birbirlerinin içinde aynılım veya kapanım kristalleri, halinde bulunma özelliklerine göre cevher mineralizasyo-



Şekil 2 İnceleme alanının jeolojik haritası.

Figure 2 Geological, map of the investigation area.

| MİNERALLER<br>MINERALS        | PRE-MİNERALİZASYON<br>PRE-MINERALIZATION | ANA MİNERALİZASYON<br>MAIN MINERALIZATION |                     |                     |                     |                     | POST-MİNERALİZASYON<br>POST-MINERALIZATION |
|-------------------------------|--|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--|
|                               |  | I. EVRE<br>1. CYCLE                       | 2. EVRE<br>2. CYCLE | 3. EVRE<br>3. CYCLE | 4. EVRE<br>4. CYCLE | 5. EVRE<br>5. CYCLE |  |
|                               |  | GRANAT (GARNET)                           | ████████            |                     |                     |                     |  |
| DIJIT (DIGITE)                | ████████                                 |   |                     |                     |                     |                     |  |
| HEDENBERGİT (HEDENBERGITE)    | ████████                                 |   |                     |                     |                     |                     |  |
| DIOPSİT (DIOPSITE)            | ████████                                 |   |                     |                     |                     |                     |  |
| TREMOLİT (TREMOLITE)          | ████████                                 |   |                     |                     |                     |                     |  |
| AKTİNOİLİT (ACTINOLITE)       | ████████                                 |   |                     |                     |                     |                     |  |
| EPİDOT (EPIDOTE)              | ████████                                 |   |                     |                     |                     |                     |  |
| KORDİYERİT (CORDIERITE)       | ████████                                 |   |                     |                     |                     |                     |  |
| FELDISPAT (FELDSPAR)          | ████████                                 |   |                     |                     |                     |                     |  |
| BIYOTİT (BIOTITE)             | ████████                                 |   |                     |                     |                     |                     |  |
| KLORİT (CLORITE)              | ████████                                 | ████████                                  | ████████            | ████████            | ████████            | ████████            |  |
| KUVARS (QUARTZ)               |  |   |                     | ████████            | ████████            |                     |  |
| KALSİT (CALCITE)              |  |   |                     |                     | ████████            |                     |  |
| SİDERİT (SIDERITE)            |  |   |                     |                     |                     | ████████            |  |
| ANKERİT (ANKERITE)            |  |   |                     |                     |                     | ████████            |  |
| MANYETİT (MAGNETITE)          |  | ████████                                  |                     |                     |                     |                     |  |
| İRİT (PYRITE)                 |  |   | ████████            |                     |                     | ████████            |  |
| KALKOPİRİT (CHALCOPYRITE)     |  |   |                     | ████████            |                     |                     |  |
| KOBALTİT (COBALTITE)          |  |   |                     | ████████            |                     |                     |  |
| GLAUKODİT (GLAUCODDIT)        |  |   |                     | ████████            |                     |                     |  |
| KLABRODİT (CLABRODITE)        |  |   |                     | ████████            |                     |                     |  |
| BRAVOİT (BRAVOİTE)            |  |   |                     | ████████            |                     |                     |  |
| LİNNEİT (LINNEITE)            |  |   |                     |                     | ████████            |                     |  |
| MİLLERİT (MILLERITE)          |  |   |                     |                     | ████████            |                     |  |
| HEMATİT (HEMATITE)            |  |   | ████████            | ████████            | ████████            | ████████            |  |
| BORNİT (BORNITE)              |  |   |                     |                     | ████████            |                     |  |
| SFALERİT (SPHALERITE)         |  |   |                     |                     | ████████            |                     |  |
| GALENİT (GALENA)              |  |   |                     |                     |                     | ████████            |  |
| BRAUNİT (BRAUNITE)            |  |   | ████████            |                     |                     |                     |  |
| İLMENİT (ILMENITE)            | ████████                                 | ████████                                  |                     |                     |                     |                     |  |
| İLMENOMANYETİT (ILMENOMAGNE.) | ████████                                 | ████████                                  |                     |                     |                     |                     |  |
| SFEN (SPHEN)                  | ████████                                 |   |                     |                     |                     |                     |  |
| RUTİL (RUTILE)                | ████████                                 |   |                     |                     | ████████            | ████████            |  |
| ANATAS (ANATAS)               | ████████                                 |   |                     |                     | ████████            | ████████            |  |
| NABİT ALTIN (NATIVE GOLD)     |  |   |                     | ████████            |                     |                     |  |
| ELEKTRUM (ELECTRUM)           |  |   |                     | ████████            |                     |                     |  |
| NEODİJENİT (NEODIGENITE)      |  |   |                     |                     | ████████            | ████████            |  |
| KOVELLİN (COVELLITE)          |  |   |                     |                     | ████████            | ████████            |  |
| PSİLOMELAN (PSILOMELANE)      |  |   |                     |                     |                     | ████████            |  |
| PROLUZİT (PROLUSITE)          |  |   |                     |                     |                     | ████████            |  |
| MALAHİT (MALACITE)            |  |   |                     |                     |                     | ████████            |  |
| AZURİT (AZURITE)              |  |   |                     |                     |                     | ████████            |  |
| ERİTRİN (ERITRIN)             |  |   |                     |                     |                     | ████████            |  |
| GÖTİT (GOTHITE)               |  |   |                     |                     |                     | ████████            |  |

Şekil 3 Demir yatağının genelleştirilmiş mineral oluşum evreleri.

Figure 3 Generalized mineral succession, of the iron deposits...

ou beş evreye ayrılabilir (Şekil 3).. Ayrıca cevher minerallerinden daha erken oluştuğu gang mineralleri ve cevherin, içinde yan kayaç artıkları olarak bulunan mineraller premineralizasyon dönemini temsil etmektedir.

Pre-mineralizasyon döneminde en erken oluşumlu gang mineralleri olarak granat, ojit, diyopsit ve hedenbejit izlenmektedir. Amfiboller piroksenlerden daha genç, epidottan daha yaşlıdır.. Biyotit, muskovit, Morit, serisi! ve feldispatlar da bu dönemin son evrelerinde ortaya çıkmışlardır.. Ilmenit, ilmenomanyetit sfen, nıtil ve anatasin ise büyük ölçüde yankayaçtan alındıkları, bu yüzden premineralizasyon dönemine ait oldukları düşünülmektedir. Ayrıca ilmenit ve ilmenomanyetit manyetit içinde aynım lamelleri şeklinde bulunduğu» rutil ve anatasin ise cevherleşme sırasında diğer titanlı minerallerden türediği sanılmaktadır.

Cevher mineralizasyonunun birinci evresi esas olarak manyetitle temsil edilmektedir, İkinci evresinde hematit, braunit ve pirit ortaya çıkmıştır. Daha sonraki evrelerde sülfid mineralleri egemendir. Üçüncü evrede oluşan cevher mineralleri kalkopirit, kobaltit, bravoit ve nabit altın/elektromdur. Dördüncü evre glaukodot, lioneit, bornit, bizmutit ve aykinit ile, beşinci evre ise özşekilli pirit, miüerit, sfalerit ve galenit ile temsil edilmektedir, Borniüerin içinde aynım halinde bulunan kovellin de dördüncü evre ürünüdür. Manyetitlelerdeki birincil martiüleşmelerinin üçüncü veya dördüncü evrelerde, kalkopirit ve bornitin neodijenite dönüşümünün de beşinci evrede gerçekleştiği sanılmaktadır Gang mineralleri olarak üçüncü evrede kuvars, dördüncü evrede kalsit, beşinci evrede kuvars, siderit ve ankarit ortaya çıkmıştır. Yüzey koşullarındaki ayrışma süreçleri ile de ikinci mineraller oluşmuştur.

mineralleri içinde bulunduran bir hamur şeklindedir. Manyetit kristalleri, özşekilli (Foto 1) veya yarı özşekilli ve hemen her zaman oldukça kataklastik yapılıdır. Genellikle 150-200 mikron dan daha küçük olan manyetit tanelerinin boyu yer yer 1 mm'ye kadar çıkmaktadır. Kenetli yapılar yaygındır. Yer yer hematitlerin psödomorfu olarak, gelişmiş müşketofite rastlanmaktadır. Kontak-metasomatik yataklar için tipik olan bu oluşumlar ışınal, kristal demetleri, veya gelişigüzel dağılmış ve birbirini kesen taneler şeklindedir. Taneler eğilmiş ve bükülmüşlerdir.

Manyetitleerde zonlu yapılar çok belirgindir, Özellikle Esendemir Tepe'nin güneyindeki cevherleşmelere ait manyetitleerde zonlu yapılar daha yaygın ve daha düzenlidir. Zonlar bejimsi açık kahverengi ve grimsi koyu kahverengi refleksiyon renkleri ile ayırt edilmektedir. Bu özellik manyetit kimyasal bileşimdeki değişmeye bağlanmaktadır.

Manyetitler kenar, çatlak ve dilinimleri boyunca yaygın olarak martiüleşmişlerdir (Foto 2). Martiüleşme sırasında olasılıkla önce maghemit, daha sonra hematit ortaya çıkmıştır. Bazı örneklerde maghemit hematitten daha yaygındır. Kataklastik yapılar arttıkça manyetitleerde martiüleşme yoğunlaşır.

Manyetitlerin içerisinde epidot, klorit, piroksen (diopsit ve hedenbejit) ve amfibol (tremolit ve aktinolit) kapanımları bulunmaktadır. Belirgin olarak epidotu ornatmış Manyetitlerin çatlaklarında ufak, özşekilli pirit, oluşumları çok yaygındır. Ayrıca manyetitlerin çatlak ve dilinimleri, boyunca sokulan kuvars ve karbonat gangı ile beraber kobaltit, pirit, bizmutit, bornit, lioneit» mille-rit, bravoit, sfalerit ve galenit gibi cevher mineralleri manyetitleri ornatmıştır.

Mineral oluşum evreleri içerisinde manyetit en yaşlı cevher minerali olup, parajenezdeki diğer cevher minerallerinden daha erken oluştuğunu

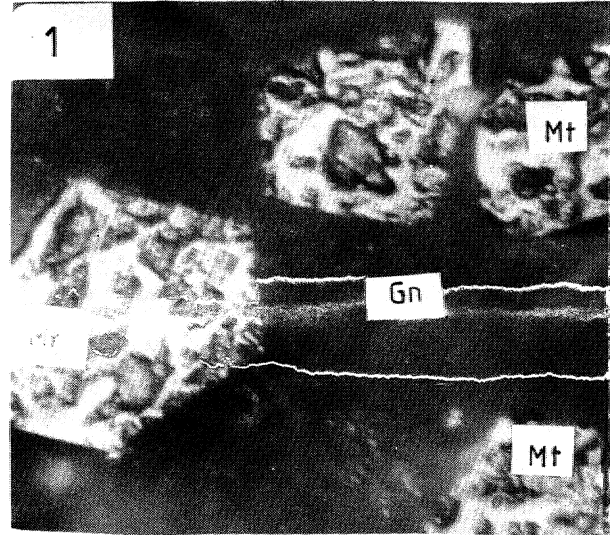


Foto 1 Gang (Gn) içinde özşekilli manyetit (Mt) kristalleri (X M, x 60) (Esendemir Tepe demir yatağı),

Photo 1 Idiomorphic magnetite (Mt) crystals in gangue (Gn) (X N, x 60) (Esendemir Tepe iron deposit).

gösteren ilişkiler sunmaktadır. Bu özelliği ile manyetit, ana mineralizasyonun birinci evresini oluşturmaktadır.

**Kalkopirit:** Yöredeki demir yataklarında kalkopirit genellikle eser miktarlarda bulunmaktadır. Esendemir Tepe yatağına göre Koçak Köyünün kuzeyindeki, Üçtepe Köyü girişindeki ve Domuzluk Tepe civarındaki cevherleşmelerde kalkopirit yaygınlaşmaktadır. Bu cevherleşmelerde kalkopirit artışıyla beraber mangan minerallerindeki artış da dikkat çekmektedir.

Kalkopirit çok ufak taneli (en fazla 100-150 mikron), özşekilsiz, bazen iskelet dokulu kristaller halinde bulunmaktadır. Daha çok manyetitlerin çatlak ve boşluklarına yerleşmiş ornaticı mineral olarak, bomitin içerisinde ise kapanım şeklinde ortaya çıkmaktadır.

Bomitlerin yaygın olduğu, kısımlarda kalkopiritlerin kovelline dönüşümleri daha fazladır. Özellikle iri, kristalli kalkopiritlerde kenar ve çatlakları boyunca neodijenite dönüşümler de çok yaygındır. Kalkopiritlerin yüzey ayrışması ürünü olarak, malahit, azurit ve limonit, oluşumları ortaya çıkmıştır. Süksesyon içinde kalkopirit manyetit ve kataklastik piritten daha geç, bornitten daha erken oluşumlu olduğundan mineralizasyonun üçüncü evresine karşılık gelmektedir.

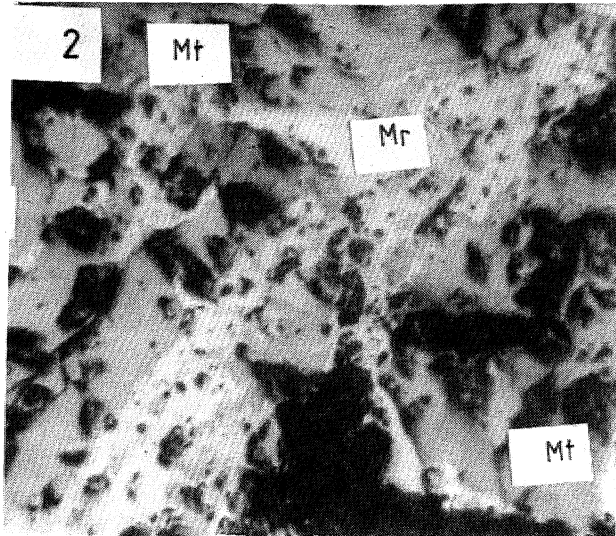


Foto 2 Kenar ve çatlakları boyunca maitiüesmis (Mr), manyetit (**Gn-Gang**) (Esendemir Tepe demir yatağı)..

Photo 2 Magnetite (Mt) with **marthit** along their border and cracks (**Gn-gangue**) (X N, x "50) (Esendemir Tepe iron deposit).

Pirit: Yöredeki demir cevherlerinin içinde piritlerin oranı çok düşüktür. Ancak kalkopiritin yaygın olduğu kesimlerde pirit oranında da bir artış gözlenmektedir.

Piritler kataklastik yapı özelliklerine göre iki gruba ay olabilmektedir. Tamamen kataklastik olan piritlerin, özşekilleri bozulmuştur. Bunlar daha çok manyetitlerin arasında veya manyetitlere yakın kesimlerde gang içinde saçılmış halde bulunmaktadır. Kristal boylan: diğerlerine göre daha büyük olup, 400 mikrona kadar çıkmaktadır. Özşekilli piritler ise daha küçük (en fazla 200 mikron) kristallidir, Bunlar daha çok manyetitlerin çatlaklarında (Foto 4) ve kalkopiritleri kesen karbonat ganginin içinde saçılmış halde izlenmektedir. Bu özellikleri, kataklastik piritlerin ikinci, evre» özşekilli piritlerin ise dördüncü veya beşinci evre ürünü olarak oluştuğu anlaşılmaktadır.

**Kobaltit:** En fazla Esendemir Tepe'nin güneyindeki yataklarda, gözlenen kobaltit diğer yataklarda kalkopirit artışına ters orantılı, olarak azalmakta veya hiç gözlenmemektedir.

Kobaltit zayıf kataklastik yapı» elek dokulu» öz veya yan özşekilli, genellikle 200-300 mikron (en fazla 600-700 mikron) büyüklüğünde kristaller halinde bulunmaktadır. Genellikle gang içinde saçınımlı halde bulunan, kobaltit (Foto 5), bazen

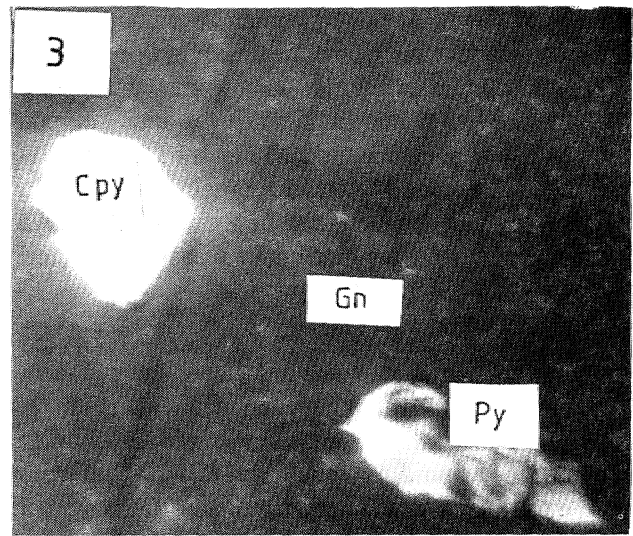


Foto 3 Gang (Gn) içinde yan özşekilli kalkopirit (**Cpy**) ve pirit (**Py**) kristalleri (X N, x 100) (Koçak demir yatağı).

Photo 3 Hip-idiomorphic chalcopyrite (Cpy) and pyrite (Py) **crystals** in gangue (Gn) (X N, x 100) (Koçak iron deposit),

manyetitlerin çatlaklarına yerleşmiş olarak gözlenmektedir. İçerisinde manyetit ve biyotit kapanımları vardır. Kataklastik piritleri ornatmışlardır. Kuvars, kobalt ti kesmiş ve çatlaklarına sokulmuş durumdadır. Glaukodot, kobaltitin etrafını sarmış ve ornatmıştır. Klabroütin içinde kobaltit kapanımları vardır. Yer yer kobaltit, zonlu yapısına uygun olarak kalsit tarafından ornatılmıştır. Bu özelliklerinden dolayı kobaltitin mineralizasyonunun üçüncü evresinde oluştuğu, sanılmaktadır., Yüzey ayrışması ile eritrine dönüşmüştür.

**Glaukodot:** Sadece Esendemir Tepe'nin güneyindeki demir cevherleşmelerinde ve eser miktarlarda rastlanan glaukodot zayıf kataklastik yapılı, özşekilsiz veya yan özşekilli kristaller halinde bulunmaktadır. Genellikle kobaltile beraber gözlenen glaukodot, kobaltitin etrafını, sarmış ve yer yer içine sokularak ornatmış durumdadır. Klabrotitin içinde ise kapanım halinde kalmıştır. Kuvars tarafından kesilmiştir. Bu özellikleri, glaukodot oluşumunun mineralizasyonunun beşinci evresinde gerçekleştiğini göstermektedir. Yüzey ayrışması ile eritrine dönüşmüştür.

**Klabrotit:** Klabrotit, yöredeki demir yataklarının eser minerallerinden biridir. Manyetit ve bomitlerin çatlaklarında, daha çok kobaltile beraber bulunmaktadır. 100 mikron'dan daha küçük ve özşekilli kristaller şeklindedir. İçinde kobaltit ve glaukodot kapanımları bulundurmasından dolayı

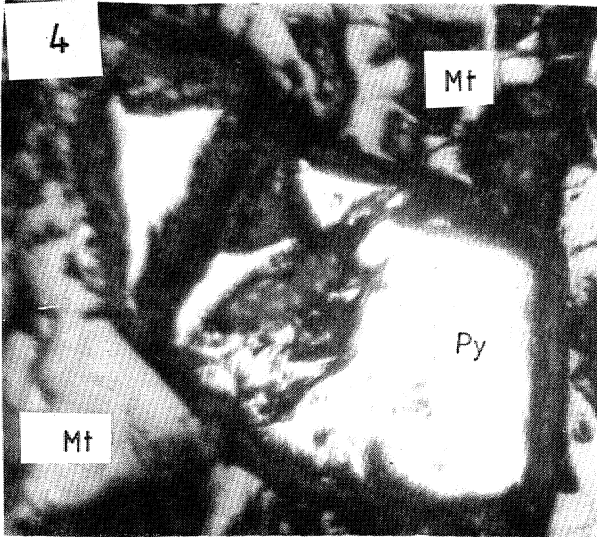


Foto 4 Manyetit (Mt) çatlağında kaolinitik pirit (Py) (X N, x 100) (Esendemir Tepe demir yatağı),

Photo 4 Cataclastic pyrite (Py) in magnetite (Mt) crack (X N, x. 100) (Esendemir Tepe iron deposit).

mineralizasyonunun üçüncü evresine dahil edilmektedir,

**Bravoit:** Bravoit yöredeki demir yataklarında genellikle kalkopiritli kısımlarda ve eser miktarlarda izlenen minerallerden biridir. Kalkopirit içinde ve manyetitlerin çatlaklarında ufak (en büyüğü 100 mikron kadar), özşekilli kristaller halindedir. Ayrıca kataklastik piritlerin çatlaklarında da birkaç bravoit tanesine rastlanmıştır. Bu özellikleri ile mineralizasyonunun üçüncü evresinde oluştuğu sanılmaktadır.

**Linneit:** Eser miktarlarda ve çok ufak taneler halinde kalkopirit ve kuvars gangi içerisinde bulunmaktadır. Klabrotitin içinde özşekilli, 30-40 mikron boyunda linneit taneleri kapanım halinde izlenmektedir. Diğer minerallerle ilişkisi belirlenemediğinden mineral oluşum evreleri içindeki yeri tahmin edilememektedir. Ancak kalkopiritten daha genç, klabroditten daha yaşlı olduğu düşünülerek dördüncü evreye dahil edilmektedir.

**Millerit:** Eser oranda ve çok küçük kristaller halinde izlenmektedir... Mineralizasyonun dördüncü veya beşinci evresinde diğer sülfid mineralleri ile beraber ortaya çıktığı düşünülmektedir.

**Neodijenit:** Yöredeki demir yataklarında eser miktarda bulunan minerallerden biridir. Hemen her zaman kalkopirit veya bornitin dönüşüm ürünü olarak ve bu minerallerin kenarları veya çatlakları

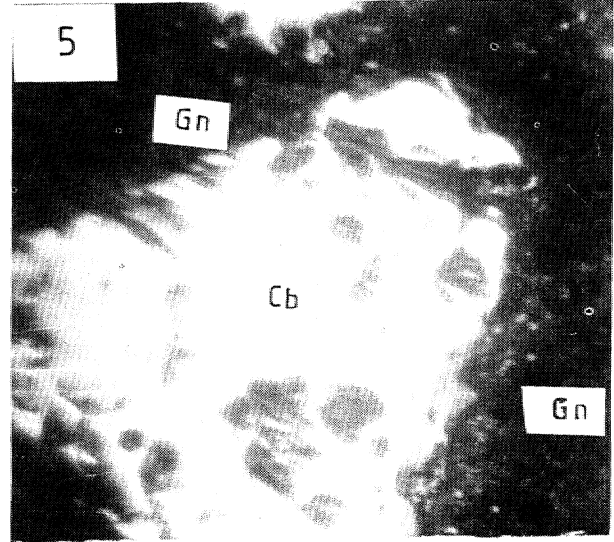


FOTO 5 Gang (Gn) içinde yan özşekilli kobaltit (Cb) OC N, x 100) (Esendemir Tepe demir yatağı).

Photo 5 Hip-idiomorphic cobaltite (Cb) in gangue (Gn) (X N, x 100) (Esendemir Tepe iron deposit).

boyunca ince şerit veya sokulumlar halinde gözlenmektedir. Bu dönüşümün, mineralizasyonun dördüncü ve beşinci evrelerinde geliştiği tahmin edilmektedir. Ramdohr (1980)'a göre bomitin ileri derecede neodijenite dönüşmesi yatağın 225°C ile 230°C arasında oluştuğuna işaret etmektedir.

Hematit: İncelenen demir yataklarında hematit üç değişik şekilde bulunmaktadır. Bunlar birincil hematit, martiüleşme ile ortaya çıkan hematit ve spekülattır.

Birincil hematitler cevher içinde az bulunan minerallerden biridir. Bazı örneklerde kısmen yaygınlaşmakta, bazılarında ise tamamen kaybolmaktadır. Yataklar arası değişimi fazla belirgin değildir. Hematit, çubuk şekilli kesitler vermektedir. Genellikle hematit çubuklarının boyları 300 mikrondan kalınlıkları 50-60 mikron'dan daha azdır. Bir araya gelen hematit çubukları ışınal veya tek yönde uzanan demetler oluşturmaktadır. Bu demetlerde eğilme, bükülme ve kırılmalar izlenmektedir. Birincil hematitler daha çok manyetitlerin ara ve çatlaklarını doldurmuş durumda kısmen de kuvars ve karbonat gangının içinde dağılım göstermektedir. Hematit belirgin, olarak manyetiti ornatmıştır ve içlerinde manyetit kapanından bulunmaktadır. Kuvars ise hematitten daha genç olup, hematiti damarcıklar şeklinde kesmektedir. Birincil hematitlerin oluşumu, mineralizasyonun ikinci evresinden sonra ortamdaki kısmi bir soğumaya bağlı olarak manyetitlerin yerine hematit kristallenmesi şeklinde yorumlanmakta ve diğer minerallerle ilişkisine göre mineralizasyonun ikinci evresine dahil edilmektedir.

Martit, manyetitin dönüşüm ürünleri olup, manyetit kristallerinin kenar, çatlak, dilinim ve zordu yapılarına uygun halde ortaya çıkmaktadır. Manyetitlerde hem birincil, hem de yüzey ayrışması ürünü olan martitleşme belirlenmektedir. Birincil martitler diğerlerine göre daha az miktardadır. Bunlarda basınç ikizleri, çok belirgindir. Bunların oluşumunun mineralizasyon sırasında, manyetit oluşumunu izleyen üçüncü ve dördüncü evrelerde gerçekleştiği düşünülmektedir. Yüzey ayrışması ürünü martitleşmeler oldukça yaygındır ve her zaman cevher içinde diğer ikincil minerallerin oranına, ve manyetiüerdeki kataklazmanın şiddetine paralel olarak artmaktadır. Martitleşme sırasında önce manyetitler ara mineral olarak maghemite, daha sonra maghemit hematite dönüşmüştür. Bazı örneklerde maghemit hematiten daha yaygındır.

Spekülartitler epidotlu zonun içinde birkaç santi-

metre kalınlığında damarcıklar şeklinde ve ender olarak da mikroskobik olarak cevher kütlelerinin içinde gözlenmektedir. Spekülant oluşumu, birincil hematitlerin dislokasyon metamorfizması ile yapraklı yapı kazanmaları şeklinde gelişmiştir. Bu form değişimi de post-mineralizasyon evresinde gerçekleşmiştir.

Bornit: Yöredeki demir yataklarında, çok az oranlarda bulunan bornit Esendemir Tepe yatağına göre Domuzluk Tepe'nin kuzey kesimindeki cevherleşmelerde biraz daha yaygındır. Üçtepe Köyü'nün girişindeki bakır zuhurunda ise bornit oranı oldukça artmaktadır. Bomitin genellikle kalkopiritle birlikte bulunuşu dikkat çekmektedir. İri kalkopirit tanelerini saran bornit kılıfları yer yer kalkopiriti ince damarcıklar şeklinde kesmiştir. Bunların içerisinde kalkopirit ve kobaltit kapanından kalmıştır. Borniüer sfalerit ve galenitlerle beraber manyetitleri ornatmakta veya gang mineralleri ile beraber manyetitlerin çatlaklarını doldurmaktadır. Bomitin içerisinde çok az miktarda ve çok küçük taneler halinde kovellin ayrılından vardır. Bu ilişkilerine göre bornit oluşumu mineralizasyonun dördüncü evresine dahil edilmektedir.

Sfalerit: Yöredeki demir cevherleşmelerinde esas miktarlarda bulunan cevher minerallerinden biridir. Daha çok karbonat gangının içinde galenitle birlikte dağılım, göstermektedir. Yataklar

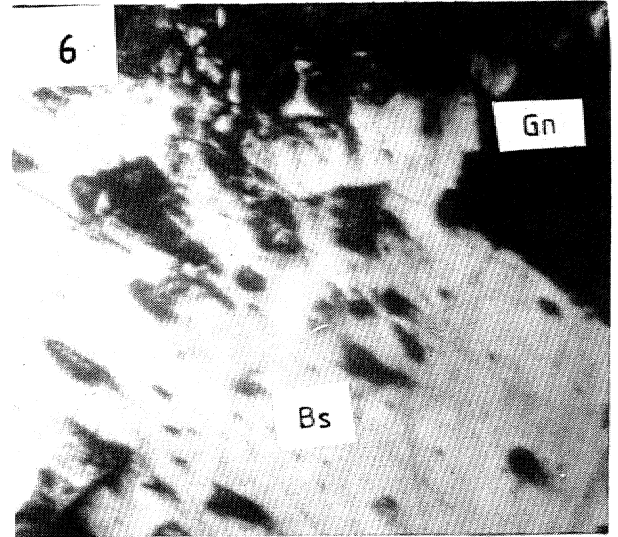


Foto 6 Gang (Gn) içinde özşekilsiz bizmutinît (Bs) (X N, x 50) (Esendemir Tepe demir yatağı).

Photo 6 Xenomorphous bismutinite (Bs) in gangue (Gn) (X N, x 50) (Esendemir Tepe iron deposit).

arasında sfalerit oranındaki değişim belirgin değildir... Sfalerit galenit ve bomitle beraber manyetiti ornatan damarcıklar oluşturmaktadır. Glenit sfaleriti ornatmıştır. Sfalerit ise kataklastik piritleri ornatmıştır. Ender olarak da damla şekilli kalkopirit ayrılmaları bulundurur. Bu özellikleri ile sfaleritin dördüncü evrede ortaya çıktığı sanılmaktadır., Sfalerit oldukça koyu renkli olup, kırmızımsı kahve iç refleksiyon rengi vermektedir., Bu durum bünyelerindeki izomorf FeS dağılımından kaynaklanmaktadır (Çağatay. 1930).

**Galenit:** Yöredeki demir cevherleşmelerinde eser miktarlarda bulunan cevher minerallerinden biridir.. Daha çok karbonat gangının içinde sfaleritle beraber dağılım göstermektedir, Yataklar arasında galenit oranındaki değişim belirgin değildir Galenitler sfalerit ve bomitle beraber manyetiti keşen damarcıklar oluştururlar. Hemen bütün cevher minerallerini ornatdığı için en genç mineral olarak kabul edilmekte ve oluşumunun mineralizasyonun beşinci evresinde gerçekleştiği düşünölmektedir.

**Braunit:** Braunit Domuzluk Tepe'nin kuzey kesimindeki cevherleşmelerde yaygın, diğerlerinde ise eser miktarlarda bulunmaktadır. İlmenit ve ilmenomanyetit en fazla **800** mikron boyunda,, çubuk şekilli ve oldukça kataklastik yapıli taneler şeklidirier. Hemen her zam» manyetitin içerisinde izlenmektedir. Ancak manyetitle ilişkisi belirlenememektedir. Manyetitle ilmenit ve ilmenomanyetit aynlım lamelleri oluşturabileceği gibi bunlar manyetitin içinde kapanım şeklinde de kalmış olabilirler. Dolayısıyla ilmenit ve ilmenomanyetit ya yankayaçtan alınmış pre-mineralizasyon evresi oluşumlarıdır; ya da mineralizasyonun birinci evresinde manyetitle beraber ortaya çıkmışlardır.

**Sfen,, Rutü ve Anatas:** Bunlar yöredeki demir cevherleşmelerinde eser miktarlarda izlenmektedir., Sfen daha çok 150-200 mikron, bazen 400 mikron boyunda çubuk şekilli,, genellikle kataklastik yapıli» bazdan özşekilli taneler şeklinde bulunmaktadır. Rutil ve anatas daha küçük taneli ve özyan özşekilüidir. Bu mineraller manyetit ve kloriüerin içinde kapanım halindedir., Sfenin içerisinde saçılmış çok sayıda anatas, daha az da rutil vardır. Rutil sfenle birlikte manyetitlerin içinde üçgen şekilli kristal toplulukları şeklinde kümelendiştir. Sfenlerin çatlakları kuvars gangı ile doldurulmuştur., Rutil ve anatas daha çok ilmenit pseudo-morflan şeklinde gözlenmektedir. Ayrıca manyetitin içinde de kapanım şeklinde bulduklarından bunların oluşundan yan. kayaçlıdan

alınan, ilmenit ve ilmenomanyetitlerin hidr^termal etkileşim sonucu Fe kaybetmeleri şeklinde de yorumlanmaktadır.

**Nabit Altın/Elektrunı:** Demir cevherleşmelerinin içinde,, özellikle kalkopiritin yaygın olduğu kısımlarında çok ufak (30-50 mikron) taneler şeklinde izlenmektedir. Çok eser miktarda dağılım gösterdiklerinden nabit alün/elektrumun, mineralizasyonun hangi evresinde oluştuğları belirgin değildir. Ancak kalkopiritiüerie beraberliklerinden, dolayı, üçüncü evreye ait oldukları sanılmaktadır.

**Bizmutinit:** Esendemir Tepe'nin güneyindeki cevherleşmelerde eser oranlarda ortaya çıkmaktadır. Genellikle ufak taneli (130-150 mikron) olan bizmutinit gang minerallerinin arasında yer yer 1.5 mm boyunda taneler vermektedir (Foto 6), Manyetit çatlak, ve dilinimlerine yerleşmiş veya kalkopiritin kenarlarında omatıcı mineral şeklinde bulunmaktadır. Kobaltitin içine sokulum, yapan ve daha genç olduğu anlaşılan bizmutinitler Yardır., Bizmutinitin diğer minerallerle olan bu ilişkilerine göre oluşumu dördüncü evreye dahil edilmiştir.

**Aykînil:** İnceleme alanındaki Esendemir Tepe cevherleşmelerinde eser miktarda izlenmektedir. Ufak (30-50 mikron) tanelerden oluşan aykinit, manyetit çatlak ve boşluklarına yerleşmiştir... Hemen, her zaman bizmutiniüe birlikte diğer mineralleri kesen damarcıklar oluşturmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı mineralizasyonun dördüncü evresine dahil edilmiştir.

**Gang Mineralleri:** İnceleme alanındaki demir yatakların gang minerallerini granat, ojit, hedenberjit, diopsit, aktinolit, tremolit, epidot, kordiyerit, biyotit, muskovit, klorit, serisit, feldispat, kuvars, kalsit, siderit ve ankerit meydana getirmektedir., Granat, ojit, hedenberjit ve diopsit hemen her zaman en erken oluşumlu olarak izlenmektedir. Granatlar yan anizotrop ve bazdan zonlu yapılidir. Manyetit içinde ojit, hedenberjit. ve diopsit kapanımlan vardır. Diopsiüerden bir kısmı klorit, tremolit ve aktinolite dönüşmüştür. Tremolit ve aktinolit epidottan daha erken oluşumludur. Kuvarsların içindeki tremolit ve aktinolit artıklanndan bir kısmı klonte dönüşmüştür... Epidot daha genç siderit ve ankerit damarcıkları tarafından, kesilmiştir. Bu damarcıklarda limonite dönüşümler çok yaygındır. Epidot manyetit içinde kapanım halinde, kristal kümeleri veya özşekilli tek. kristaller şeklinde izlenmektedir. Kuvarsin içinde çubuk şekilli epidot kapanımlan bulunmaktadır. Epidot. çatlaklarına ise özşekilli piritler



yerleşmiştir. Biyotitler manyetit ve kobaltitin içinde kapanım halinde yer almaktadır. Bazı biyotitler tamamen kloritleşmiştir. Kloriüerin içinde biyotit atıkların kalmıştır. Manyetitler kloritin içinde kapanım halindedir. Özşekilli Montier yeşil renkli ve öbek öbek dağılmış ışınal kristal toplu-kddan şeklindedir. Bu tip kloritler kontak-metasomatik yataklarda çok yaygındır., Kloriüerin içinde sfen, rutil ve anatas kapanımları bulunmaktadır., Serisitler kuvarsların arasında ve çok ince taneler şeklindedir. Feldispatlar mikro veya kriptokristalindir ve hemen her zaman bir miktar serisifleşmiştir.

Kuvars iki evreli oluşumludur. Kalsitten daha erken oluşumlu olan yaşlı kuvarslar daha iri taneli olup, yer yer 1-2 mm boyunda kristaller vermektedir. Hafif kataklastik yapı ve zonlu manyetit., hematit, rutil, sfen ve anatas kapanımları bulunan bu sit kuvarslar manyetitlerin arasında iskelet şeklinde izlenmekte ve kobaltitin içine sokulum yapmaktadır. Genç kuvarslar ise kalsitleri kesen damarcıklar şeklindedir., Kalsitler iri taneli ve dilimlileri çok belirgindir. Kalsitlerde, daha çok hidrotermal oluşumlarda ortaya çıkan ikizlenmeler çok yaygındır, içlerinde manyetit ve hematit kapanımları vardır. Siderit ve anterit damadan çok genç olup, cevher minerallerinin tamamını kesen damarcık oluşturmaktadırlar. Ankerite göre siderit daha yaygındır.,

#### Demir Yataklarının Kökeni

İnceleme alanındaki demir yataklarından elde edilen jeolojik ve mineralojik veriler, oluşumları ile ilgili şu özellikleri, ortaya koymaktadır:

a - Yöredeki demir yatakları Üst Maestrihtiyen-Paleosen yaşlı Çiftahan karmaşığının içinde yer almaktadır. Esas büyük cevherleşmeler Elmalı volkanit üyesine ait lav akıntıları ile Aktastepe kireçtaşı üyesine ait karbonatlı kayaçların kontanğında, daha küçük demir oluşundan ise lav akıntıları ve aynı kökenli damar kayaçlarının içinde dağılım göstermektedir.

b - Cevherleşmelerde yer yer tektonik kontrolün varlığına rağmen (Koçak Köyü'nün kuzeyindeki yataklar) litolojik kontrol daha belirgindir. Karbonatlı .kayaçların olmadığı yerlerde cevher büyük ölçüde fay zonlarına yerleşmiştir.

c - Cevher yerleşimi yan kayaçlarına göre daha gençtir,

d - Cevher geometrisi büyük ölçüde uzamış kütleler şeklindedir. Bazen bunların ikinci büyük eksenleri, de uzayarak, kireçtaşlarının tabakalan-

masına uyumlu levhamsı gölünüm, almışlardır. Daha küçük kütleler ise stok, kafa. veya merccek görünümüdür.

e- Karbonatlı kayaçlara komşu cevher kütleleri, bunların tabakalanmasına uyumlu uzanımlar sunmaktadır. Diğer kısımlarda ise tektonik hatlara veya lav akıntılarının gidişine uyumluluk göstermektedirler.

f - Oldukça karmaşık bir mineral parajenezi sunan demir yataklarında damarlar arası parajenez farklılıkları çok belirgindir. Diyorit sokulumlarına (Domuzluk Tepe'nin kuzeyindeki damar) ve monzanit mostralarına (Üçtepe Köyü'nün girişindeki manyetitti bakır zuhuru) yaklaştıkça mangan (braunit) ve bakır (kalkopirit ve bonit) mineralleri artarken., karbonatlara komşu damarlarda (Esendemir Tepe güneyi) kobaltit oram yükselmektedir.

g - Karbonatlı kayaçlara komşu damarlar büyük ölçüde epid.ott.an meydana gelen bir skam. zonunun. içerisinde yer almaktadır. Diğer yataklarda, da sikanüaşma vardır» ancak bunlar kadar gelişmiştir..

h - Yankayaç alterasyonu olarak volkanitteide epidottaşma, daha az silisleşme, kloritteşme ve karbonatlaşma, kireçtaşlarında ise rekristalizasyon, silisleşme ve daha az. ankaritteşme gelişmiştir.

i - Parajenezde ilmenit., ilmenomanyetit, sfen, rutil ve anatas gibi yankayaçlardan dinmiş mineraller bulunmaktadır. Diğer mineraller ise kontak-metasomatik yatakları yansıtan parajenez meydana getirmektedir. Ayrıca bomit-kovellin ayrımları ile kalkopirit ve bornitlerin neodijenite dönüşmesi, manyetitlerdeki zonlu yapılar ve ilmenit psödomorflan şeklinde manyetit oluşumları nisbeten yüksek sıcaklıkları yansıtmaktadır.

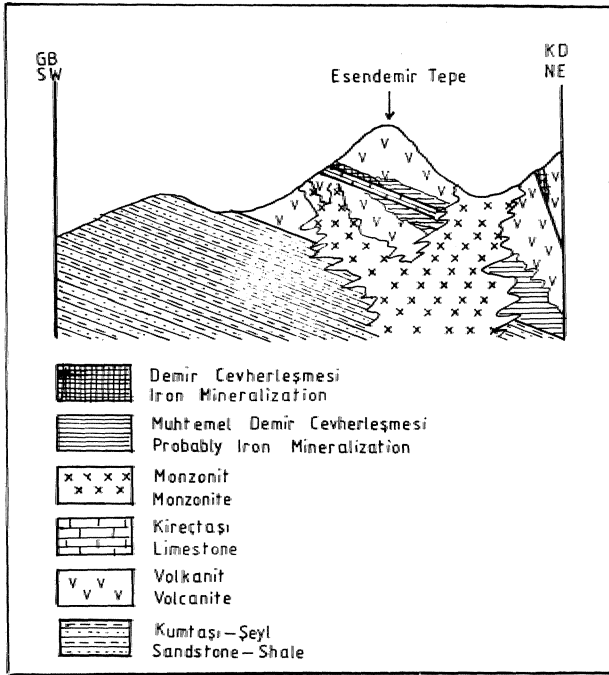
Bütün bu özellikler kontak-metasomatik yataklara benzemektedir.

Cevher Getir en **Eriyiklerin** Kapıağı: Doung (1969)<sup>1</sup>agöre cevherli skamlar, dolayısıyla pirometasomatik yatakları oluşturabilecek plütonik kayaçlar granodiyorit, kuvarslı diyorit, monzonit ve kuvarslı monzoniflerdir. İnceleme alanında bunlardan monzonit yüzeylemektedir. Monzonitler yer yer monzonit-si.yen.it bileşimi yansıtmakta ve derinlik kayacı olarak ayrıca diyorit bulunmaktadır. Yöredeki skam oluşumu ve cevherleşmenin de bu kayaçlara bağlı olarak geliştiği düşünülmektedir.

Borchert (1965)ye göre yaklaşan kıta kenarlarında dalma-batma işlemi sırasında okyanusa!

kabuğa ait ultramafiklerle Na ve Ca'ca zengin sedimanter malzemenin Benioff zonu boyunca derine doğru sürüklenmesi sonucu ağır minerallerce zengin, alkali bileşimli bir magma, tüemektir. İnceleme alanında da Üst Kretase'de okyanusal kabuk parçalanmıştır. Yanal sıkışmanın etkisiyle okyanusal kabuk dilimlerinden bir kısmı (varsa üzerindeki sedim. anlarla, beraber) diğerlerinin altına dalarak ergimesiye bileşimi siyenitten diyorite kadar değişen bir magma tüemiştir. Bu magmaya bağlı volkanizma ile adayayı geliştiren Boichert (1965)'e göre bu yolla oluşan magmalar intrusif karakterlidir. Volkanizma ve sedimanlarla kalmaşan adayayının altındaki bazı magma intrusif karakterli olduğundan üzerindeki kayalar keserek yükselmiştir. Bu yolla yöredeki monzonit ve diyorit sokulundan ortaya çıkmıştır. Sokulumlar aynı zamanda yöredeki skamların oluşumu ve cevherleşmeyi sağlayan eriyiklere kaynak teşkil etmişlerdir.

**Eriyiklerin Taşınması ve Cevherleşme:** Volkanitlerin içindeki mercek şekilli kireçtaşı seviyeleri geçirgenliklerinin yüksek olması, eriyiklere karşı reaksiyon göstermeleri ve ortamın asitliliğini dengeleyerek mineral, çökelimine zemin hazırlamaları bakımından eriyiklerin taşınması ve mineralizasyon için en uygun kayalardır. Kireçtaşı-



Şekil 4 Esendemir Tepe demir yataklarından geçen şematik enine jeolojik kesit.

Figure 4 Schematic geological cross section of Esendemir Tepe iron deposit.

lannın olmadığı yerlerde ise eriyikler daha geçirgen olan tektonik hatlar boyunca taşınarak çökelmişlerdir. Fakat buralardaki cevherleşmeler daha sınırlı ve skarnlaşma daha zayıf kalmıştır. Diğer taraftan Esendemir Tepe yataktan derinlik kayaların mostralanna 3-4 km. uzaklıktadır. Eriyiklerinin bu uzaklığı volkanitlerin içinde katedenek kireçtaşlarına kadar ulaşmaları oldukça zor görünmekte ve yüzeyde de belli hatlar boyunca gelişmiş birincil alterasyon izine rastlanmamaktadır. Bu durumda yatakların tabanında ve kireçtaşı merceği ile kontaklı olan bir derinlik kayacı sokulumunun varlığı düşünülmektedir. Böyle bir varsayımın doğru olması durumunda damarların derine doğru devam etmesi ve daha büyük damarlara dönüşmesi beklenebilir. Ayrıca Esendemir Tepe'nin kuzey yamacında ve cevherleşme ile yaklaşık aynı topografik yükseklikte yüzeyleyen küçük monzonit kütlesi buradaki yatakların altında bir sokulumun olabileceği görüşünü desteklemektedir (Şekil 4).

Kontak-metasomatik yataklarda önce büyük ölçüde ferrosilikatlerden meydana gelen skarnlar oluşmakta, daha sonra oksitli cevher mineralleri ve en son. hidrotermal evre karakterini yansıtan sülfidler ortaya, çıkmaktadır. Yöredeki demir yataklarının etrafını saran skarn zonlarında en yaygın mineral, epidotdur. Epidotların bir kısmının yankayaçtaki plajiyoklasların Si, Na ve  $CaSO_4$ 'ca zengin çözeltilerle reaksiyona girmesiyle ortaya çıktıkları, bir kısmının da direkt eriyiklerin bünyesinde taşıdıkları Ca, Al, Fe ve Si tarafından oluşturuldukları düşünülmektedir. Daha az oranlarda da tremolit, aktinolit, kuvars ve granata rastlanmaktadır. Kireçtaşlarının demir-magnezyum-silisyum. metasomatozu ile yaygın silisleşme ve daha az oranlarda dolomitleşme ve ankeritleşmeler ortaya çıkmıştır. Bu skarnlar Duong (1969) sınıflandırmasında yankayaç bileşimine göre kalk-skarn, derinlik kayacı ile ilişkilerine göre ekzo-skarn özelliğindedir.

Skarn oluşumu  $900^{\circ}C$  ile  $50^{\circ}C$  arasındaki sıcaklıklarda gelişmektedir. Skarnların içerisindeki manyetitler  $550^{\circ}C$ 'da, hematitler ise  $320^{\circ}C$  sıcaklıkta ortaya çıkmaktadır (Duong, 1969). İnceleme alanındaki yataklarda manyetit ve braunit gibi yüksek sıcaklıklı minerallerin varlığı, manyetitlerdeki zonlu yapılar, ilmenit psödomorfları şeklinde manyetit oluşumları ve bismutinit + kobaltit + katkopirit + manyetit + sfaleritten oluşan ve tipomorf sayılabilecek mineral parajenezinin bulunması mineralizasyonun ilk evrelerinin en az  $500^{\circ}C$

600°C sıcaklıklarda oluştuğunu ve skarnların bundan daha yüksek sıcaklıklı eriyikler tarafından hazırlandığını göstermektedir. Bomit-kovellin ayrılından, manyetit martitüleşmesi, galenitin parajeneze girmesi gibi özellikler ise mineralizasyonun son evrelerinde sıcaklığın 200-300° Cye kadar düştüğüne işaret etmektedir.,

Yöredeki demir yataklarında\* mineralizasyon süksesif olarak gelişmiş olup, tipik pirometasomatik yataklarda olduğu gibi önce oksitler sonra sülfidler oluşmuştur. Cevherleşmenin son evresini meydana getiren sfalerit, galenit ve karbonat gangi ise Mdrotermal. evreye geçiş şartlarını yansıtmaktadır. Yataklarda hematitten çok manyetite rastlanması oluşum, sıcaklığının yüksekliğine ve cevher oluşturan eriyiklerin uçucu bileşenlerce fazla zengin olmamasına bağlanabilir.

**Cevherleşmenin Yaşı:** İnceleme alanındaki demir cevherleşmeleri yarıkayaçlarına göre epijenetik karakterli olup» yan kayaçları Üst Senoniyen-Paleosen yaşlıdır. Aynı zamanda mineralizasyonun kaynak kayacı olan monzonit ve diyoritlerle eşzamanlı olan yataklar yine Üst Senoniyen-Paleosen yaşlı olmalıdır. Bu durum volkanizmaya kaynaklık teşkil eden derinlik kayaçlarının daha önce oluşmuş kendi volkanüerini ve bunların arasındaki sedimanları keserek cevherleşmeyi sağlamasından kaynaklanmaktadır. Cevherleşme sonrasında ve muhtemelen cevherleşme sırasında da volkanik aktivite devam etmekte ve bu volkanizma Paleosen sonuna kadar sürmektedir. Monzonüeri kesen bazalt dayları bunun en tipik delilidir.,

## SONUÇ VE ÖNERİLER

1 - İnceleme alanındaki demir yatakları monzonitlerle daha çok karbonatlı kontağında oluşmuşlardır. Karbonatlı bulunmadığı kesimlerde ise volkanitlerin zayıf zonlarında cevherleşmeler ortaya çıkmıştır. Bu kriterlere göre monzonit kontağı boyunca gömülü demir cevherleşmelerinin bulunması beklenebilir. Bunların yerlerinin ve boyutlarının belirlenmesi için önce jeofiziksel yöntemlerle taranması, sonra ümitli yerlere sondaj açılması gerekmektedir.

2 - Manyetitlerde çok belirgin zonlu yapılar gözlenmektedir. Kontak-metasomatik yataklarda çok yaygın olan bu yapıların ortaya çıkışı ve zonlanmayı oluşturan bileşim değişiminin incelenmesi için çok karakteristik örnekler bulmak mümkündür. Mikroskop çalışmalarıyla bileşim değişimleri incelenebilen ve yatak içindeki dağılımlarıyla oluşumları açıklanabilir.

3 - Demir yataklarında kalkopit ve bornit oranı yer yer artarak bakır zehurlarını meydana getirmektedir. Bakırlı minerallerin monzonitlere göre konumu, ve oluşum evresi dikkate alınarak ekonomik cevherleşmeler için ümitli yerler belirlenebilir.,

4 - Yöredeki yataklar kobalt minerallerine oldukça zengindir. Ancak kobalt, yatağı oluşturacak tene ulaşmadıkları gibi, demir cevherinin, de kalitesini düşürmektedir. Manyetit ile kobalt, minerallerinin ayrılması için zenginleştirme metodları denenmektedir.

5 - Cevher içinde bizmutinit ve aykinit gibi bizmut mineralleri kimyasal ve difraktometrik analizlerle daha detay incelenebilir.

6 - Yöredeki demir<sup>1</sup> yatakları kontak-metasomatik kökenli olup» monzonüerine sokulumlarıyla ilişkilidir. Demir yataklarının yan. kayacı olan kireçtaşı ve volkanitlere göre epijenetik karakterlidir... Monzonüer de bunlarla aynı zaman aralığının (Üst Senoniyen-Paleosen) ürünü kayaçlardır... Ayrıca cevherlerin bir kısmı fay zonlarına yerleşmişken daha çok erken, oluştu mineralerde, kataidazma yaygındır. Bundan dolayı kireçtaşı volkanitler, cevherleşme., fay oluşumu ve monzonit sokulumu kataklazmayı sağlayan tektonik etkiler arasında daha ayrıntılı verilere dayanarak kronolojik ilişki belirlenebilir.

## KATKI BELİRTME

Yazarlar, bu incelemede yardım gördükleri Ahmet Çağatay ve İbrahim Çopuroğlu'na teşekkür ederler..

## DEĞİNİLEN BELGELER

Ateş, Z., 1986, Esendemir Tepe (Koçak-Ulukışla-Niğde) manyetit yatağı; Çukurova Univ., Fen Bil. Enst. Yüksek. Lisans Tezi., 55 s.

Baş, H., Ayhan, A., ve Atabey, E., 1986, Ulukışla-Çamardı (Niğde) .volkanüerinin bazı petrografik ve jeokimyasal özellikleri; Jeoloji Mühendisliği., 26,27-34.,

Baş, H. ve Temur, S., 1991, Çiftehan-Kaçak-Elmalı (Ulukışla-Niğde) yöresi demir, bakır ve bakır oluşumları; TÜBİTAK.TBAG Projesi, No 907,105 s.

Billor, M. Z., 1986, Kayseri, ilinin Dere (Çiftehan) dolayının cevherleşmesi ve volkanitlerin jeokimyasal incelemesi; Çukurova Üniv. Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi.,

Billor, M. Z. ve Anıl, M., 1986, Kayseri ilinin Dere

- (Çifihan) dolayında görülen pirit-kalkopirit-manyetit cevherleşmesi ve Tersiyer volkanizması : C. Ü.MühJFak. Derg.,, 1/1,60-74.
- Borcbert, H., 1965., Geosendinale lagerstraten, was dazu gehört und was nichk dazu gehört, sowie deren Beziehungen zu Geotectonic und magmatismus; Forschungsh, Freiberg, C, 7» 7-61.
- Çağatay, A., 1980, Batı Anadolu çinko-kuşun yataklarının jeoloji-mineraloji etüdü, ve kökenleri hakkında görüşler; Türkiye Jeol. Kur. Bült 23,2, 119-132.
- Çevîkbaş, A. ve Öztunalı, Ö., 1991, Ulukışla-Çamardı (Niğde) havzasının maden yatakları; Jeoloji Mühendisliği, 39, 22-40.
- Demirtaşlı, E., Bilgin, Z., Erenler, R, Işıklar, S., Sanlı, D., Selim, M. ve Turan, N., 1973, Bolkar Dağlandın jeolojisi; Cumhuriyetin 50. Yılı Yer Bilimleri Kong. Tebliğler, 42-57.
- Duong, P.K., 1969, Skam et mineralisations asocies; Cronique des mines, 292-360.
- Ramdohr, P., 1980, The ore minerals and their intergrowths; Pergaman Frees» Oqford, 1200 s.
- Tatar, Rt, 1987, Koçak Köyü Cipcip Dere (Niğde-Ulukışla) demir-bakır cevherleşmesinin metalojenezi; Sukurova Üniv. Fen Bil Eust. Yüksek Lisans Tezi.

# TORTUL İSTİFLERDEKİ KIRMIZI TABAKALARIN KÖKENİ

## *Origin of Red Beds in Sedimentary Sequences*

Hükmü. ORHAN Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi., Jeoloji Mühendisliği Bölümü,»  
KONYA

ÖZ: Tortul istiflerdeki kırmızı tabakaların kökeni hakkında iki görüş vardır,. Birinci görüşe göre çokellere kırmızı rengi veren hematit» detritik olarak çökme havzasına taşınmıştır. İkinci görüşe göre ise hematitin,, çökeller içindeki demir içerikli tanelerin, ayrışmasının bir ürünü olarak geliştiği şeklindedir.

Gerek tropikal, gerekse arid iklimlerin egemen olduğu bölgelerdeki güncel çekellerin kırmızı olmadıkları gözlenmiştir. Bu bölgelerdeki daha yaşlı çökellerde ise kırmızılanma derecesi yaşa bağlı olarak artmıştır.. Bu da tortul istiflerdeki. kırmızılanmanın depolanma öncesinden, çok, depolanma sonrası işlemlerle olduğu görüşünü kuvvetlendirmiştir.

Demir içerikli, herhangi bir mineral, pigmentleşme içinde potansiyel bir kaynak olabilir... Ancak, bir istifteki kırmızı tabakaların gelişebilmesi» hematit oluşumu ile oluşan, hematitin korunmasını sağlayacak taneler arası ortamın kimyasının uygun olmasına bağlıdır.

Kırmızı tabakalar tek başlarına kesin bir iklim belirticisi olarak kullanılmamalıdır,. Bu tabakaların çökmesi anındaki, iklim koşullarının yorumlanması, fauna ve flora, içerikleri,, eoliyen kumtaşlan ve evaporitlerle olan ilişkileri beraberce yapılmalıdır.

ABSTRACT: There are two hypothesis about the origin of red beds, The first one contends that the hematite is detritally derived, from lateritic soils. The second one espouses the view that the hematite is formed authigenically from alteration, of iron bearing minerals.

It has been observed that recent sediments from arid and tropical climate are not red. They redden with, time and the degree of reddening take place with, post depositional processes rather than predepositional processes.

Any iron bearing mineral is a potential, source for hematite pigment. However, the formation and preservation of red beds takes place if the chemistry of the interstitial environment is suitable..

Red beds by itself should, not be used as climate indicator. In. order to make an interpretation about the climate during deposition, the flora, fauna and relations of red beds with, the eolian sandstone and evaporite should be searched.

## GİRİŞ

Jeoloji tarihi boyunca çökelmiş tortul istifler içinde yaygın olarak gözlenen kırmızı tabakaların kökeni, kaynağı ve çökelmeleri sırasındaki iklim şartları, uzun zaman, tartışma konusu olmuştur.,

Tortul istiflerdeki kırmızı tabakaların nasıl oluştuğu hakkında iki karşıt hipotez vardır. 1940li yılların sonlarında yaygın bir görüş olmaya başlayan, birinci hipoteze göre, sedimanlara kırmızı rengi veren hematit, tropikal ya da subtropikal

bölgelerdeki lateritik topraklardan kaynaklanarak kırmızı renkteki sedimanlar içinde taşınmıştır (Krynine, 1949; Van Houten, 1964).

Walker (1967, 1974, 1976, 1979) tarafından ortaya atılan. Turner and Ixer (1977) ve Pittman (1979) tarafından desteklenen ikinci hipotezde ise kırmızı tabakalardaki hematitin, demir içeren minerallerin yerinde ayrışması ile oluştuğu ve dolayısıyla ojenik bir kökeni olduğu savunulmuştur.

Jeolojik kayıtlardaki kırmızı tabakalı istiflerin büyük bir çoğunluğu karasal, çökeller olup genellikle çoğu benzer özelliklere sahiptir. Bu özellikleri nedeniyle, kırmızı tabakaların benzer süreçlerle oluştuğu, görüşü ortaya atılmıştır (Walker, 1976).. Jeolojik kayıtlardaki kırmızı tabakalı istiflerin benzer özellikleri şunlardır:

1 - Bu istifler, genelde tipik olarak orojenik hareketlerle ilişkili çökellerdir ve feldspat içerikleri oldukça yüksektir.

2 - Kırmızı tabakalı istifler yüzlerce metreden binlerce metreye değişen kalınlıklar ile ve binlerce Km<sup>2</sup> lik bir yayılım alanına sahiptirler.

3 - Bu istifler karakteristik olarak havzaya, doğru, yanal olarak fluvial kumtaşlarına ve en son olarak, da deniz sahili ya da playa-göl ortamlarını belirten ince-taneli çökellere geçen kenar fanglomerallerinden oluşur.

4 - Çoğu klasik tabakalı istifler,, ya kaim ve geniş alanlara yayılmış evaporitik çökeller içerirler, ya da onlarla ilişkilidirler.

Tortullara kırmızı rengi veren pigment, hematit mineralidir. Kırmızı tabakalardaki hematit pigmenti için aşağıda açıklanan, çeşitli kaynaklar önerilmiştir:

1 - İleri derecede ayrılmış kırmızı tropikal topraklardan direkt olarak taşınan detritik hematit (Krynine, 1949; Chukhrov, 1973).

2 - İleri derecede ayrılmış topraklardan taşınması ve kahverengi detritik demir oksitlerin yerinde diyajenetik süreçlerle hematiye dönüştürülmesi (Van Houten, 1973)..

3 - Demir içeren detritik silikat minerallerin yerinde ayrışması sonucunda diyajenetik süreçlerle oluşan otijenik hematit (Walker, 1967., 1974, 1976, 1979).

4 - Yaşlı kırmızı tabakalardan yeniden işlenme ile taşınan detritik hematit (Walker, 1974).

5 - Yukarıdaki işlevlerin iki yada daha fazlasının birleşiminin bir ürünü olarak.

#### KIRMIZI TABAKALARIN OLUŞUMU'

Diyajenetik problemlerle uğraşırken, gözönünde bulundurulması gereken, kavram, mineral duraylılık kanunudur; "Mineraller sadece içinde oluştukları ortamlarda duraylıdır". Başka bir deyişle, bir mineralin oluştuğu ortamda bir değişiklik olursa» bu mineralin, bu ortamda dengede olması olası değildir. Bundan dolayı mineral, yeni ortamda du raylı olaeak şekilde değişmeye

egilim gösterir. Bu ilke» tüm dünyada yüzejl ayrışması işlevlerinin açıklanmasında kullanılmaktadır. Fakat,, bu gerçeğin, hareket halindeki yeraltı suyu için de geçerli olacağı, çok az sayıda jeolog tarafından benimsenmiştir.

Kırmızı tabakalardaki hematitin kaynağı olan ferromagnezyumlu silikatlar, feldspat vb silikat mineralleri,, sıcaklık ve basıncın yüksek olduğu,» O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O gibi bileşenlerin bulunmadığı bir ortamda oluşurlar.. Bu mineraller, sıcaklık ve basıncın düşük., O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O'nin genelde bol olduğu su tablasının gerek, altında ve gerekse üstündeki ortamlarda dengede değildir. Dolayısıyla ayrışmaya eğilimlidirler.

Çökeller içindeki duraysız silikat minerallerinin ayrışmasını sağlayan birincil işlev hidrolizdir ve su, bu ayrışmanın gerçekleşmesi için gerekli olan tek ayıraçtır.

Demirce zengin silikat minerallerinin ayrışması sonucunda açığa, çıkan Fe iyonlarının hematit olarak çökeltilmesinde çökelme ortamının pH ve Eh'si önemli rol oynamaktadır. Eh ve pH'a bağlı olarak hematitin duraylılık alanı Şekil Tde gösterilmiştir. Bu diyagram jeolojik şartlara uygulandığında, tanelerarası hidrolizle serbest kalan, demir, suyun Eh ve pH'sına bağlı olarak, ya ferrous (Fe<sup>+2</sup>) olarak çözeltili içinde kalır ya da fenik oksid halinde çökelir.

Eğer tanelerarası ortam ferrous (Fe<sup>+2</sup>) iyonların duraylılık alanı içinde kalırsa, Fe iyonları ya çözeltili içinde kalarak tanelerarası su ile göçeder, yada Fe<sup>+2</sup> içeren mineraller (pirit,, siderit ve kil mineralleri) şeklinde çökelirler. Bu şartlardaki bir ortamda, çökeller gri ya da, açık yeşilimsi gri renge sahiptirler.

Diğer taraftan eğer tanelerarası ortamdaki suyun pH ve Eh'si hematitin duraylılık alanında ise, ayrışmayla serbest kalan Fe, tanelerarasında hematit şeklinde çökelir.- Hematitin çökelmesiyle birlikte bu ortamdaki çökeller zamanla kırmızılaşır.. Bir ortamdaki tanelerarası suyun kimyası sonsuza dek aynı kalmaz. Ortamın Eh ve pH'ında zamanla değişmeler olabileceğinden, daha önceden kırmızı olan çökellerin ağarmasına, ya da daha önceleri gri renkte olan çökellerin kırmızı bir renk almasına, neden olur.

Örneğin, tanelerarası ortamın hematit duraylılık alanından Fe<sup>+2</sup> iyon duraylılık alanına kaydıracak kadar fazla bir Eh, yada. pH düşmesi, ayrışma ile açığa çıkan, demirin çözeltilide kalmasına ve daha önce çökelmiş otijenik hematitin çözülmesine neden olur. Bu şartlarda, kırmızılaşma olayı durur ve

daha önce kırmızılaşmış çökellerde de renklerini kaybetmeye başlarlar.

Buna karşın ortamın pH ve Eh'si»  $Fe^{+2}$  alanından hematit alanına geçecek şekilde yükselmesi halinde, yukarıda açıklanan olayın gelişmesini ters yönde etkiler. Diğer bir deyişle» ayrışma ile açığa çıkan ve/veya çözelti içinde bulunan demir» hematit olarak çökelecektir ve gri renkli olan çökeller kırmızı bir renk almaya başlayacaklardır.

Kırıntılı çökeller çökeldiklerinde kırmızı değildir (Walker, 1976). Kırmızılanma süreci çökelden hemen sonra başlar. Kil mineralleri dahil, demir içeren kırıntılı tanelerin ayrışması ile açığa çıkan demirden hematit oluşumu, çökelden sonraki herhangi bir dönemde gerçekleşebilir., Bu durum» tanelerarası suyun. Eh ve pH değerlerinin, hematit duraylılık alanında kalmasına bağlıdır. Hematit oluşumu, tim Fe içeren duraysız minerallerin tamamen ayrışmasına, ya da ayrışmanın, çökellerin çimentolanmasıyla durmasına kadar devam eder.

Farklı yaşlardaki kırmızı tabakalar incelendiğinde» pigment gelişiminin dereceli bir şekilde kendini gösterdiği belirlenir (Walker, 1976). Çökellerin kırmızılığı, pigmentlerin dereceli gelişmesinin hangi evrede olduğunu belirtir.. Gelişmenin en. erken safhasında Genç Tersiyer ve Pleistosen yaşlı çökellerde olduğu, gibi, hematit pigmentleri, gerek X-ray analizleri,» gerekse SEM çalışmaları ile tayin edilemeyecek şekilde kırmızı renkli amorf fenik oksitlerden ibarettir. Bu safhada çökeller tipik olarak kırmızımsı san renktedir. Gelişmenin, orta safh.al.an.nda, Miyosen yaşlı çökellerde olduğu gibi, oldukça ince taneli kristallenmiş hematit oluşmaya başlar. Hematit kristalleri gerek X-ray, gerekse SEM çalışmalarında belirlenebilir., Bu safhadaki çökeller, çok açık kırmızı renktedir. Gelişmenin ilerleyen evrelerinde,\* Triyas yaşlı çökellerde olduğu gibi» yeniden kristailenmeyle birlikte ince taneli kristaller daha iri taneli hematit kristallerine dönüşürler ve çökeller kırmızımsı kahverengiden koyu. kırmızıya değişen renklerde olurlar.

Çökeller içindeki fenomagnezyumlu tanelerin ayrışması, tanelerarası. suyun kimyası, mineraloji, çökellerin dokusu, yeralüsuyu çevriminin özelliği ve çimentolanmanın zamanı, şekli ve yoğunluğu gibi oldukça çok sayıdaki değişken tarafından etkilendiğinden, hematitin gelişme evreleri arasında kesin bir yaş sınırı çizmek olası değildir.

Sonuç olarak» pigment gelişmesine sebep olan ayrışma her yerde aynı anda başlamaz. Pigment gelişmesi; formasyondan formasyona, hatta, bir for-

masyon içinde bir noktadan, diğer bir noktaya ve bir dönemden diğer bir döneme değişebilir niteliktedir.

Dünyadaki önemli kırmızı tabakalı istiflerin geniş evaporit çökelleri ile beraber bulunduğu bilinmektedir. Evaporit çökelleri. beraber buldukları kırmızı tabakaların kökeninin tanımlanmasında oldukça önemlidir. Çünkü, evaporit bölgesel olarak, depolanma esnasında arid iklimin egemen olduğunu açıkça gösterirler.

Evaporit ve kırmızı tabakaların beraber bulunması, tüm kırmızı tabakaların çöl ortamlarında oluştuğunu ispatlamaz. Ancak kırmızı tabakaların oluşması için özellikle arid iklimlerin uygun olduğunu belirtir (Walker, 1976).

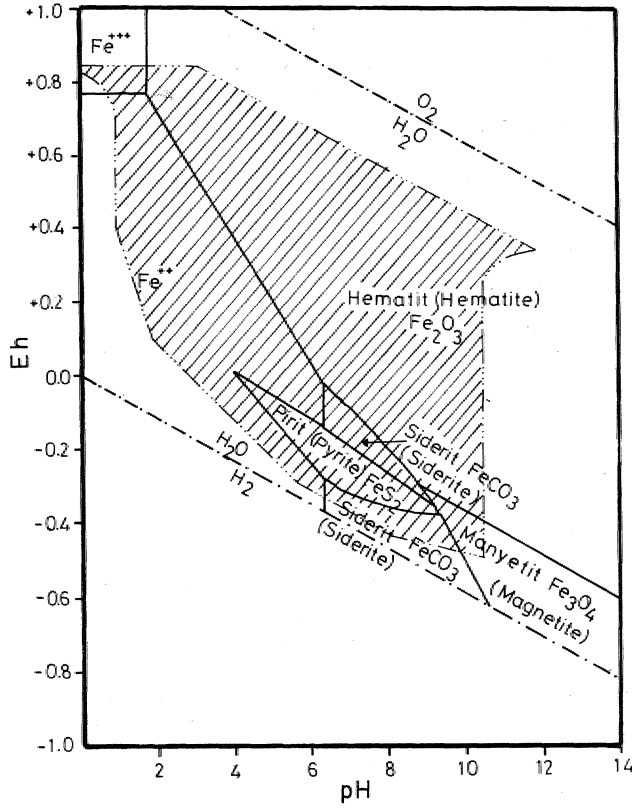
Bölgesel kuraklıktan dolayı, kaynak bölgesinde oluşan taneler» çok. az bir kimyasal ayrışmaya uğrar. Bundan, dolayı, kaynak bölgesindeki duraysız silikat mineralleri, kaynak bölgesinden çökelen ortama aşın. derecede ayrışmaya uğramadan taşınırlar ve orada depolanır. Çökelen ortamında duraysız silikat minerallerin» yüzeysel, ayrışmalarla tahrip edilmeleri, olası değildir. Çünkü» jeolojik, ölçekte havzadaki çökellerin depolanması süreklilik gösterir, Bunun sonucu olarakta, çökelen sedimanlar daha sonra genç çökeller tarafından örtülür. Bundan dolayı, havzada çökelen. tortulların yüzeysel etkilerle ileri derecede tahrip edilmeye zaman bulmadan genç çökellerce örtülür ve gömülürler. Dolayısıyla, çöl ortamlarının, çökelen sedimanlar içindeki duraysız minerallerin kimyasal ayrışmasını önleyen ideal bir konumu vardır. Çökeller içindeki minerallerin ayrışması çökelden sonra 10larca milyon yıl sürebilir. Walker (1976). Amerikanın güneybatısında» günümüzden 9 ile 26 milyon, yıl öncesi bir zaman aralığında çökelen Hayner Ranch formasyonundaki kırmızı tabakalar içinde kısmen çözünmüş ojit ve homblend artıklarının yaygın olduğu gözlenmiştir.

Kırmızı tabakalar içindeki, hematit pigmentlerinin diyajenetik kökenli olduğunu savunanların diğer önemli bir kanıtı da» bu çökeller içinde özşekilli hematit kristallerinin yaygın olarak bulunmasıdır, Yaşlı kırmızı tabakaların bazılarında hematit kristalleri, ince kesitte mikroskop altında görülebilecek büyüklüktedir. Fakat, çoğu durumlarda hematit kristalleri ancak SEM kullanılarak belirlenebilmektedir.

Ortamsal faktörlerdeki lokal ve bölgesel değişiklikler, çökellerin farklı şekillerde renklenmelerine neden olabilirler. Çoğunun birbirleriyle ilişkide olduğu faktörler ve bunların renk oluşumu üzerindeki etkileri aşağıda özetlenmiştir;

1 - Kaynak **Kayaçlarda** demir içeren, **duraysız minerallerin** Yarlığı: Duraysız fenomagnezyumlu silikat minerallerden özellikle ojit ve hornblendi, çökellerdeki pigmentler için önemli bir demir kaynağı olabilir. Diğer şartların aynı kalması durumunda ojit ve hornblendce zengin, kaynak kayaçlardan gelen çökeller, bu minerallerce kıt olan ana kayaçlardan gelen çökellerden daha hızlı bir şekilde kırmızılaşırlar.-

2 - Ortamda **bulunan su miktarı**:. Kınnı-zılaşıma işlevinde su» üç açıdan önemli rol oynar: a) Demir içerikli minerallerin kimyasal hidrolizi için ortam, oluşturur ve açığa çıkan demirin oksit



Şekil 1 Yaygın demir minerallerinin duraylılık alanlarını gösteren Eh-pH diyagramı. Çözünmüş karbonatın toplam aktivitesi 1M, çözünmüş kükürtün toplam aktivitesi  $10^{-6}$  M ve çözünmüş demirin toplam aktivitesi  $10^{-6}$  olarak kabul edilmiştir, Taralı alan, doğal ortamlarda ölçülen Eh ve pH limitlerini gösterir (Carrels ve Christ, 1965'den)

Figure 1 Eh-pH diagram, showing stability fields of common iron minerals., Total activity of dissolved carbonate, 1M, of dissolved sulfur\*,  $10^{-6}$  and of dissolved iron,  $10^{-6}$  is assumed, Shaded area shows the measured limits of Eh and pH in natural environment (after Garrels and Christ, 1965),.

boyayıcı olarak çökmesini sağlar, b)» Gerek çökellerin sağlandığı bölgede» gerekse çökellerin depolandığı yerde» havadaki ve çökellerin yüzeyindeki kil mine railerinin mekanik olarak çökel içine filtrelenmesini sağlar», c) Bitki örtüsünün gelişmesine yardım eder. Bitki gelişmesi, çökellerin duraylı olmasını ve çökellerin aşınmadan, korunmasını sağlar. Böylece tortuların, kırmızılanma için oldukça uygun olan bir ortamda uzun süre kalması sağlanır... Deniz ile sınırlanan kumullarda kırmızılanmanın hızı, sahil boyunca, nem oranının fazla olmasından dolayı çöl içlerine göre daha yüksektir. Bir ortamdaki nemin kaynağı» yağmur, çığ ya da yeraltı suyudur.

3 - Zaman: Kırmızı tabakalardaki pigmentlerin kaynağı olan ferromagnezyumlu silikat mineralleri ve kil minerallerinin ayrışması için belirli bir zamana, gereksinim vardır. Tam bir kırmızılanma süreci, onlarca, milyon- yıl sürebilir. Kırmızılığın belirli bir derecesine ulaşmak için gerekli zaman, nem oranının, artmasıyla kısalmır.

4 - Tane boyu ve şekli: Çökeller taşınırken, iri taneler ince tanelere oranla daha hızlı bir şekilde aşındırılır. Bundan dolayı iri, taneler, daha iyi yuvarlaklaşır ve tane şeklindeki orijinal, düzensizliklerin sebep olduğu girinti-çukurlukların sayısı ve boyuttan azalır. Taneleri kaplayan demiroksit,, eğer aşındırmadan korunabilirse tane kaplaması, iri taneli kumların yüzeyinde ince taneli kumların yüzeyine oranla daha az bulunur.

Çok ince taneler çok yavaş olarak aşınırlar, ya da hiç aşınmazlar. Bundan dolayı, tane yüzeyindeki orijinal düzensizlikler korunur. Bu taneler demir oksitle bir defa boyandı mı, öyle kalmaya eğilimleri vardır. Bundan dolayı, kumullarda ince taneli kumlar, daha çok kille sıvanmıştır, daha çok pigment içerir ve iri taneli kumlardan daha kırmızıdır. •

5 - Taşınma uzaklığı: Taşınma uzaklığı, çökellerin kırmızılanmasında zaman parametresiyle aynı etkiye sahiptir. Taşınma uzaklığının artması normal olarak kırmızılanma için gerekli materyali sağlayan ayrışma süreci için gerekli zamanı uzatır.

6 - Kum taneleri üzerindeki kaplanmalardaki kil minerallerinin tipi: Demir,, kil minerallerinin kristal yapıcısı olarak, ya da kil mineralleri yüzeylerinde sıvanmış olarak taşınır. (Carroll, 1958). Bu demir, kil minerallerinin dengede olamayacağı meteorik sular ile bulunduğu anda,, ayrışma süreçlerinin etkisi sonucunda serbest hale geçer, Çöl ortamlarında tanelerarası suyun (nemin) Eh ve pffi yüksek olduğundan, ayrışma ile açığa çıkan demir hemen çöker. Tane yüzeyinde sıvanma şeklinde yer alan killerin ayrışmasıyla ortaya çıkacak demirin miktarı; kısmen kil kaplaması



içinde bulunan kil minerallerinin cinsine bağlıdır. Çünkü, kil minerallerinin, kristal kafeslerinde demir bulundurma özellikleri aynı değildir (Carroll, 1958).

7 - Yaşlı kırmızı tabakalardan taşman kum tanelerinin oranı: Bu tip çökeller bölgesel olarak önemli olabilir. Fakat,, buldukları yerden uzaklara taşındıkça gerek çözünme, gerekse diğer çökellerle karışmalar sonucu renklerin koyuluğu azalır.

## SONUÇLAR

Kırmızı tabakaların, iklime bağlı kalmadan aşağıdaki şartların varlığı halinde herhangi bir yerde ve zamanda oluşmaları olasıdır.

1- Anakayaç içinde ilmenit, manyetit, volkanit kayaç parçacıkları ve demirli silikat mineralleri gibi demir içeren kırıntılı tanelerin, bulunması,

2- Demir içerikli tanelerin ayrışmasına uygun çökme sonrası şartlarının varlığı,

3- Tanelerarası ortamın Eh-pH değerlerinin ferrik ( $Fe^{+3}$ ) oksitlerin oluşumuna uygun olması,

4- Tanelerarası ortamın, ferrik oksitlerin oluşumunu izleyen indirgen bir ortama dönüşmemesi,

5- Demir içerikli tanelerin ayrışmaya uğraması için gerekli şartların, yeterli bir zaman, aralığı boyunca değişmemesi,

6- Ortamın oldukça sıcak bir karaktere sahip olması.

Hematitin oluşabileceği ve oluşan hematitin korunabileceği şartların denetiminde, iklimin rolünün ne olduğu konusunda fazla birşey bilinmedikçe, kırmızı tabakalar, herhangi bir iklim tipinin belirticisi olarak kullanılmamalıdır. Diğer bir deyişle, kırmızı tabakalar tek başlarına nemli tropikal ortamların, yada arid iklimlerin kesin bir belirticisi değildir. Evaporitlerle ilişkili kırmızı tabakalar içindeki hematit pigmenti, olasılıkla arid bir iklimde çökmeyi izleyen bir dönemde gelişmiştir. Fakat çökme ortamında etkili olan kuraklık, hematit pigmentinin varlığıyla değil» evaporitlerle beraber bulunmasından kaynaklanmaktadır.

Kırmızı tabakalar içindeki hematitin varlığı» iklim faktörü dikkate alınmadan tanelerarası ortamın Etü ve pH'nın belirlenmesinde oldukça yararlıdır.

## DEĞİNİLEN BELGELER

Canols, D., 1958, Role of clay minerals in the transportation of Iron; *Geochim, et Cosmochim Acta*, v. 14, p. 1-27.

Chukhrow, F.V., 1973,, On mineralogical and geochemical criteria in the genesis of red beds; *Chemical Geology*, v. 12,, p. 67-75.

Gamels, R.M. and Christ, C.L., 1965, *Solutions, Minerals and Equilibria*; Harper & Row, New York, 459 pp.

Kiynine, P.D., 1949» Origin of red 'beds; *New York Acad. Sei. Trans, Series 2*, v. 11, p. 60-68.

McBride, E.F., 1974, Significance of color in red, green, purple, olive, brown and gray beds of Difunta Group, Northeastern Mexico; *Jour. of Sed. Petrology*, v. 44, no. 3, p. 760-773.

Pittman, E.D., 1979, Recent advances in sandstone diagenesis; *Ann. Rev. Earth and Planetary Sciences*, v. 7, p., 39-62.,

Turner, P. and Ixer, R.A., 1977, Diagenetic development of unstable and stable magnetization in the St. Bees Sandstone (Triassic) of Northern England; *Earth and Planetary Science Letter*, v. 34, p, 113-124.

Van Houten, R.B., 1973, Origin of red. beds a review: 1961-72; *Ann. Rev. Earth and Planetary Sciences*, c. 1, p. 39-61.

Walker, T.R., 1967, Formation of red beds in modern and ancient deserts; *Geol. Society of America Bull*, v. 78, p, 353-368,

Walker, T.R., 1974, Formation of red beds in moist tropical climates: A hypothesis; *Geol. Soc. of America Bull-*, c. 85, p. 633-638.

Walker, T JR., 1976, Diagenetic origin of continental red. beds; in R. Falke, (Editor), *The Continental Permian in Central West and South Europe*; NATO ASI Series C, Mathematical and Physical Sciences^ . 22, h, 240-282.

Walker, T.R., 1979, Red color in dune sand; *U.S. Geological. Survey Professional Paper 1052*, p. 61-81.

## BÜYÜK DEPREMLERLE İLİŞKİLİ ÖNCÜL KABUK HAREKETLERİ

*Precursory crustal movements associated with major earthquakes*

Hayrettin KORAL İstanbul Univ., Mühendislik Fak.. Jeoloji Müh.Böl. AvcüarjSTANBUL

ÖZ: Büyük depremler öncesi anormal kabuk hareketlerinin var olduğu bilinmektedir. Japonyadaki Kanto (1930;  $M=6.9$ ), Niigata (1964;  $M=7.0$ ), Izu-Oshima (1978,  $M=6.8$ ), Cindeki Tangshan (1976,  $M=7.8$ ), Haicheng (1976;  $M=8$ ) ve Songpan (1976;  $M=7.2$ ) depremleri öncesi görülen kabuk hareketleri bunların güzel örnekleridir. Benzer hareketler Güney Kaliforniyada da gözlenmiştir.

Deneysel çalışmalar, kayaların defo.rma.syo etkisiyle elastik ve elastik olmayan hacim büyümesine maruz kaldıklarını göstermiştir. Sismik bölgelerde gözlenen gravite azalması, kaynak, su boşalimleri ve radon gazı kaçaklarındaki artışlarda kayaların bir tür hacim büyümesine uğradıklarını göstermektedir. Bu nedenle öncül kabuk hareketleri kayalardaki hacim, büyümesinin yüzeysel ifadesi olarak değerlendirilebilirler

ABSTRACT: A history of anomalous crustal motion precedes major earthquakes. Crustal movements prior to the Kanto (1930;  $M = 6.9$ ), Niigata (1964;  $M = 7.0$ ) and Izu-Oshima (1978;  $M = 6.8$ ) earthquakes in Japan and the Tangshan (1976;  $M = 7.8$ ), Haicheng (1976;  $M = 8.0$ ) and Songpan (1976;  $M = 7.2$ ) earthquakes in China are only a few examples. Similar movements have also been reported in Southern California.

Experimental studies suggest rock deformation under simulated crustal conditions produces a combination of elastic and inelastic volume dilatancy. Field evidence for gravity decrease, water expulsion and radon emission in seismic regions suggests a mode- of volume dilatancy occur during precursory stages of major earthquakes. Preseismic crustal movements can therefore be interpreted as surficial expressions of volume dilatancy at subcrustal levels in a 'slip-deficient seismic zone..

### GİRİŞ

Japonyada deprem, öncesi anormal kabuk hareketlerinin görülmesi» depremlerin erken tahmini için çok önemli bir gelişme olarak değerlendirilmiştir. Kaliforniyadaki çalışmalar ise daha kompleks görünümündedir (Castle v. diğ., 1976). Bu ilişkiler kabuk, hareketlerinin büyük ölçüde anlaşılmadığını ortaya koyar. Bu makalenin amacı, ilk olarak» büyük depremlerle ( $M > 6.5$ ) ilişkili kabuk hareketleri hakkında var olan bulguları gözden geçirmek, ve ikincil olarak bu hareketlerin doğasını tartışmaktır. Makale çeşitli kaynaklardan yararlanılan ve yazarın kendi yorumlarını içere eleştirili bir dedeme niteliğindedir.

### ÖNCÜL KABUK HAREKETLERİ

Japonyada deprem öncesi anormal kabuk hareketlerini ortaya koyabilmek amacıyla jeodezik

çalışmalar düzenlenmiştir. Bu çalışmalar sonucu Nanao (1933,  $M = 6.0$ ), Tonankai (1944,  $M = 8.0$ ) ve Gifu (1966;  $M = 6.6$ ) depremleri öncesi anormal kabuk hareketleri gözlenmiştir. (Dambara, 1981). Niigata depremi öncesinde (1964;  $M = 7.5$ ) görülen hareketler (Şekil. 1) bu tür yerkabuğu hareketlerinin tipik bir örneğini teşkil eder. Şekil 1 de görüldüğü gibi Niigata depreminden aylar önce oluşan kabuk hareketi deprem, anına kadar devam etmiştir.

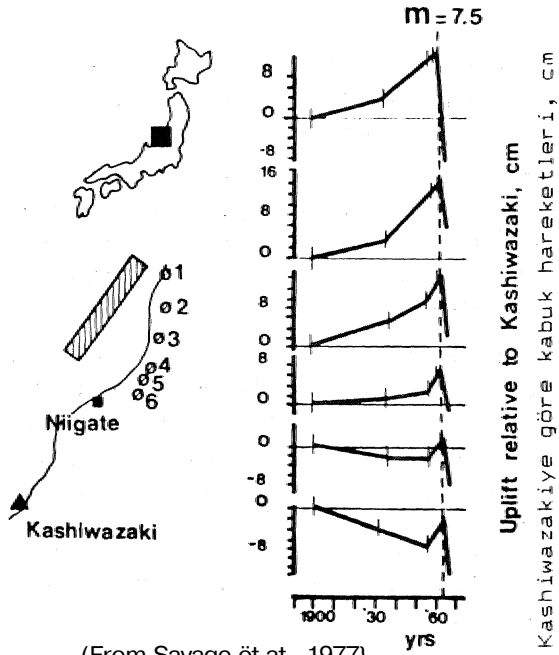
Orta Japonyada jeodezik çalışmalar tzu yarımadasında deprem öncesi kabuk hareketlerinin doğası baklnda önemli bilgiler sağlamıştır. Kanto (1930;  $M = 7.0$ ) ve tzu Osbima (1978;  $M = 6.8$ ) örneklerindeki kabuk yükselmeleri deprem anında kısmi çökme ile devam etmiştir (Şekil 2).. Depremlerden önce tekrarlanan bu davranış raslantı olarak yorumlanmamış ve bu. güzergahlar

üzerinde yapılan gravite çalışmaları kabuk hareketlerinin varlığını destekleyen veriler sunmuştur (Earthquake Research. Institute, 1980).

Japon yerbilimciler öncül kabuk hareketlerini deprem oluşumunun ayrılmaz bir parçası olarak değerlendirmekte, ve gözlemlerin dikkatli ve sistematik yapılması halinde depremlerin önceden haber verilebileceği umudunu taşımaktadırlar. Bunun son örneği olarakta Japon, denizi depremi (1983;  $M = 7.7$ ) anında gözlenen kabuk hareketleri (Şekil 3) ve diğer değişimler gösterilmektedir (Mogi ve Oyagi, 1991).

Cinde Jin Jhou fayı boyunca yapılan günlük seviye çalışmaları (Şekil 4) episentri 185 km uzaklıktaki Haicheng depreminin tahmininde kullanılmıştır (Raleigh v. diğ., 1977). Yer kabuğu hareketleri, Tangshan (1976;  $M = 7.8$ ) ve Songpan (1976;  $M = 7.2$ ) depremleri öncesi kısa güzergahtı seviye çalışmalarında da gözlenmiştir (Zhang, 1970; Zhang and Fu, 1981). Bu depremler sırasında episentrdan 50 den. 200 km kadar varan uzaklıklarda amplitüdü birkaç milimetreye ulaşan kabuk hareketlerine rastlanmıştır (Şekil 4)...

• Japonya ve Cindeki durumların aksine,



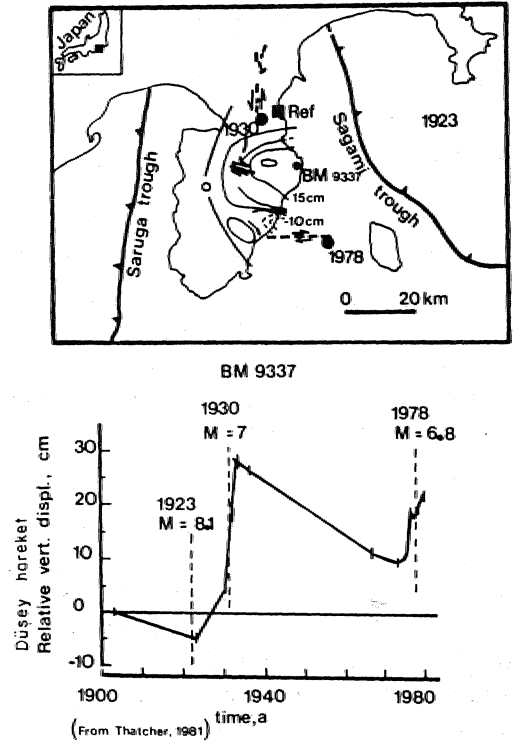
(From Savage et al., 1977)

Şekil 1 Niigate depremi (1964;  $M = 7.5$ ) öncesi ve sonrası gözlem, istasyonlarında kaydedilen seviye değişimleri...

Figure 1 Level changes, at bench marks before and after the Niigate earthquake (1964;  $M = 7.5$ ),

Kaüfomiyadaki kabuk hareketlerinin doğası tartışmalıdır. Tartışma, 1957 Forth. Tejon ve 1906 San Fransisko depremleri ile az verinin oluşu ve 197CHİ yıllarda Palmdale, güney Kaliforniyada gözlenen kabuk yükselmesinin hiçbir sismik olayla ilişkili olmayışından, kaynaklanır. Kaliforniyadaki kabuk hareketleri ileri bilimsel, tekniklerle araştırılırken, bazı Amerikalı bilim, adamları öncül kabuk hareketlerinin varlığını tartışmaktadırlar (Rikitabe, 1982). Bu anlamda, güney Kaliforniyada kabuk hareketleri, gravite değişimi ve deformasyon hızı arasında anlamlı bir ilişkinin varlığının Wesson ve diğ. (1985) tarafından ortaya konulması bu bölgede de kabuk hareketlerinin tanınması açısından olumlu bir gelişme olarak, nitelendirilebilir.

Jeodezik veriler büyük ölçekli depremler öncesi anormal kabuk hareketlerinin varlığını gösterir. Bu hareketlerin magmatik kökenli olmamaları, onları, sismik bölgelerde kaya deformasyonunun bir belirtisi olarak yorumlamamıza neden olur. Kabuk



Şekil 2 Orta Japonyada Izu yarımada.simm. tektonik konumu ve BM 9337 numaralı araştırma istasyonunda gözlenen seviye değişimleri.

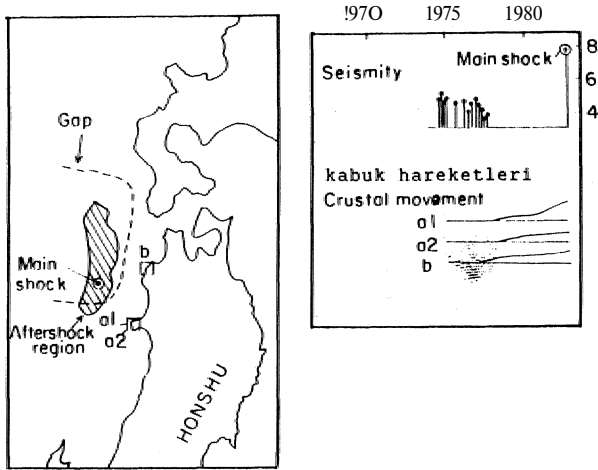
Figure 2 Tectonic setting of the Izu peninsula, Central Japan, and the movement history of BM 9337' relative to the reference benchmark (REF).

hareketlerinin doğası bundan sonraki tartışmamızın konusunu teşkil edecektir.

## ÖNCÜL KABUK HAREKETLERİNİN FİZİKSEL ANLAMI

**Büyük** ölçekli depremler yer kabuğunun plaka kenarlarındaki kısımlarının giderek streslenmesi sonucunda oluşurlar. Plaka kenarları kabuğun derin ve sıcak kısımlarında sürekli deformasyona uğrar ve kabuğun üst kısımlarında stresin yoğunlaşmasına yol açar. Kayadaki stresler kabuk direncini aştığında yüksek yıkım güçlü depremlere neden olurlar.

Büyük ölçekli depremler için önerilen modeller sığ sismik bölgeyi iki kısımda inceler: 1) deprem odağı (fokal bölge) ve çevresi; 2) deprem hazırlık zonu. Fokal bölge gerilimin çok yüksek ve heterojen olduğu düşünülen yüksek dayanımlı bölgelerden (aspérité) oluşur (Crampin v. diğ. 1984). **Asperiteler** fay boyunca sismik hareketin, oluşumunu deneleyerek stresin kırılma noktasına kadar ulaşmasına neden olurlar. Asperitelerden uzak hazırlık zonlarında ise streslerin daha düşük ve yaklaşık olarak homojen olduğu düşünülür (McGarr, 1980). Kabaca bir balona benzetebile-



(From Mogi Oyagi., 1991)

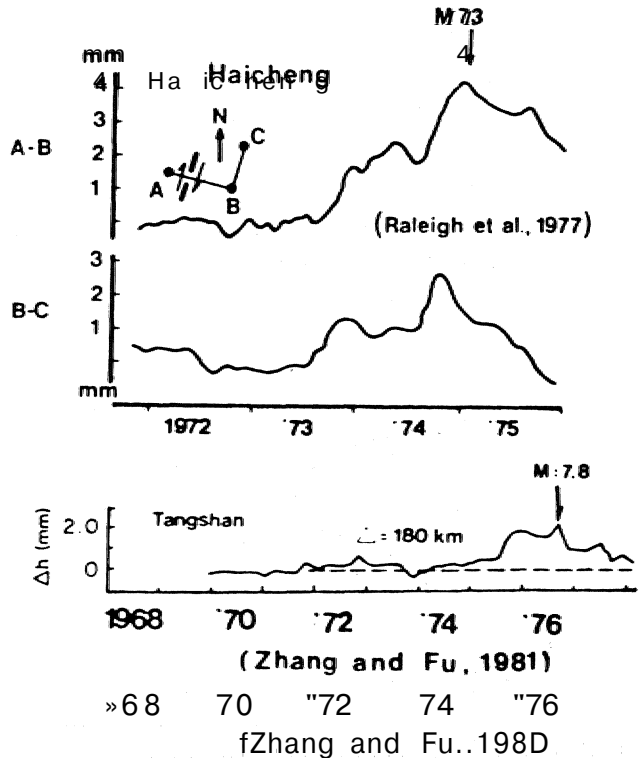
Şekil 3 Japon denizi depreminin episentri (1-983, M: = 7.7) ve Japonya'nın batı kıyısında a1 ve a2 gözlem istasyonlarında tiltmetreler ve jeodezik metodlarla gözlenen yer seviye değişimleri.

Figure 3 Location of the sea of Japan earthquake (1983, M = 7.7) and temporal elevation changes at a1 and a2 observation posts along the west coast of Japan observed by tiltmeters, tide gauges and leveling surveys.

ceğimiz fokal bölge ve deprem, hazırlık zonu'nun ana öğeleri ile birlikte Şekil 5 de sematize edilerek gösterilmiştir. Hem fokal bölge, hemde hazırlık zonu'nun etki alanının büyüklüğünün depremin büyüklüğüyle artacağı düşünülmektedir.

Heterojenliğine rağmen deprem zonu içerisindeki kayalar bir deformasyon aleti içerisindeymiş gibi düşünülebilirler. Bu nedenle deneysel koşullardaki kaya deformasyonu sismik zonlarda oluşabilecek değişiklikleri tahmin edebilmek amacıyla aşağıda tartışılmıştır.

Deneysel koşullarda granit yenilinceye kadar deformasyon geçirdiğinde kayada bazı değişiklikler meydana gelir ve bu değişiklikler Şekil 6 da gösterilmiştir. Şekil 6 (b) eğrisinde görülebileceği gibi kaya örneği kırılma dayanımının yansına kadar strese kısılr ve hacim küçülmesine uğrar. Bu değişikliklerin çatlak kapanımı ve elastik deformasyonu temsil ettiği düşünülmektedir. Bu evrede kaya, yük kaldırıldığında eski haline dönebilir yani esnektir. Daha yüksek streslerde kaya 'dilatansiyeli' diye bilinen hacim büyümesine uğrar. 'Dilatansi' kayadaki makroskopik çatlakların

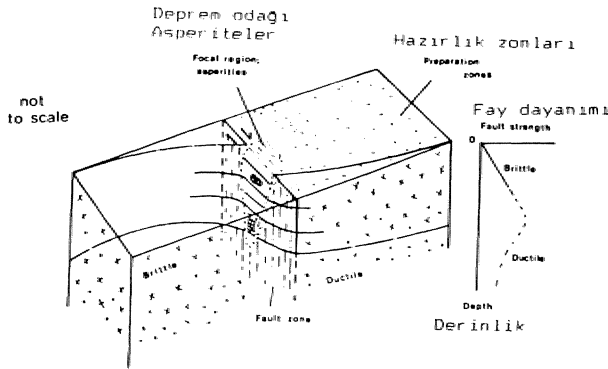


Şekil 4 Cinde Haicheng ve Tangshan depremlerinin çiş odaklarında gözlenen seviye değişimleri...

Figure 4 Elevation changes along short, leveling routes in vicinity of Haicheng and Tangshan earthquake epicenters. in China.

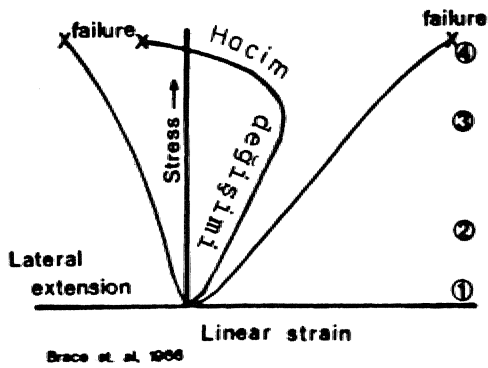
tanklara dönüşümüne verilen isimdir (Brace v. diğ., 1966; Nur, 1974; Fyfe v. diğ., 1978). Alternatif olarak Wilkins (1980), kayada var olan, su ve so buhanın sireslenmiş çatlak uçlarında, duaylı çatlak gelişimini olanaklı kılacağını rapor etmiştir. Bu çalışmalar farklı deformasyon koşullarında farklı kırılma modlarının gelişebileceğini göstermektedir.

Sismik bölgelerde yaygın kırık modunun ne olduğu tartışmalıdır (Sholz v. diğ., 1973., Nur, 1975; Crampin v. diğ., 1984). Farklı görüşlere rağmen kayaların sismik bölgelerde dilatant hale geldiği ve dilatansinin sismik hareketlerin temelini oluşturduğu söylenebilir. Deneysel çalışmalar ana stres yönlerine bağlı yönlü anisotropinin (preferred



Şekil 5 Kıtasal kabukta hareketsiz sismik zonun ana öğelerini gösteren şematik bir diyagram.

Figure 5 A schematic view showing the principal features of a 'slip-deficient' zone in continental crust.



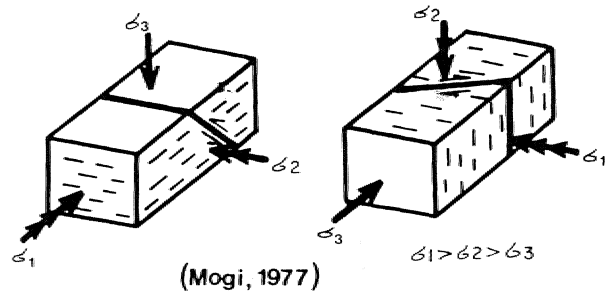
Şekil 6 Kompresyon testi anında şekil değişimi-hacim ilişkisini gösteren diyagram.,

Figure 6 Strain volume changes during a compression test.

**anisotropy**) kabuk hareketlerinin oluşumunda önemli, bir faktör olduğunu belirtmektedir (Mogi, 1977).

Mogi (1977) bir sismik bölgede ana streslerin farklı değerlerinin yönlü anisotropi oluşturacağını göstermiştir. Şekil 7 de ters ve doğrultu atımlı faylanmada maksimum ana stres yönleriyle uyumlu yönlü anisotropinin nasıl oluşabileceği gösterilmektedir. Bu şekillerden ters faylı veya şaryajlı rejimlerde yönlü anisotropinin kabuk hareketi için daha elverişli olduğu, doğrultu atımlı rejimlerde ise kabuk hareketinin maksimum ve ortanca (intermediate) gerilmelerin (stress) bir fonksiyonu olduğu görülebilir.

Hareketsiz sismik bölgelerde (slip-deficient seismic zones) gerilmeler asperitenin dayanımı yenilinceye kadar artarlar ve şiddetli bir kaymaya neden, olurlar. Kuvars içeren kayalar için hazırlanan dayanım-derinlik eğrileri, ters faylarına için gerekli maksimum gerilimin 2kb dolayında doğrultu atımlı faylanmada ise 1kb dolayında olabileceğini göstermektedir (Sibson, 1933).., Bu değerler daha yüksek ve daha alçak, ısı akımlı rejimlerde, sırasıyla daha fazla ve daha az olabileceklerdir., Diğer yandan, laboratuvar ve saha gözlemleri üst kabuk koşullarında kayaların elastik deformasyona uğramaksızın önemli gerilmeleri (onlarca MPa) kaldıracabileceklerini göstermektedir (Brace, 1966; McGarr ve Gay, 1978). Yutandaki bilgilerden hareketsiz bir sismik zonda, yüksek dayanımının korunduğu asperiteler dışında, stres magnitudünün kayanın yenilme gerilimini aşacak büyüklükte olmayacağı sonucu çıkarılmıştır. Böylece kırık modunun, egemen olduğu hacim büyümesinin (kırık dilatansı) yalnızca deprem odağının asperitelerine konsantre olabileceği ve



Şekil 7 Ters ve doğrultu atımlı faylanmada açık kırıkların gerilme yönleriyle ilişkisini gösteren diyagram.,

Figure 7 Orientation of open cracks before rupture under general stress states for thrust and transcurrent faulting.

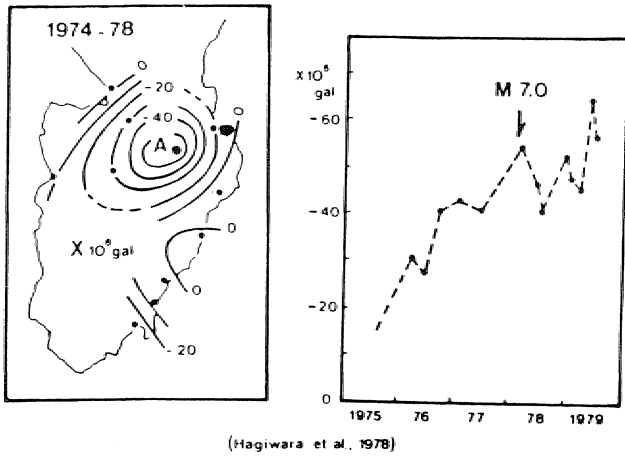
kink uçlarında duraylı büyüme ve var<sup>1</sup> olan çatlakların elastik davranışıyla karakterize olan yaygın (extensive) dilatansinln ise asperitelerden uzak mesafeler için mantıklı bir açıklama olabileceği düşünülmüştür (Evans, 1984).

## SAHA BULGULARI

Sismik bölgelerde üst kabuktaki deformatsiyonun doğasını tayin, etmek güçtür. Buna rağmen, büyük depremlere birincil derecede ilişkili olduğu düşünülen artan kaynak, boşalmaları,, ve radon gazı emisyonu gibi verilerden deformatsiyona ait bilgiler elde edilebilir., Ek bilgiler diğer jeofizik ve jeokimyasal metodlarla sağlanabilirse de aşağıda sadece gravite tartışılmıştır.

Walsh (1975) deprem zonunda deformatsiyon sonucunda gravite değişimi olabileceğini belirtmiştir. Yazar, deformatsiyonun graviteyi iki yolla etkileyeceğini düşünmektedir: 1) kayada bir noktada yoğunluk değişimi; 2) hacim genişlemesi sonucunda oluşan boş alana yeraltısuyunun hareketi. Kayada, herhangi bir noktada beklenen gravite değişimi küçük olmasına rağmen etkilenen bölgenin geniş oto ası nedeniyle gravitedeki değişim, gözlenebilir hale gelir. Üstelik anormal gravite değişimleri epirojenik hareket olasılığını ortadan kaldırır.

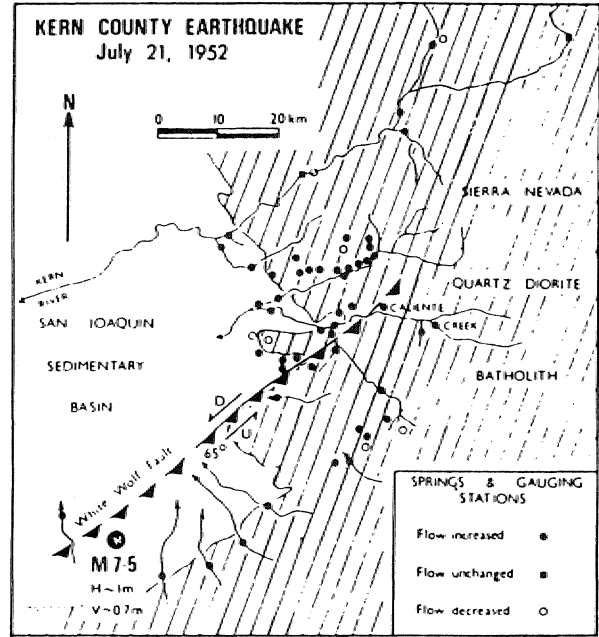
Japonyanın Izu bölgesindeki gravite araştırmaları (Şekil 8) depremden sonra orijinal durumuna dönen gravite değişimleri göstermiştir (Hagiwara v. diğ., 1978). Benzer değişimler Japonya da Niigata ve Matushio depremlerinden önce de gözlenmiştir (Nur, 1974). Rikitake (1982)



Şekil 8 Izu yarımadasında gözlenen gravite değişimi.

Figure 8 Temporal variation of gravity in the Izu Peninsula and at station A.

Cindeki Haicheng ve Tangshan depremleri öncesinde büyük değişimlerden söz etmektedir (sırasıyla -352 mgal ve +150 mgal). Japonyadaki gravite anomalileri deprem öncesi deformatsiyona oluşan yersel değişimlere atfedilebilirse de, Cindeki büyük gravite değişimlerinin nedeni gerek hacim ve gerekse yoğunluk değişimiyle açıklanabilir.



- a -



- b -

Şekil 9 a) Kern County depremi (1952;  $M = 7.5$ ) sonrası boşalmalarında artım, gözlenen kaynaklar, b) fokal, bölge için önerilen dilatansi (hacim büyüme) modü.

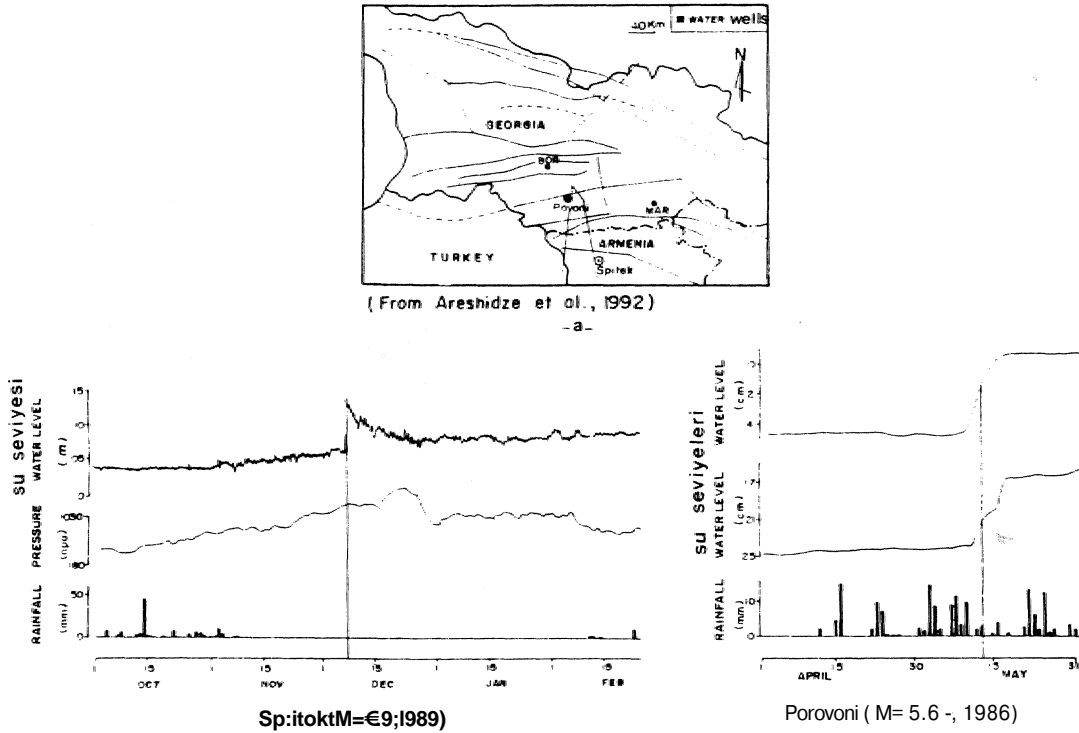
Figure 9 a) Locations of fluid flow following the Kern County earthquake (1952;  $M = 7.5$ ); b) a possible mode of dilatancy for Ae epicentral region..

namaz., Böyle büyük gravite değişimlerini açıklamak için yeraltında bir çeşit kütle transferini varsaymak gereklidir (Zhang ve Fu, 1981).

'Dilatansi' için ek bulgular orta ve büyük ölçekli depremlerin episentrlarında görülen artan kaynak boşalmılarından elde edilebilir. Sismik zonun fokal bölgesi su pompasına benzetilmiştir (Sibson ve diğ., 1975). Bu modele göre fokal bölge hacimca genişler ve çevreden fokal bölgeye doğru su göçü oluşur. Fokal bölge depremden sonra streten arınmış duruma döndüğünde su basınçla fokal bölgeden dışarıya doğru itilir. Kaliforniyadaki 7,5 magnitudlü Kem County depremi bu tip su boşalmı için iyi bir örnektir. Bu depremi izleyen 2 ay içerisinde kristalize kayalarda çizgisel hatlar boyunca yer alan kaynak boşalmılarından  $10^{10}$  litreye varan artışlar gözlenmiş ve bu artış sismik zonun fokal bölgesinde açılmış kırık sistemlerin varlığına yorumlanmıştır (Şekil 9). Bu modelle ilgili diğer bulgular' kuzey Kafkaslarda, meydana gelen Paravani (M = 5.6; 1986) ve Spitak (M = 6.9; 1989) depremleri sonrasında yeraltı su seviyelerinde gözlenen değişimlerden elde edilebilir.

Deprem odaklarından 200 km ye varan uzaklıklardaki gözlem kuyularında sırasıyla 7 cm ve 30 cm ye varan artmış yüksek su seviyelerine rastlanmıştır. (Şekil 10) (Arashidze ve diğ., 1992). Deprem öncesinde ve sonrasında bu artışları destekleyecek önemli bir yağış miktarı söz konusu olmadığından, bu değişimler deprem odağında açık kırıklarda var olan suyun kırıkların kapanması nedeniyle çevreye doğru itilmesiyle açıklanabilir. Benzer şekilde Tangshan (1976) ve Imperial Valley (1970) ve ülkemizde Bingöl (1971) Erzincan (1992) depremleri episentr bölgelerinde çizgisel hatlar boyunca görülen kum ve çamur volkanları (Zhang ve Fu, 1981; Sibson, 1981; Aytun, 1972) açık kırık sistemlerinin, stres rahatlaması neticesinde, aniden kapandığını işaret eden belirtiler olarak kabul edilebilir.

Sismik zonda yeraltı suyunda, radon gazı artışı, deprem, bölgesindeki hacim büyümesinin modu hakkında ek bulgular sağlar. Radon 3,8 günlük yarı yaşam süresi ile inert ve suda çözülebilir bir radyo-



Şekil 10 a) Paravani ve Spitak depremlerinin episentrlarını, gözlem kuyularını ve Kafkaslardaki önemli fay zonlarını gösteren harita; b) Depremlerden önce ve sonra kuyulardaki su seviyelerinde gözlenen değişimler., Deprem anı düşey bir çizgiyle gösterilmiştir,

Figure 10 a) Map showing the location of the Paravani and Spitak earthquakes, observation wells and main fault systems in the Caucasus; b) variation of water levels in the well before and after the earthquakes. The time of the earthquake is indicated by a vertical line.

aktif gazdır., Uranyum radyoaktif serisinin bozuşma ürünü olarak oluşur., Oluşumundan sonra Radon atomları kristal telislerinden geçerek, mineral yapısı içine yerleşir. Radon ile su moleküllerinin ilişkide olabilmesi için tektonik hareketlerin varlığı gerekir. Hauksson (1981) dünya ölçeğinde depremin magnitudü, episen.tr uzaklığı ve radon emisyonu frekansı arasında anlamlı ilişkilerin var olduğunu göstermiştir (Şekil 11), Bunlardan biri, radon anomalisi maksimum amplitüdü ile episentri mesafe arasındaki ilişkidir. Daha büyük, depremler, daha büyük anomali oluştururlar ve büyük depremlerden önce gözlenen anomaliler deprem odağına yüzlerce kilometre mesafelerde ortaya çıkabilirler., İkinci ilişki, anomalinin başlangıcından, deprem, »ma kadar olan zaman aralığının magnitudle artması, fakat deprem, fonksiyonu olarak azalmasıdır,.. Bu bulgu magnitud arttıkça genişleyen hazırlık zonunu açıklar, ve radon, gazının deprem hazırlık zonunun sınırlarının belirlenmesi için kullanılabileceğini belirtir. Deprem, episentri'den uzak radon, anomalilerinin, istatistiksel yoğunluğunu inceleyen Hauksson (1981), radon emisyonunun  $10^{-6}$  ile  $10^{-8}$  arasında değişen bir deformasyonun sonucu olduğuna, ve stres korozyonu modunun radon gazı çıkışındaki artışı açıklayabilecek, olası bir mekanizma olabileceği sonucuna varmıştı

#### TARTIŞMA

Teorik olarak deprem öncesi kabuk hareketleri, yatay kırk ve çatlakların kolaylıkla kabuk hareketine dönüşebileceği ve deprem odaklarının daha derin olması nedeniyle etkinin artabileceği ters fay ve şaryaj rejimlerinde daha kolaylıkla gözlenebilir. Bununla, beraber yatay anizotropinin yokluğu veya anizotropinin maksimum stres yönüne uyumsuz bir yönde bulunması kabuk hareketinin magnitudünü azaltabilir., Metropolit alanlarda çevrenin etkisinde göz önünde tutulmalıdır. Kabuk hareketi sırasında aşın su çekimi kabuktaki yükselimi olumsuz yönde etkileyebilir veya subsidansı (kabuk çökmesini) artırabilir.

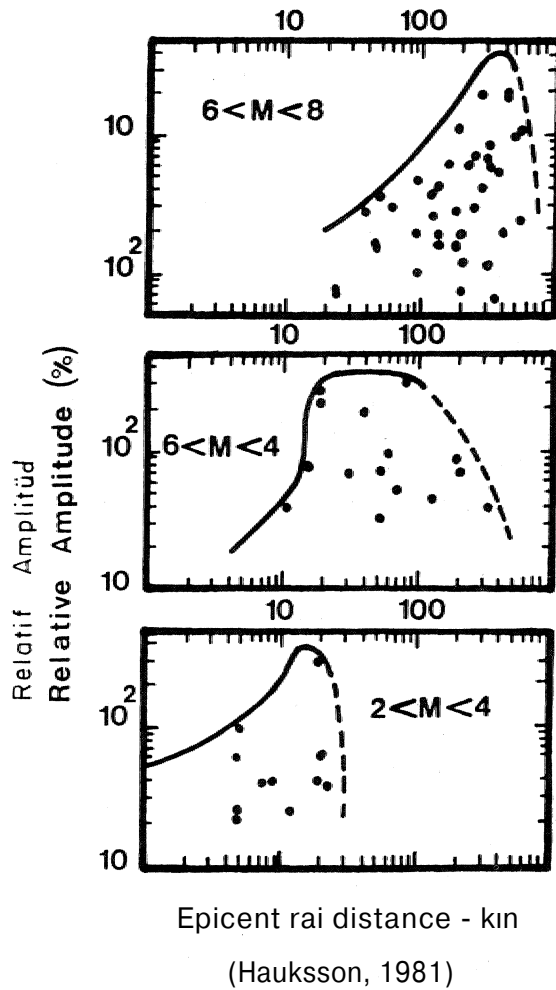
Depremlerden önce gravite değerlerinde birkaç miligale kadar varan azalm, genellikle dilatansi modelini destekler niteliktedir (Walsh, 1975). Bu bağlamda Cinde görülen büyük gravite değişimlerinin yorumlanması için daha fazla araştırma yapmak, gerekir. Büyük depremlerin episentri alan çevresinde su boşalımıdaki artışlar sismik zonun odak bölgesinde açık kırk sistemlerinin varlığını belgeleyen önemli bulgulardır. Açık kırkta da yüksek yeraltı suyu. basıncı beklenmesine karşın.

suyun fay hareketi, üzerindeki rolü kesii olarak bilinmemektedir. Deprem dış odaklarında radon. gazı çıkışının azlığı veya yokluğu ve odak ile maksimum, amplitüllerin gözleendiği yerler arasındaki uzun mesafeler deprem, hazırlık zonlarında stres korozyonu, kırıkların elastik açılımı ve duraylı büyümesini içeren bir deformasyon modunun varlığını gösteren belirtilerdir.

#### SONUÇLAR

1 - Anormal, yer kabuğu hareketlerinin büyük depremlerden önce gözlenmesi öncül kabuk, hareketlerin varlığını gösterir;

2 - Öncül kabuk hareketleri üst kabukta sismik deformasyon anında kayada oluşan hacim büyümesinin yerüstünde gözlenen beliti ilenidir;



Şekilli Radon emisyonu relatif amplitüdünün dış odak uzaklığı ile ilişkisini gösteren diyagramlar..

Figure 11 Relative amplitude of Radon, emission as a function of epicentral distance.



• 3 - Saha ve laboratuvar bulguları kabuk hareketlerinin mekanizması olarak asperifeler için kırık dilatansi modu ve asperitelerden uzak yerler için yaygın dilatasyon modunun en mantıklı açıklamalar olduğunu göstermektedir,

4 - Öncül kabuk hareketlerinin doğasını; i) şimdi veriler, ii) deformasyonun koşulan hakkında yetersiz bilgi ve iii) her sismik bölgenin değişik tektonik özelliği nederiyle tam. olarak açıklamak güçtür., Aktif deprem, bölgelerinde günümüzde süren yoğun çalışmalar kaya deformasyonunun daha iyi anlaşılmasını ve depremlerin önceden kestirilmesi için önemli bulguların ortaya çıkarılmasını sağlayabilir.

#### KATKI BELİRTME

Yazının bir önceki, evresinde görüşlerinden yararlandığım Profesör Dr. William Fyfe ve Dr. William. Stone'a teşekkür etmeyi borç bilmekteyim. Makale» Mühendislik Fakültesi Uygulamalı Jeoloji A.B.D'deki kelime işlem programıyla yazılmıştır., Yazım, süresince misafirperverlikleri ve teknik konulardaki yardımlarından dolayı H, Zarif ve M. özler'e teşekkür ederim,.

#### DEĞİNİLEN BELGELER

- Aieshidze, G.J.F., Bella, P.E., Biagi, M., Caputo, V., Chkuaseli, G.» Delia Monica, A., Ermini, P., Mandjgaladze, G., Melikadze, V.» Sgrigna, L., Slavina and D. Zilpimiani, 1992, Anomalies in geophysical and geochemical parameters revealed on the occasion of the Paravani. (M = 5.6) and Spitak. (M = 6.9) earthquakes (Caucas), *Tectonophysics*, 202, 23-41.
- Aytun, A., 1972, Bingöl depremi raporu, İmar İskan. Bakanlığı, 80 s.
- Brace, W.F., B.W. Paulding and C Scholz, 1966, Dilatancy in the fracture of crystalline rocks, *J. Geophysical Res.*, 71, 3939-3952.,
- Brace, W.F., 1978, Volume changes during fracture and tectonic sliding: a review, *Pure Appl. Geophys.*, 116, 603-614.
- Castle, R.C., J.P. Church and M.R. Eliot, 1976, Aseismic uplift in Southern California, *Science*, 192, 251.-253.
- Crampin, S., Evans, R. and Atkinson, B.K., 1984, Earthquake prediction: a new physical basis, *Geophys. J.R. Astr. Soc.*, 76, 147-156.
- Dambara, T., 1973, Vertical movements before

some inland earthquakes in Japan presented at US-Japan Conference, earthquake prediction and control, 1973, Boulder, Colorado.

- Dambara, T., Geodesy and earthquake prediction, 1981, in *Current Research in Earthquake Prediction I*, edited by T. Rikitake, Center for Academic Publications, Japan/D. Reidel Publishing Company, Tokyo, 167-220.
- Earthquake Research Institute, 1980, Seismic activity in the Izu Peninsula and its vicinity (November, 1979-April, 1980). *Rep. Coord. Comm. Earthquake Prediction*, 24, 108-112, (in Japanese).
- Evans, R., 1984, Anisotropy: a pervasive feature of fault zones?, *Geophys. J.R. Astr. Soc.*, 76, 157-163.,
- Fyfe, W.S., Price N.J. and Thompson, A.B., 1978, *Fluids in the Earth's Crust*, Elsevier, Amsterdam.
- Hagiwara, Y., Tajima H. and Hanada, H., 1978, Gravity changes in the eastern part of Izu Peninsula during 1975-1976, *J. Geod. Soc. Japan.*, 22, 201-209.
- Hauksson, E., 1981, Radon content of groundwater as an earthquake precursor: evaluation of world-wide data physical basis, *J. Geophys. Res.*, 86, 9397-9410.
- McGarr, A. and Gar, N., C, 1978, State of stress in the earth's crust, *Ann. Rev. Earth Planet Sci.*, 6, 405-436.
- McGarr, A., 1980, Some constraints on levels of shear stress in the crust from, observations and theory, *J. Geophys. Res.*, 85, 6185-6222,
- Mogi, K., 1977, Dilatancy of rocks under general triaxial stress states with special reference to earthquake precursors, *J. Phys. Earth*, 25, supp., S203-S217.
- Mogi, K., Oyagi, N., 1991, Prediction and prevention of geological hazards, *Episodes*, 293-298.,
- Nur, A., 1974, Matsushiro, Japan, earthquake swarm: confirmation of the Dilatancy Diffusion Model, *Geology*, 217-221.
- Nur, A., 1975, A note on the Constitutive law for Dilatancy, *Pure Appl. Geophys.*, 113, 197-206.

- Raleigh, B., Beigel, G., Craig, H., Hanks, T., Molnar, P., Nur, A., Savage, J., Scholz, C., Turner, R. and Wu, F., 1977, Prediction of the Haicheng earthquake, EOS, 58, 236-272.
- Savage, J.C., Prescott, W.H., Lisowski, M. and King, N.E., 1977, Strain accumulation in southern California, 1973-1980, I, Geophys. Res., 86, 6991-7001.
- Sibson, R.H., McMooie, J. and Rankin, A.H., 1975, Seismic pumping a hydrothermal fluid transport mechanism, J. Geol. Soc. London, 131, 653-659.
- Sibson, R.H., 1981, Fluid flow accompanying faulting: field evidence and models, in Earthquake Prediction, Maurice Ewing Ser., vol. 4, edited by D.W. Simpson and R.G. Richards, 593-603, AGU Washington D.C.,
- Sibson, R.H., 1983, Fault zone models, heat flow and depth distribution of earthquakes in the continental crust of the United States, Bull. Seism. Soc. Am., 73, 152-163.
- Scholz, C.J., Sykes, L.R. and Aggarwal, Y.F., 1973, Earthquake prediction-a physical basis. Science 181, 803-810.
- Thatcher, W., 1981, Crustal deformation studies and earthquake prediction, research, in Earthquake Prediction, Maurice Ewing Ser., vol. 4, edited by D.W. Simpson and R.G. Richards, 394-410, AGU, Washington, D.C.,
- Walsh, J.B., 1975, An Analysis of Local Changes in Gravity due to Deformation, Pure Appl. Geophys., 113, 97-106.
- Wesson, R.L. and Wallace, R.E., 1985, Predicting the next great earthquake in California, Scientific American, 252, 35-43.
- Wilkins, J.S., 1980, Slow crack growth and delayed failure of granite, Abstr. Int. J. Rock Mech. Min. Sci., Geomech., 17, 365-369.
- Zhang, G., 1979, The study of creep along the fault near Tangshan before the Tangshan earthquake, in Research in Earthquake Sciences, 1, Seismology Press, 51-52.
- Zhang, G. and Fu, Z., 1981, Some features of medium and a short-term anomalies before great earthquakes, in Earthquake Prediction, Maurice Ewing Ser., Vol. 4, edited by D.W. Simpson and R.G. Richards, 497-509, AGU, Washington D.C.

## BOĞSAK KARST KAYNAĞI (MERSİN-TAŞUCU) DOLAYININ KARST VE KARSTLAŞMA ÖZELLİKLERİ.

*Karst and karstification features of the surrounding area of Boğsak karst spring (Mersin-Taşucu)*

Turgut ÖZTAŞ İTÜ Maden Fak. Jeoloji Muh. Böl., İSTANBUL

ÖZ: Bu çalışmada, yurdumuzun en önemli ve geniş karst bölgesini oluşturan Toros Karst Kuşağı'nın "Orta Toroslar Bölümü"nde yer alan ve "Orojenik Karst Tipi"nin etkin olduğu inceleme alanındaki güncel karst ve karstlaşmayı denetleyen etmenler araştırılarak, sayısal veriler çerçevesinde, bölgesel karst hidrojeolojisinin somut bir modele dayandırılması amaçlanmıştır.

Birinci aşamada,, mevcut karşılaşma olayının başlaması ve gelişimi için zorunlu olan birincil etmenlerden kay aç litolojisi ve petrografisi» kimyasal bileşimi ve eriyebilirlik derecesi,, boşlukluluk ve geçirimsizlik ile süreksizlik özelliklerini belirten "Köken Araştırması" yapılmış ve bölgesel karşılaşma etkinliği saptanmıştır.

İkinci aşamada, karstlaşma olarak adlandırılan bu oluşum mekanizmasının, iklim ve meteoroloji, bitki örtüsü, jeomorfoloji gibi ikincil etmenlere bağlı olarak, süregitmesi nedeniyle günümüzde ulaştığı değişik boyutlardaki karst yapılarının,, yer, biçim,, boyut» dağılım ve karşılıklı ilişkilerini belirten sayısal. "Biçim Araştırması" yapılmıştır,

1/10.000 ölçekli ayrıntılı jeoloji çalışmasını temel alarak yer-uydu fotoğraflarıyla desteklenen ve büyük ölçüde laboratuvar deneylerine dayanan bu çalışmayla elde edilen verilerin sentezi sonunda, karst. ve karstlaşma arasındaki, etkileşim açığa çıkarılmış ve karst gelişim, modeli kurulmuştur.

ABSTRACT: The study area located in the Taurides Karst Belt and composed of almost all carbonate rocks. Limestones and dolomites identify as soluble rock units, whereas the sandstone-quartzite and claystone-siltstone identify unsoluble rock units. All these rocks contain various closed drainage areas in densely karstified regions with numerically identified, linear and areal properties.

The different petrographic properties and chemical compositions of the dolomites, and the microspartic-micritic-sparitic limestones, as found in the relative solubility experiments, which suggest that gives diagenesis took place in the different steps and relatively soluble scale. The primary porosities and permeabilities of these rocks do not practically exist.

Under the light of all collected data, the effect of karstification parameters on the properties of types and dimensions of the karst landforms in the limestones and dolomites have been investigated in the study area, and also, a karstification model is suggested, the explanation of development of the karstification in regional scale.

### GİRİŞ

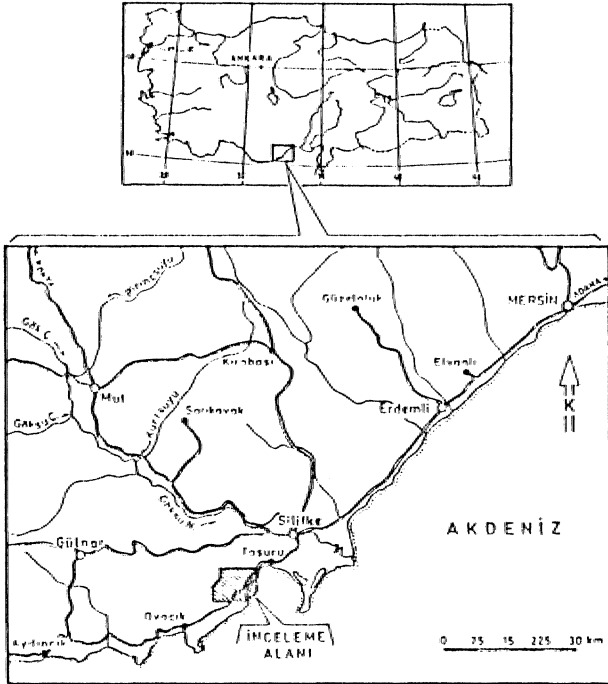
Mersin ili Taşucu bucağının 10 km. B'sındaki Boğsak köyü girişinde yer alan. Boğsak karst kaynağı, bazı yıllardaki 10m<sup>3</sup>/sarıflık boşalımı ve 11 ay boyunca süregiden aşın tozlu niteliği ile bilimsel ve ekonomik açıdan büyük önem taşır (Şekil. 1), içeriğini oluşturmaktadır ( Öztaş, 1989).

Boğsak kaynağının tuzluluk nedeninin ve sürekli yararlanabilme olanağının araştırıldığı bir tez çalışmasının en ağırlıklı bölümlerinden birisi olan kaynak dolayının karst ve karstlaşma özelliklerinin incelenmesine ait yöntem ve sonuçlar, bu yazının içeriğini oluşturmaktadır ( Öztaş, 1989).

## TEMEL KAVRAMLAR

Günümüzdeki anlamıyla karst; esas olarak kireçtaşı gibi karbonatlı ve jips gibi sülfatlı bileşimdeki eriyebilir kayaç ve mineraller, kimyasal ve fiziko-mekanik işlevler etkisinde zamana bağlı olarak gelişen tüm özel yerüstü ve yeraltı drenaj düzeni ile şekillerini belirten jeomorfolojik, jeolojik ve hidrojeolojik bir olgudur. "Karşılaşma" bir olayı, "Karst" ise bu olaya bağlı olarak oluşan bir durumu belirtir. Bu nedenle, karstlaşma olayı incelenirken etkenlerin zaman içindeki karşılıklı ilişkileri ve oluşum mekanizması, karst incelenirken de bu oluşum mekanizmasına bağlı olarak ortaya çıkan tüm biçimsel özellikler araştırılmalıdır. Böylece, bir bölgedeki karstlaşma olayına neden olan özellikler (Birincil Etmenler) ve bunların bölgedeki etkinlik derecelerini belirleyen sayısal "Köken Araştırmaları" ile farklı karst oluşuklarına neden olan özellikler (İkincil Etmenler) ve bu oluşumların yer biçim, boyut, dağılım ve birbirleriyle olan ilişkilerini belirleyen sayısal "Biçim Araştırmaları"nın yapılması gerekir (Öztaş, 1982).

Karstlaşma olayının başlaması ve gelişimi için zorunlu olan birincil etmenlerden eriyebilir kayaç varlığı, süreksizliklerarası ilişki gibi jeolojik özellikler ile boşluktuluk, geçirimsizlik ve yerüstü-yeraltı, drenaj niteliği gibi hidrojeolojik özelliklere inceleme alanında etkin ve yaygın, bir şekilde rast-



Şekil 1 İnceleme Alanı Buldum Haritası,

: Figure 1 Location Map.

lanır (Şekil 2), ilkel karst ortamını tanımlayan bu özellikler; fiziksel ayrışma, aşınma, taşınma gibi fiziko-mekanik işlevler ile çözünme, erime ve yeniden, kristallenme gibi kimyasal işlevlerin, sürekli denetimi altında bölgesel karstı belirler. Karstlaşma başlangıcından bugüne kadar geçen süreçte ise bölgesel ikincil etmenlere yani, iklim ve meteoroloji, bitki örtüsü, jeomorfoloji gibi etmenlere bağlı olarak, güncel karst ortamını oluşturan değişik lür ve boyutlu karst yapıları ortaya çıkar (Şekil 2).

Genel yönleriyle çerçevesi çizilen karstlaşma ve karst ilişkileri özellikler, saha ve büro çalışmaları ile laboratuvar deneylerine dayanılarak, Boğsak kaynağı dolaylı olarak sayısal olarak belirlenmiştir.

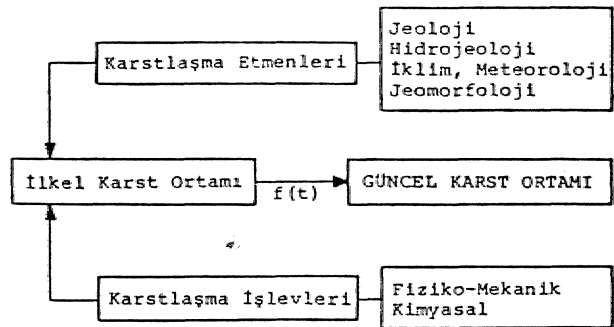
## BÖLGESEL KARSTLAŞMA ETMENLERİ

Karstlaşmanın başlaması, ve gelişimi için varlığı zorunlu olan jeolojik ve hidrojeolojik etmenler bu bölümde incelenmiştir.

### Litolojik ve Petrografik Özellikler

Karstlaşmanın başlaması, için varlığı zorunlu olan eriyebilir kayaçlara ait litolojik ve petrografik farklılıklar karşılaşmayı değişik şekillerde etkiler. İnceleme alanındaki eriyebilir kayaçlar, Triyas dışında Silüriyen-Miyosen aralığında yaygın bir şekilde bulunan kireçtaşı ve dolomitler ile bunların geçişli türleridir. Litoloji farklılığı özellikle eriyebilirlik derecesi açısından, mineralojik ve iç doku durumunun anlatımı olan petrografik farklılık ise birincil boşluktuluk ve geçirimsizlik durumunu denetlemek açısından karşılaşmayı etkilemektedir.

İnceleme alanındaki kireçtaşlarının Paleozoyik (Alt Silüriyen, Üst Devoniyen, Alt Karbonifer, Üst Permian) yaşlı olanların hemen hemen tümüyle spartik olmasına karşın Mesozoyik (Jura, Üst Kretase) ve Tersiyer (Alt Miyosen) yaşlı olanları



Şekil 2 Karstın Oluşum ve Gelişim Düzeni.

Figure 2 Formation and Development System of Karst.

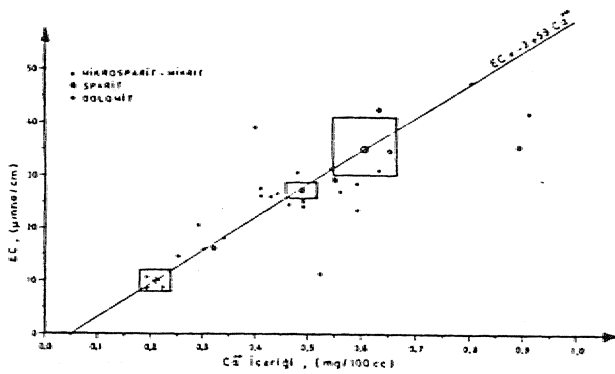
çoğunlukla mikrosparitik ve mikritiktir. Bu duranı ve dolomitik oluş, bağıl eriyebilirlik deneyleriyle gösterildiği, gibi farklı eriyebilirliğe yol açmaktadır. Özetle söylemek gerekirse, eriyebilirliğin zaman içinde en çoktan, en aza, gidişi; mikrosparit-mikrit, sparit ve dolomit sırasını izlemektedir., Gerçekten, saha çalışmaları sırasında, yüzeysel karst gelişkinliğinin de aynı sırayı izlediği açıkça görülmüştür.

#### Kimyasal Bileşim ve Bağıl Eriyebilirlik

Karşılaşmanın temelde bir erime olayı olması nedeniyle,, kayacın kimyasal bileşimi son derece önemlidir. İnceleme alanındaki eriyebilir kayaçları olan mikritik ve sparitik türden kireçtaşları ile dolomitlerden alınan örneklerin kimyasal analizleri yapılmış ve  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  olarak elde edilen sonuçlardan hareketle  $\text{CaCO}_3$  yani kalsit,  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  yani dolomi ve  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  toplamı yani erimezler yüzdesi aynı hesaplanarak mineralojik bileşen, kümeleri belirlenmiştir. Bir genelleme yapılacak olursa; Kireçtaşlarının % 88,3-97,8 kalsit, % 1,3-3,1 dolomi ve % 0,1-9,9 erimez bileşenli, dolomitlerin ise % 12,5-34,6 kalsit, % 64,8-85,8 dolomi ve % 0,1-1,0 erimez bileşenli olduğu görülür.

Kimyasal, ve mineralojik bileşimi belirlenen "bölge kayaçları üzerinde, pratik ve son derece çabuk sonuç veren bağıl eriyebilirlik deneyi" yani  $\text{EC} = f(t)$  değerlendirmesi yapılarak, sağlanan, verilerden kalkarak bölgedeki karşılaşma, ve karst yapılan arasındaki ilişkinin açığa çıkarılması hedeflenmiştir.

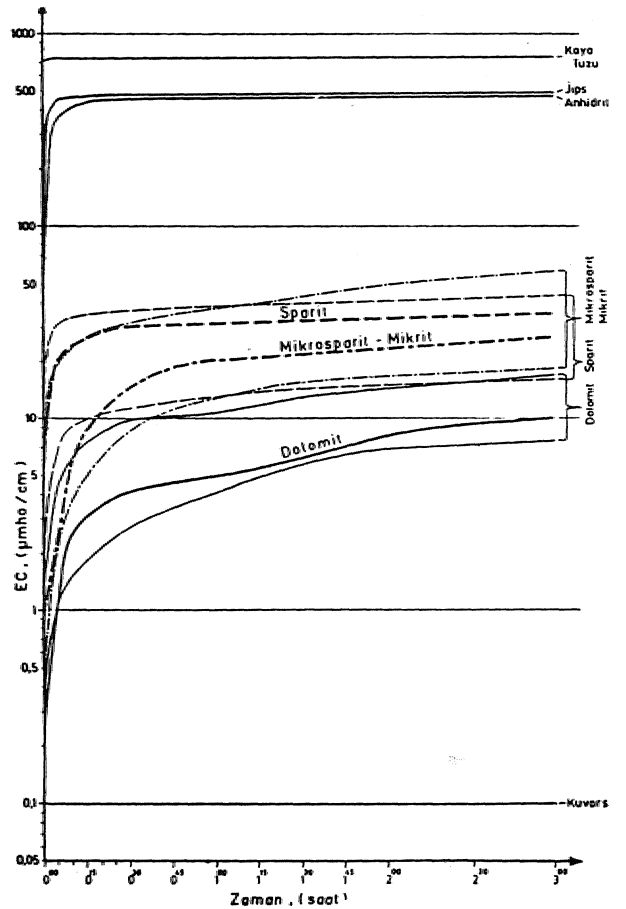
Bağıl eriyebilirlik deneyi» deney koşulları, aynı



Şekil 3 Bağıl Eriyebilirlik Deneyine Göre  $\text{EC} = f(\text{Ca}^{++})$  ilişkisi ve İstatistiksel Güvenli Alanlar.

Figure 3  $\text{EC} = f(\text{Ca}^{++})$  Relationship Due to Relative Solubility Test and Statistically Safety Areas.

kalmak üzere, belirli incelikte öğütülmüş kayaç örneklerinin saf su içinde erimesi sırasında suyun EC değerindeki artışların zamana göre değişiminin kaydedilmesi ve ' dolaylı yoldan kayaç eriyebilirliğinin, belirlenmesidir , Her örnek için önce lineer koordinatlarda» daha sonra gruplandırılmış benzer eğrilerin, birarada gösteriminin sağlanması amacıyla yan logaritmik koordinatlarda.  $\text{EC} = f(t)$  eğrileri çizilmiştir, Deney sonunda deney suyu süzülerek, ayrılmış ve örneklerden suya geçen  $\text{Ca}^{++}$  iyonu miktarı bulunarak, bunun EC ile ilişkisini açığa çıkaran  $\text{EC} = f(\text{Ca}^{++})$  grafiği hazırlanmıştır (Şekil 3). Bu grafik, karbonatlı kayaçların eriyebilirlik derecesini gösteren deney suyuna geçmiş  $\text{Ca}^{++}$  iyonu miktarı ile EC değerleri arasında varolan son derece anlamlı bir ilişki gösterir., Görüldüğü gibi,



Şekil 4 Eriyebilir Kayaç ve Minerallerin Bağıl Eriyebilirlik Sıralamasını Gösteren  $\text{EC} = f(t)$  Grafikleri (Kalın Eğriler İstatistiksel Ortalamayı Göstermektedir)..

Figure 4  $\text{EC} = f(t)$  Graphics Reflecting the Relative Solubility Position of the Soluble Rocks and Minerals (Thick Curves Illustrate the Statistical. Averages)..

dolomit örnekleri düşük  $Ca^{++}$  yüzdesi ve buna bağlı olarak, düşük EC değeri, mikrit ve spariit ise yüksek  $Ca^{++}$  yüzdesi ve yüksek EC değeri, vermektedir. Böylece, bağıl eriyebilirlik deneyi sırasında okunmuş EC değerlerinin, deney koşulları tüm örnekler için aynı kalmak koşuluyla, kayaçların benzer çevre koşullarındaki bağıl eriyebilirliğini yansıttığı eksinlik kazanmıştır. Elde edilen bağıl eriyebilirlik değerleri, kayacın, gerçek sayısal, eriyebilirlik değerini değil» kayaçlar arasındaki oransal bağıl eriyebilirliği, yani hangi kayacın diğerine göre ne oranda daha az veya daha çok eriyebilir olduğunu anlatır, Deney sonunda, mikrosparit-mikritik, sparitik ve dolomitik oluşa göre faridalık gösteren 3 tip eğri kümesi elde edilmiştir.

Deneyin ilk birkaç dakikası içinde oluşan, yüksek erime» mikrosparit-mikrit ve spariit için son derece karakteristiktir. Bu durum ve eğimlerdeki değişimler gözöüne alınarak, erime dönemleri ve kayaç türüne göre erimenin gelişimi açığa çıkarılmıştır.

Sparitik ve mikrosparitik-mikritik kireçtaşları ile dolomitlerin., diğer eriyebilir kayaç ve mineralere göre eriyebilirlik sıralamasını belirlemek amacıyla, yine aynı deney koşulları korunarak kayatuzu, jips ve anhidrit üzerinde de deney yapılmış, sağlanan verilerin, istatistik değerlerinden hareketle bağıl eriyebilirlik sıralaması eğrileri çizelgesi hazırlanmıştır (Şekil 4, Çizelge 1).

Bağıl eriyebilirlik deneyleri sonunda, inceleme alanındaki temel litoloji birimini oluşturan karbonatların orta ve düşük erimeü oldukları, ayrıca su

ile temas sürelerine göre de değişik fakat özgün erime aşamaları geçirdikleri, saptanmıştır. Basit bir genelleme ile karbonatlardaki erimenin ilk 5-10 dakikada birincil, izleyen 20-25 dakikada ikincil ve sonraki temas süresince üçüncül derece etkinlik taşıdığı açığa çıkarılmıştır., Bu durum, yağış tipi ve rejimine ek olarak» yağışın topografya yüzeyinde kalış süresini denetleyen morfoloji ve drenaj modelinin, yüzey ve yeraltı karstını niçin büyük ölçüde etkilediği sorusuna da açık bir yanıt getirmektedir..

### Boşluluk ve Geçirimsizlik

Karşılaşmanın başlaması ve gelişmesi için zorunlu olan hidrojeolojik özelliklerden boşluluk ve geçirimsizlik, suyun fiziko-mekanik ve kimyasal işlevlerinin gerçekleştirilmesini doğrudan denetler.,

Laboratuvar deneyleri sonunda, birincil boşluluğun mikrosparit-mikritlerde % 0,84, sparitlerde % 1,43 ve dolomitlerde % 1,07 olduğu görülmüştür. Bu düşük değerler, yalnızca kayacın su ile temas süresini az da olsa uzatmak açısından önemlidir ve gerek kayaç yüzeyindeki karstlaşmayı, gerekse şekillenen, yüzeysel karst türünü az da olsa etkilemektedir.,

Karbonatlı kayaç örneklerinin, ortalama birincil geçirimsizlik katsayısı değerleri  $10^{-6}$  -  $10^{-9}$   $cm^3/sn/cm^2$  arasında değişmektedir.

Deneyler, inceleme alanındaki kayaçların birincil boşluluk ve geçirimsizlik değerlerinin hidrojeolojik açıdan pratik olarak önem taşımadığını, suyun hidrojeolojik ortamlar içindeki hareketinin

| Kimyasal Bileşim | Eriyebilir Kayaç ve Mineraller | EC $\mu mho/cm^3/saat$ | Eriyebilirlik Ölçeği | Bağıl Eriyebilirlik Sıralaması |
|------------------|--------------------------------|------------------------|----------------------|--------------------------------|
| Klorürler        | Kaya Tuzu                      | 760                    | 1000                 | Çok Yüksek Erime               |
| Sülfatlar        | Jips                           | 480                    | 630                  | Yüksek Erime                   |
|                  | Anhidrit                       | 460                    | 600                  |                                |
| Karbonatlar      | Sparit                         | 35                     | 50                   | Orta Erime                     |
|                  | Mikrit-Mikrosparit             | 27                     | 40                   |                                |
|                  | Dolomit                        | 10                     | 20                   | Düşük Erime                    |
| Silikatlar       | Kuvars                         | 0,1                    | 0                    | Erimesiz                       |

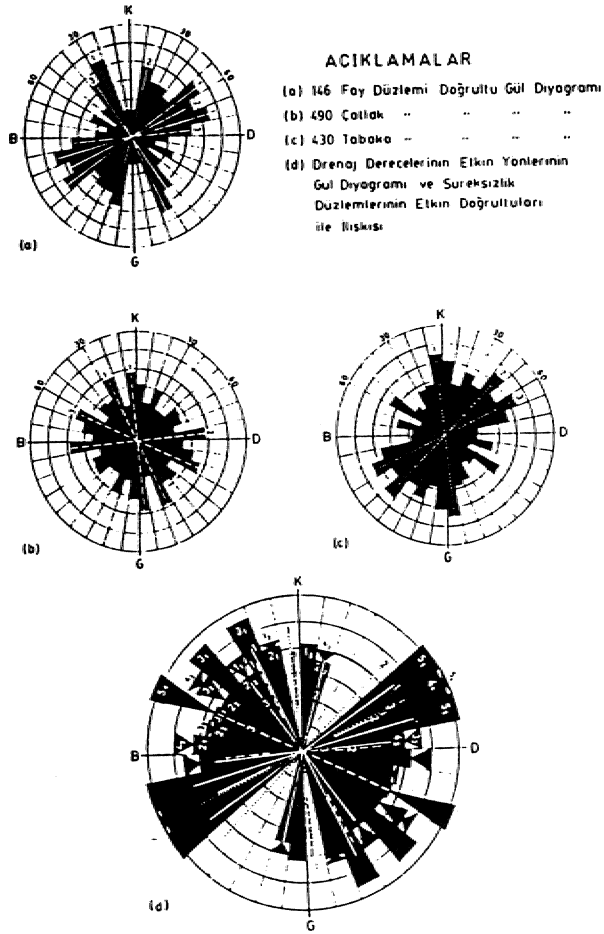
Çizelge 1 Bağıl Eriyebilirlik Deneyi Sonuçlarına Göre Eriyebilir Kayaç ve Minerallerin Bağıl Eriyebilirlik Sıralaması.

Table I Relative Solubility Range of Soluble Rocks and Minerals Due to Results of Relative Solubility Tests.

tümüyle oluşum. sonrası kazanılan değişik boyutlu süreksizliklerin belirlendiği ortam boşlukluluğuna ve ortam geçirirliliğine bağlı olduğunu açıkça kanıtlamaktadır.

#### Süreksizlik özellikleri

Karstlapfi.an.in hidrojoooljik ortam içinde derinliğine gelişimi, temel olarak ikincil (oluşum sonrası) süreksizliklerin varlığına, bpyut ve yönelimlerine, varsa süreksizlik içi dolgu malzemesinin cinsine ve süreksizliklerarası ilişki derecesine bağlıdır. Süreksizliklerin varlığı ve açıklıklarının  $10^{-3}$  mm'den büyük olması durumunda, suyun hareketi ancak ilişkili süreksizlikler aracılığıyla sağlanabilir.. Bu önkoşulları gerçekleştiren süreksizliklerin ilişki dereceleri ile yönelim ve boyutları,



Şekil 5 Fay, Çatlak ve Tabaka. Düzlemlerinin Etkin Yönleri, ile Değişik. Drenaj Derecelerinin Etkin Yönleri Arasındaki İlişki.

Figure 5 Relationship Between the Effective Directions of Faults,» Joints and Beddings and the Effective Directions of Different Drainage Degrees.

ortamdaki suyun dolaşım debisini ve hızını doğrudan, erime-çözünme ve ayrışma işlevlerini ise dolaylı olarak, etkiler.

İncelcnie alanında; tabakalar, çatlaklar ve faylar şeklinde gruplandırılan süreksizliklerin boyudan, yönelimleri ve dolgu malzemesi üzerine ayrıntılı çalışmalar yapılmış, yüzey drenaj sistemlerini ve dolayısıyla yeraltı drenaj sistemlerini nasıl, denetle-



Foto 1 Dolomitlerde Gelişen Tipik Yüzey Karsli.

Photo 1 Typical Surface Karst Developed on Dolomites.

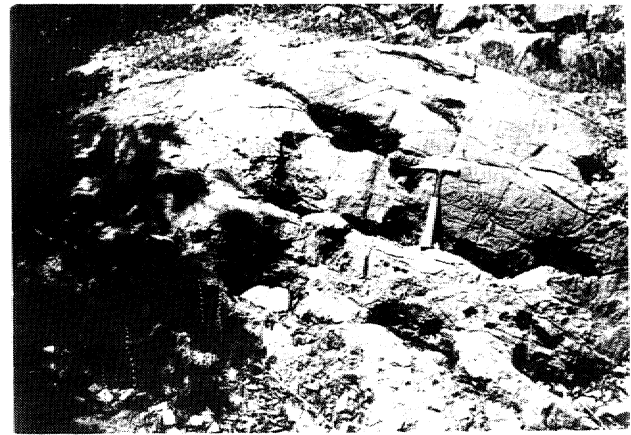


Foto 2 Dolomitlerde Yüzey Karsli ve Süreksizliklerin Kesişme Noktalannda Gelişen Erime Çukurları.

Photo 2 Surface Karst in Dolomites and Solution Holes Developed in Intersecting Points of Discontinuities.

dikleri açığa çıkarılmıştır (Şekil. 5), Bu çalışmanın sonuçlarına göre; 1» 2. ve 3. derece drenaj ağlarının gelişiminde, en genç fay sistemini oluşturan. KKB-GGD doğrultulu faylar ile genellikle enine çatlaklar karakterindeki KB-GD doğrultulu çatlak sistemleri, 4. ve 5. derece drenaj ağlarının gelişiminde ise en yaşlı fay sistemini oluşturan. KDD-GBB doğrultulu faylar son derece etkin bir rol oynamıştır., Tabaka doğrultularının, yüzey drenaj ağlarının gelişiminde önemli bir etkinlik taşımadığı görülmüştür. Bu bulgular, çeşitli derecelerden drenaj ağlarında, yüzeysel akıştan, yeraltına geçen suyun yeraltındaki olası akış doğrultusunun ve yeraltı karst yapılarının olası yönlerinin bilinmesi bakımından büyük önem taşır.

İnceleme alanını oluşturan çatlaklı karbonatlı kaya ortamlarındaki tabaka ve çatlak aralığı değerleri, kireçtaşlarında 0,50 m. ve 0,25 m., dolomitlerde 0,75 m. ve 0,45 m.'dir. Ayrıca, ortalama 5 cm. açıklıktaki tabaka düzlemlerine dik süreksizliklerin sıklığının kireçtaşlarında 4 ve dolomitlerde 2 olmasına karşı, ortalama 1 cm. açıklıktaki tabaka

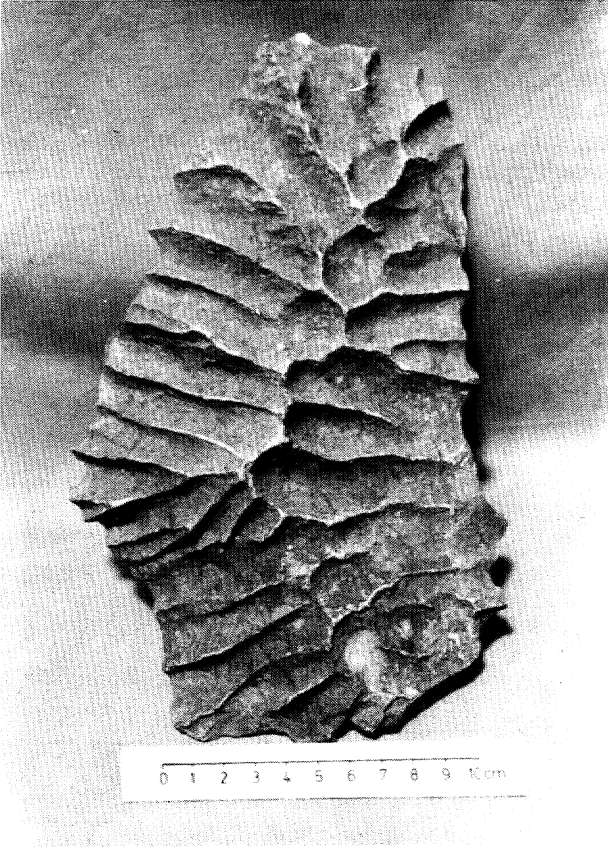


Foto 3 Kireçtaşlarında Tipik Rillenkarren Gelişimi.

Photo 3 Typical. Rillenkarren Development on Limestones.

düzlemlerine paralel süreksizliklerin sıklığı kireçtaşlarında 2 ve dolomitlerde ise 1'dir.

Süreksizliklere ilişkin bu değerlendirmeler; yağışın, sıklık ve açıklık değerleri büyük olan tabaka düzlemlerine dik süreksizliklerden başlayarak derinlere doğru yönlendiğini, daha derinlere iniş olanağı kalmadığında da tabaka düzlemlerine paralel olarak, hareket ettiğini gösterir. Bu durum, yeraltı su akış yönlerinin tahmininde olduğu kadar, yeraltı karst yapılarının gelişim yönlerinin tahmininde de büyük önem taşımaktadır.

## BÖLGESEL KARST VE TÜR-BOYUT ÖZELLİKLERİ .

İnceleme alanındaki karşılaşmayı denetleyen etmenlerin zaman içinde oluşturduğu başlıca karst yapılarını karren, obruk ve mağaralar ile dolinler meydana getirir.

### Karren (Lapya-Erime Oluğu)

Karren terimi, esas olarak kireçtaşı üzerindeki erime kanalcıklarını tanımlarsa da, günümüzde bu terim, karşılaşmış karbonat kayalarında göçülen birçok yüzeysel karst şekli için kullanılır. Uzunlukları ve derinlikleri birkaç milimetreden birkaç metreye kadar olabilir (Sweeting, 1973).

İnceleme alanındaki karren tipleri, dolomitlerde ve kireçtaşlarında farklılık gösterir.

Dolomitlerdeki karst yüzeyi, fissür ve damar ağlarının oluşturduğu sırtlarla birbirinden ayrılmış birkaç santimetre çapındaki küçük erime oyukları şeklindedir (Foto 1).. Özellikle açık süreksizliklerin kesişme noktasında gelişmiş erime çukurlarına

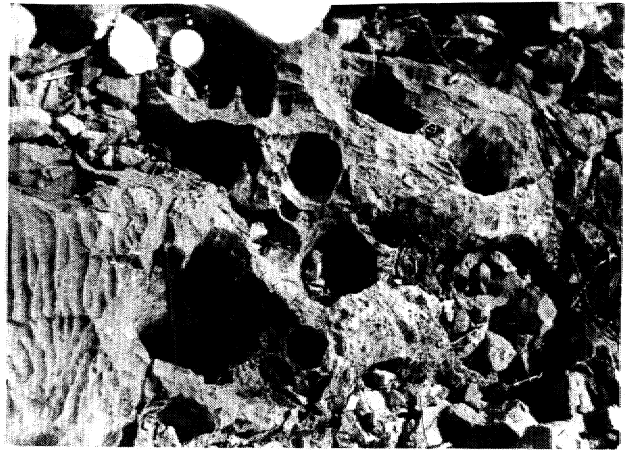


Foto 4 Kireçtaşlarında Düzgün Dairesel Kesitli Erime Çukurları.

Photo 4 Solution. Holes with Smooth. Circle Sections in Limestones,



sıkça rastlanır (Foto 2). En etkin süreksizliklere, paralel uzanımlı ve ağız kesitleri 60 cm. çapında olabilen erime çukurları bazen birkaç metre derine inmektedir.

İnceleme alanındaki kireçtaşlarında görülen başlıca karren tipleri ise rillenkarren, rinnenkarren, spitzkarren, kluftkarren ve marinekamendir.



Foto 5 Kireçtaşlarında Rillenkarren ve Rinnenkarren Gelişimi..

Photo 5 Development of Rillerikanen and Rinnenkarren on Limestones.

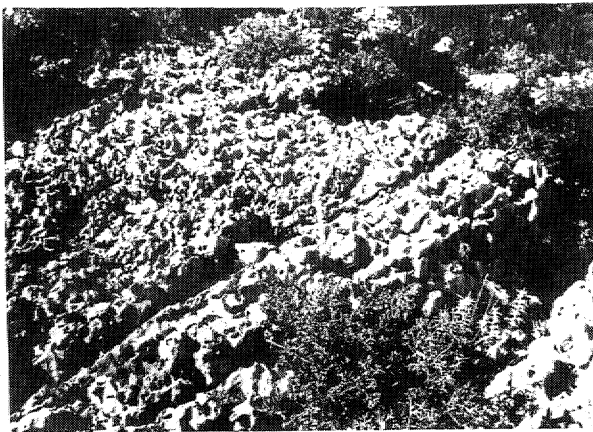


Foto 6 Kireçtaşlarında Spitzkanen Gelişimi.

Photo 6 Spitzkarren Development on Limestones.,

**Rillenkarren:** Keskin ince sırtlarla ayrılmış ince düzgün oluklar ile yuvarlak, çanakı oyuklar ve delikler şeklindeki yüzeysel karst oluşuklarıdır (Foto 3, 4). Birkaç santimetre derinlik ve genişlikte» 50 cm/den az uzunluktadırlar, Çanak ve deliklerin çapları genelde 15 cm.'den, derinlikleri ise 30 cm /den azdır. CO<sub>2</sub> ile doymun yağış sularının kireçtaşı yüzeyine temasını izleyen ilk birkaç dakikalık yüksek erime döneminde hızla gelişmişlerdir, Dolayısıyla sparitlerde, mikrosparit ve mikritlerden çok daha iyi gelişmiş ve sık olarak bulunurlar. Bitki örtüsünün yoğun olduğu yerlerde oldukça yuvarlatılmış hatlar taşırlar.

**Rinnenkarren:** Rillenkarren'in aşın gelişmiş şekli olan rinnenkarren, birkaç metre uzunlukta, 30 cm'e kadar genişlikte ve 10-15 cm. derinlikte olabilir (Foto 5)... Hatları, rillenkanen'e göre biraz daha yuvarlatılmış görünümlüdür.. Kireçtaşı, ile suyun daha uzun süre temas etmesi durumunda geçiş ve düşük erime dönemlerinin de ortaya çıkmasıyla gelişmişlerdir.

**Spitzkarren:** Rillenkarren ve rinnenkarren sırtlarının oyuldu, delikli ve keskin hatlı sivrilmiş ayrı kısımlara bölünmesiyle ortaya çıkan peribacalarının keskin, ve sivri hatlı bir mikromodeli görünümündedirler (Foto 6). Sivri konik kısımlar arasında, çoğunlukla 20-30 cm. çapında olabilen, düzensiz şekilli erime çukurları bulunur. Konik yükseltelerin aşınarak yok olduğu yerler, yerini keskin kenarlı, tipik süngersi karsta bırakmıştır,

**Kluftkarren:** Yüksek eğim. açılı süreksizlikler boyunca gelişen ve yönlenmesi tümüyle süreksizlik yönelimine bağlı olan. karren tipidir (Foto 7). İM. veya daha çok süreksizliğin kesişme noktalarında,



Foto 7 Kireçtaşlarında Kluffkanen Gelişimi,

Photo? Kluffkarren Development on Limestones...

var olan klüftkancın gelişimine ek olarak, bazen derinliği birkaç metre olabilen yuvarlak hatlı kuyu tipi erime deliklerine de rastlanır.

**Marinekarren** : Deniz kenarlarındaki kireçtaşlarda görülen bu yüzeysel karst şekilleri; deniz suyunun, deniz ca.nılan.nin ve rüzgarın etkisiyle oluşmuştur, Sadece dalga etkisi altında şekillenenleri, oldukça yuvarlak hatlı ve değişik boyutlu erime delikleri içeren düzgün yüzeyler halindedir (Foto 8). Rüzgar etkisiyle şekillenenler ise, fi&sür ağlarının pürüzlülük gösterdiği yerel erime oyuklu düzensiz yüzeyler oluşturur (Foto 9),

**Obruklar:** Karst alanlarındaki kuyu şekilli, orta boyutlu karst yapılarını tanımlayan obruklar, fayların ve çatlak sistemlerinin kesişme noktalarında gelişmiştir. Bazen yeraltı mağara sistemleri ile de bağlantılı olabilen obruklar, dolinler içinde ya da ayrı bulunmaktadır. İnceleme alanı içinde 3 bölgede toplanmışlardır..

Birinci bölgeyi, Bağalam deresi sisteminin Bağalara alt drenaj alanındaki (IIIg) Saçmalıseki mevkii oluşturur (Şekil. 6), Buradaki 7 obruk, kumlu kireçtaşı ile dolo.mit-rek.ristali.ze kireçtaşı birimlerinin kireçtaşı-doloniit dokanaklan boyunca yer alır., Yeraltında büyük erime boşluklu ve GD yönünde mağara uzantılıdır. Yağışlı dönemlerde Bağalara deresi alt drenaj alanını tümüyle drene eden. bu. obrukların derinlikleri .5-7 m.,, ağız çapları başlangıçta 2-3 m., ve tabanda 0,5-1 m.'dir., Yine Bağalanı deresi sistemi içindeki Kocakoyak alt. drenaj alanında (III^/) rastlanan 2 obruk,, dolo-

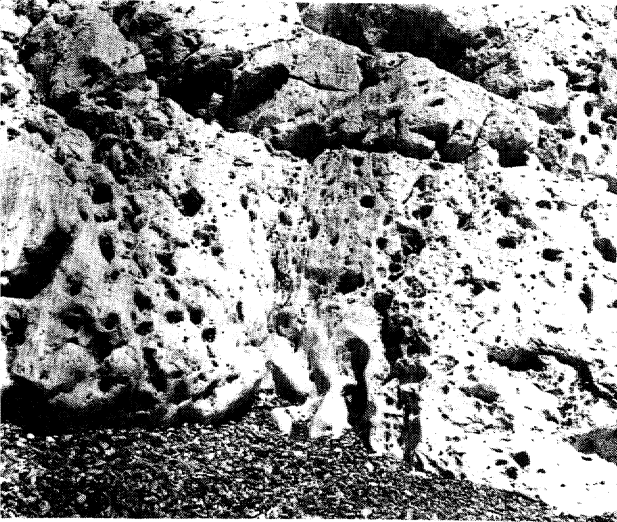


Foto 8 Kireçtaşlarda Dalga Etkisiyle Gelişmiş Marinekarren.

Photo 8 Marinekarren Developed on Limestones Under the Effect of Wave Action.



Foto 9 Kireçtaşlarda Rüzgar ve Dalga Etkisiyle Gelişmiş Marinekarren,

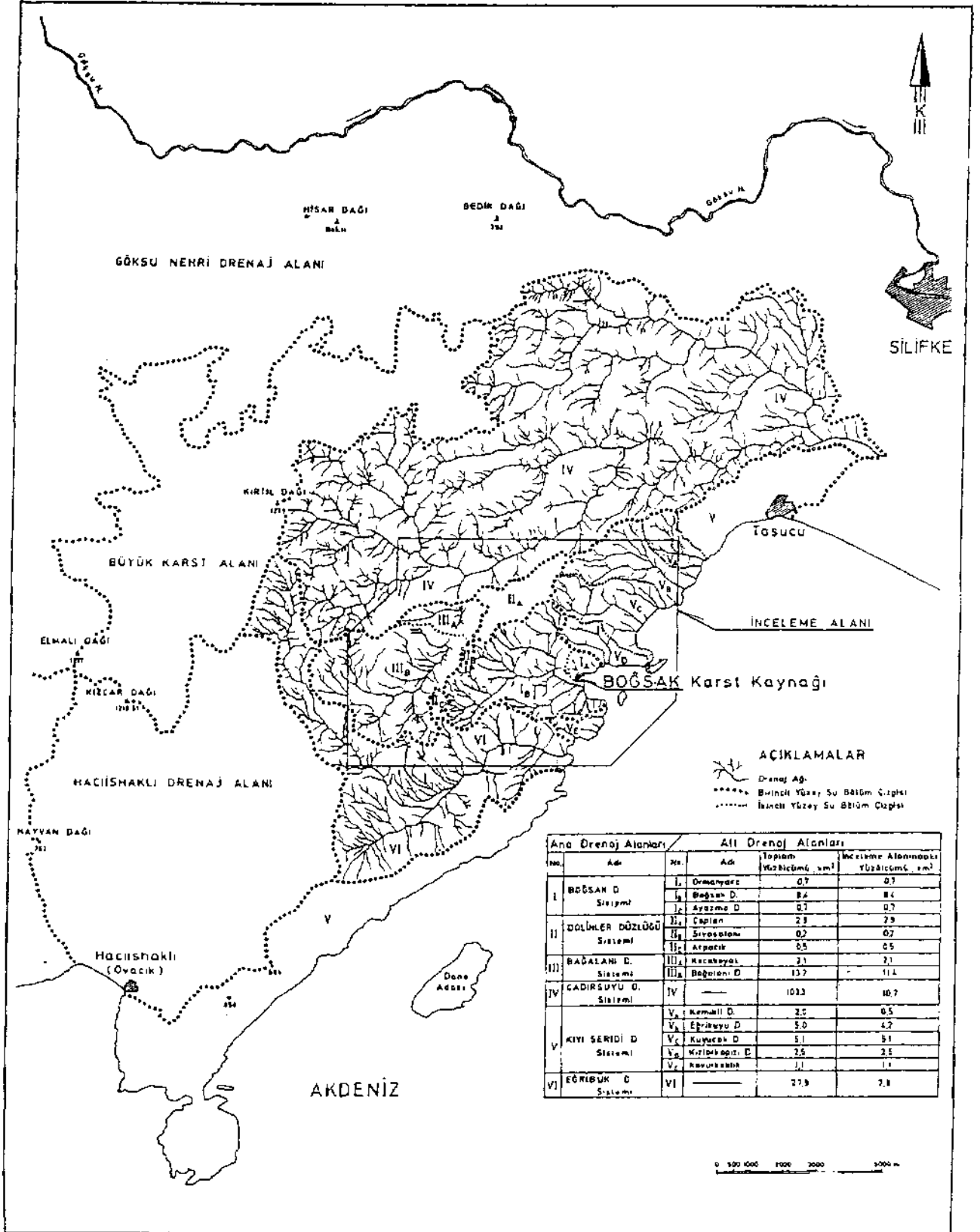
Photo 9 Marinekarren. Developed on Limestones Under the Effect of Both Wind and Wave Action.

nit-rekristalize kireçtaşı ile fosilli kireçtaşı içinde gelişmiştir. Yöre halkı tarafından soğuk hava deposu gibi kullanılmaktadırlar..

İkinci bölgeyi oluşturan, Dolinler düzlüğü sistemi ana drenaj alanındaki Coplan (II^») Sivasalanı (IIg) ve Arpacık (IIç) alt drenaj alanlarında, sırasıyla 8, 1 ve 1 adet olmak üzere toplam 10 obruk bulunur... Bunların sadece 1 adedi dolomit içinde, diğerleri, ise tümüyle fosilli kireçtaşı, içinde gelişmiştir. Dolinler düzlüğü sistemi obruklarının Bağalanı deresi obruklarında olan temel farklılığı, tümünün terrarosalı taban düzlüğü bulunmayan. dolinler içinde yer almasıdır. Ağız çapları, 0,5-2 m. genişliktedir.

\*

Üçüncü bölgeyi oluşturan Boğsak deresi sisteminin Boğsak deresi ait drenaj alanında (Ig) 4 obruk bulunur. Bunlardan en Batıdaki dol om i. t-fosilli kireçtaşı içinde, diğerleri ise dolomit-rekristalize kireçtaşı içindedir. Ağız çapları 1-2,5 m., derinlikleri 4-20 m. dolayındadır.



Şekil 6 Boğsak Karst Kaynağı Dolayının Drenaj Haritası.

Figure 6 Drainage Map of Vicinity of Boğsak Karst Spring.

## Dolinler

Arazide kapalı çukurluklar-çöküntüler şeklinde görülen dolinler» karst alanlarına özgü gerçek karst yapılandırın Planda dairesel ve eliptik görünümlü, kesitte ise yamaçları kayalık ve çıplak olan konik veya bitki ve zemin örtülü olan çanak şekillidirler. Koniklerde yamaç açıları 30-40° ve çap/derinlik oranı 2-3 dolayında, çanaklarda ise yamaç açılan 10-12° ve çap/derinlik oranı 10 dolayındadır. Saha da aynı veya birkaçının birleşmesiyle oluşan kêmeler şeklindedir.

İnceleme alanındaki dolin alanları, dolinler düzlüğü sisteminin Coplan, Sivasalana ve Arpacık alt drenaj alanları içindedir ve sayıları, da sırasıyla 29, 2 ve 3'tür (Şekil 6). Bunların 24'ünde terrarosalı taban düzlüğü bulunması karşı, obruklu 10 dolin alanında taban düzlüğü görülmez. Toplam 34 dolin alanında taban düzlüğü görülmez. Toplam 34 dolin alanında 5'i tek dolinli, 29'u ise birleşik dolin kümeleri (uvala) oluşturan. 2-5 dolinlidir. Bu nedenle, inceleme alanındaki 34 dolin alanı, gerçekte 72 dolin alanından oluşmuştur.

Obruklu dolinlerdeki obruklar, ayrı dolin alanlarında en uzun ve en geniş eksenlerin kesişme noktasında, birleşik dolin alanlarında (uvala) ise bileşen dolinlerin en uzun eksenlerinin kesişme noktasında yer alır.

Dolinlerin tümü, Üst Kretase'nin üst istifini oluşturan fosil kireçtaşı içindedir. Süreksizliklere giren yağış suyunun eritme ve aşındırma işlevleri, sonucu, kireçtaşının erimesine ve özellikle yapısal, hatlar oluşturan makro süreksizlikler boyunca karşılaşmanın gelişimine bağlı olarak görülürler. Karş-

laşma nedeniyle erime alanlarının çukurluklarında toplanan killi artık malzeme ise terrasosalı taban düzlüklerini meydana getirir.

34 dolin alanının drenaj ağları, 22'sinde 1. dereceden, 11'inde 2. dereceden ve 1'inde de 3. dereceden drenaj sistemi gösterir. Tüm drenaj sistemleri içsel drenaj tiplidir. Drenaj ağını oluşturan kuru dereler, ya içrrarasalı taban düzlüğü ile dolin yamaçlarının sınırında, ya da obruklarda sonlanın Obruklu dolinlerin tümü. 1. dereceden drenaj sistemlidir.

Dolinler düzlüğü, sistemi ana drenaj alanının genelinde ve dolin alanlarının özelde, dolinsiz diğer drenaj alanlarından olan farklılığını ortaya çıkarmak üzere yapılan çizgisel ve alansal drenaj ağı analizlerine göre; farklılık oluşturan en büyük sayısal sapmaların, drenaj sıklığı ve drenaj dokusundaki daha büyük değerler ile ortalama dere uzunluğu ve drenaj röl ye fiyle cnegeblilik sayısındaki daha küçük değerler olduğu saptanmıştır (Çizelge 2).

İnceleme alanındaki 34 dolin alanını oluşturan 72 alt dolin alanının çizgisel ve alansal boyut, analizi yapılarak, istatistiksel ortalama, değerleriyle, inceleme alanına özgü bir genel dolin tipi tanımına gidilmiştir (Çizelge 3).

Dolin gelişimi ile süreksizlikler arasındaki ilişkiyi ortaya koymak amacıyla, öncelikle dolinlerin boyutsal özelliklerinin yönlere göre değişimi araştırılmıştır. Bu grafiklere göre, yüzey alanı büyük fakat uzun eksen boyu ortalamanın altında kalan, dolinler K (0-20) B doğrultusundadır. Bu iki

| Ana Drenaj Alanları |                       | Alt Drenaj Alanları |                  | ÇİZGİSEL ÖZELLİKLER         |                         |                      |                            | ALANSAL ÖZELLİKLER            |                       |                       |                               |                      |
|---------------------|-----------------------|---------------------|------------------|-----------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------|
| No.                 | Adı                   | No                  | Adı              | Drenaj Derinliği (STRAHLER) | Drenaj Sıklığı (HORTON) | Drenaj Doku (Horton) | Çatallanma Drenaj (Horton) | Ort. Derece Uzunluğu (MILLER) | Havza Rölvefi (SCHUM) | Rölvefi Oranı (SCHUM) | Entropiklik Sayısı (STRAHLER) | Drenaj Tipi (HOWARD) |
| I                   | BOĞSAK D. Sistemi     | I <sub>A</sub>      | Ormanyaka        | 2                           | 1,5                     | 5,7                  | 3,3                        | 0,1                           | 0,13                  | 0,20                  | 0,1                           | Aşağı Paralel        |
|                     |                       | I <sub>B</sub>      | Boğsak D.        | 4                           | 4,6                     | 13,4                 | 5,0                        | 0,1                           | 0,39                  | 0,12                  | 1,7                           | Aşağı Paralel        |
|                     |                       | I <sub>C</sub>      | Ayazma D.        | 2                           | 2,6                     | 3,6                  | 4,3                        | 0,1                           | 0,21                  | 0,21                  | 3,6                           | Aşağı Paralel        |
| II                  | DÜZLÜĞÜ Sistemi       | II <sub>A</sub>     | Coplan           | 2                           | 6,7                     | 53,1                 | 10,7                       | 0,1                           | 0,19                  | 0,31                  | 0,7                           | İçsel                |
|                     |                       | II <sub>B</sub>     | Sivasalana       | 1                           | 5,7                     | 40,0                 | 5,9                        | 0,1                           | 0,05                  | 0,17                  | 0,3                           | İçsel                |
|                     |                       | II <sub>C</sub>     | Arpacık          | 2                           | 1,3                     | 32,0                 | 7,6                        | 0,1                           | 0,06                  | 0,06                  | 0,1                           | İçsel                |
| III                 | BAĞALANI D. Sistemi   | III <sub>A</sub>    | Kocakoyak        | 2                           | 1,3                     | 7,6                  | 7,6                        | 0,2                           | 0,53                  | 0,13                  | 0,3                           | İçsel                |
|                     |                       | III <sub>B</sub>    | Bağalana D.      | 4                           | 3,0                     | 7,3                  | 4,2                        | 0,2                           | 0,52                  | 0,13                  | 1,6                           | Aşağı Paralel        |
| IV                  | ÇADIRSUYU D. Sistemi  | IV                  |                  | 5                           | 3,3                     | 4,7                  | 4,0                        | 0,4                           | 1,12                  | 0,12                  | 3,2                           | Aşağı Paralel        |
| V                   | KIVİŞERİDİ D. Sistemi | V <sub>A</sub>      | Kemikli D.       | 3                           | 3,1                     | 9,0                  | 3,3                        | 0,4                           | 0,11                  | 0,19                  | 1,3                           | Aşağı Paralel        |
|                     |                       | V <sub>B</sub>      | Eğrikuyu D.      | 4                           | 2,3                     | 6,2                  | 2,6                        | 0,3                           | 0,33                  | 0,15                  | 1,5                           | Aşağı Paralel        |
|                     |                       | V <sub>C</sub>      | Kuyucak D.       | 3                           | 2,6                     | 6,3                  | 4,3                        | 0,4                           | 0,59                  | 0,19                  | 1,5                           | Aşağı Paralel        |
|                     |                       | V <sub>D</sub>      | Kızılarkapısı D. | 2                           | 1,7                     | 4,4                  | 5,4                        | 0,4                           | 0,33                  | 0,15                  | 0,5                           | Paralel              |
|                     |                       | V <sub>E</sub>      | Kavucaklık D.    | 2                           | 1,3                     | 3,1                  | 5,7                        | 0,2                           | 0,22                  | 0,17                  | 0,1                           | Aşağı Paralel        |
| VI                  | BOĞRUK D. Sistemi     | VI                  |                  | 4                           | 3,3                     | 9,3                  | 4,3                        | 0,4                           | 1,23                  | 0,13                  | 3,1                           | Paralel              |

Çizelge 2 Drenaj Sistemlerinin Çizgisel ve Alan-  
sal Özelliklerinin Sayısal Değerleri.

Table 2 Numerical Values of the Linear and  
Areal Properties of Drainage Systems.

özelliğe ait değerler K'den D ve B'ya doğru azalmakta ve en küçük değerlerine K 40 B'dan B-D doğrultusuna gidildikçe ulaşmaktadır. Doliiflerin daha yuvarlak, veya daha uzamış elipse! şekilli oluşlarını belirten uzunluk/genişlik oranı, K (0-60) D doğrultulu dolinlerin en basık elipse! biçimli olduğunu göstermiştir (Şekil 7).

Dolin uzun eksenlerinin K'den sapmaları ile jeolojik yapılar arasındaki ilişkiler gül diyagramlarıyla araştırılmıştır (Şekil 8). Tabakalar ile çatlak ve «faylar» Jura-Kretase sistemleri için birlikte gözönüne alınmıştır. Bu diyagramlara göre, dolin uzun eksenlerinin egemen doğrultulan K. (10-20) B, K (20-30) D ve K. (40-50) D, ikinci dereceden de K (0-10) B, K. (40-50) B ve K. (10-20) D'dur. Dolinler düzlüğündeki tabakalar, birincil olarak K (30-40) D, ikincil olarak da K (40-50) D doğrultuludur. Bu etkinlikler, çatlak ve faylar için birinci derecede K (20-30) B, ikinci derecede de K (70-80) B'dır. Ayrıca 1. ve 2. dereceden drenaj ağlarını oluşturan kuru derelerin doğrultulan da esas olarak KB kadranındadır. Bu verilere göre, çatlak takımlarının ve genç fayların önemli ölçüde etkin olduğu K (0-20) B doğrultulu dolinlerin az uzamış elipsel şekilli ve en büyük yüzey alanlı olmalarına karşı, tabakaların ve yaşlı fayların etkin olduğu K (0-60) D doğrultulu dolinler çok uzamış elipsel şekilli ve nispeten büyük alanlıdır. Ayrıca tüm süreksizlik türlerinin KB-B aralığında, sayısal olarak çok az bulunmaları, bu doğrultuda karşılaşmanın ve genelde dolinlerin gelişmemesine, gelişebilenlerin ise en yuvarlak elipsel şekilli ve en

küçük yüzey alanlı ota asına, neden olmuştur. Böylece, KB-GD uzanımın oblik ve enine çatlaklar ile oblik faylar boyunca karsüaşmanın oluşturduğu daha kısa süneli bir genç karst ortamında dolin kısa eksenlerinin, KD-GB uzanımlı tabaka doğrultulan ve boyuna çatlaklar ile yaşlı oblik faylar ve boyuna, faylar boyunca karstlaşmanın oluşturduğu uzun süreli, bir olgun karst ortamında da dolin uzun eksenlerinin yer aldığı ortaya çıkarılmıştır (Şekil 9).

Tüm özelliklerin birlikte değerlendirilmesi, bölgesel karşılaşma ile dolinlerin oluşumuna aşağıdaki açıklamayı getirmektedir.

Yağış suyunun yeraltına kolaylıkla sızabildiği süreksizlikler, sıklık, ve açıklıkları tabaka düzlemlerine az çok paralel olanlardan en az 2 kez daha büyük olan ve tabaka düzlemlerini kesen oblik ve enine çatlaklar ile geçirimli breş zonlarına sahip oblik faylardır. Tüm bu süreksizlikler,, bütünüyle KB-GD doğrultulu olan ilk rastlaşmayı oluşturmuştur. Yeraltına inildikçe kaya birim elemanları arasındaki malzeme köprülerinin olasılıkla artması ve süreksizlik, açıklığının kapanması» erimeye bağlı olarak, devamlı genişleyen süreksizlik açıklıklarında yağış suyunun giderek daha kısa süre tutulması ve suyun hemen yeraltına inmesi nedenleriyle, sözkonusu süreksizlikler boyunca oluşan, ilk karstlaşma etkinliğinde giderek azalmalar meydana gelmiştir. Buna bağlı olarak, yağış sularındaki karsüaşmayı denetleyen birincil ve ikincil kökenli Cö<sub>2</sub> miktarı ile sıcaklık ve pH özelliklerindeki etkinlik de büyük oranda yeraltına

| Dolin Alanı Özellikleri |   | İstatistik Değerler |                    |                    |
|-------------------------|---|---------------------|--------------------|--------------------|
|                         |   | Sınır Değerler      | Aritmetik Ortalama | %95 Güvenli Aralık |
| Çizgisel Özellikler     | Dolin Uzunluğu, km                              | 0,09-0,51           | 0,20               | 0,19-0,21          |
|                         | Dolin Genişliği, km                             | 0,04-0,21           | 0,11               | 0,10-0,12          |
|                         | Uzunluk/Genişlik Oranı                          | 1,10-3,40           | 1,85               | 1,80-1,90          |
|                         | İçsel Uzunluk Oranı                             | 0,50-0,76           | 0,57               | 0,56-0,58          |
|                         | İçsel Genişlik Oranı                            | 0,50-0,63           | 0,53               | 0,52-0,54          |
| Alansal Özellikler      | Dolin Alanı, x 10 <sup>-2</sup> km <sup>2</sup> | 0,50-19,2           | 3,2                | 2,7-3,7            |
|                         | Dolin Taban Düzlüğü Alanı                       | 0,1-3,0             | 0,7                | 0,50-0,9           |
|                         | Dolin Rölyefi, m                                | 6-47                | 19                 | 17-21              |

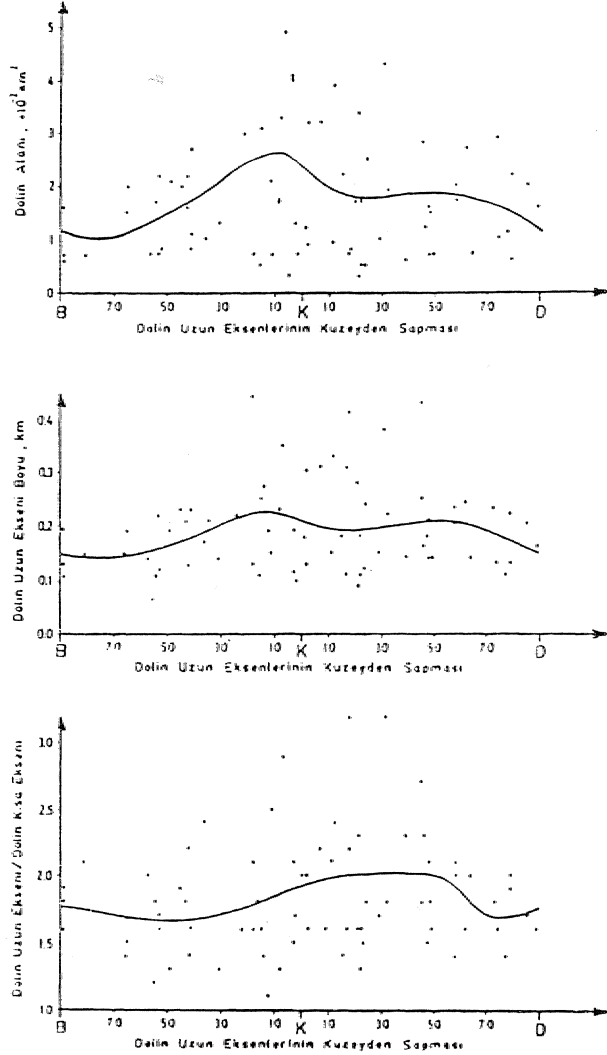
Çizelge 3 Dolin Alanlarının Boyutsal Özelliklerine Ait Sayısal Değerler.

Table 3 Numerical Values Belong to Dimensional Properties of Doline Areas.

taşınmış ve diğerek tabaka doğrultulan boyunca etkili olmaya başlamıştır. Böylece, başlangıçtaki oblik ve enine çatlaklar ile oblik faylar boyunca gelişen karstlaşma, belirtilen nedenlerden dolayı yeraltında tabaka doğrultusu ve yaşlı faylar boyunca gelişimini sürdürmek durumunda kalmıştır. Bu olay yalnız ilk karsüaşmanın düşey doğrultuda en aza indiği derinlikte değil, aynı zamanda CaCC<sup>+</sup>'ca aşın doygun hale gelmiş suların süreksizlikleri. düşey doğrultuda CaCO<sub>3</sub> çökeltimi ile tıkaması sonunda» yüzeye daha yakın tabaka doğrultulan boyunca da oluşmuştur.

## SONUÇLAR

Bu çalışmada elde edilen en önemli sonuçlar



Şekil 7 Dolinlerin Bazı Boyutsal Özellikleri ile Dolin Uzun Eksenlerinin Kuzeyinden Sapması Arasındaki İlişkiler.

Figure 7 The Relationship Between. Some Dimensional Properties and the Deviation from North of Long Axes in Dolines.

aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir. i

1 - Karst ve karşılaşma kavramlarına açıklık getirilerek etkilendikleri parametrelerin inceleme yöntemleri ve mantığı ortaya konmuştur.

2 - Pratik ve son derece çabuk sonuç veren "Bağlı Eriyebilirlik Deneyi" adıyla anılmış bir laboratuvar deney yöntemi geliştirilerek karbonatlı kayalardaki eriyebilirliğin hangi evreleri izlediği, yüzey ve yeraltı karstını nasıl denetlediği açığa çıkarılmıştır.

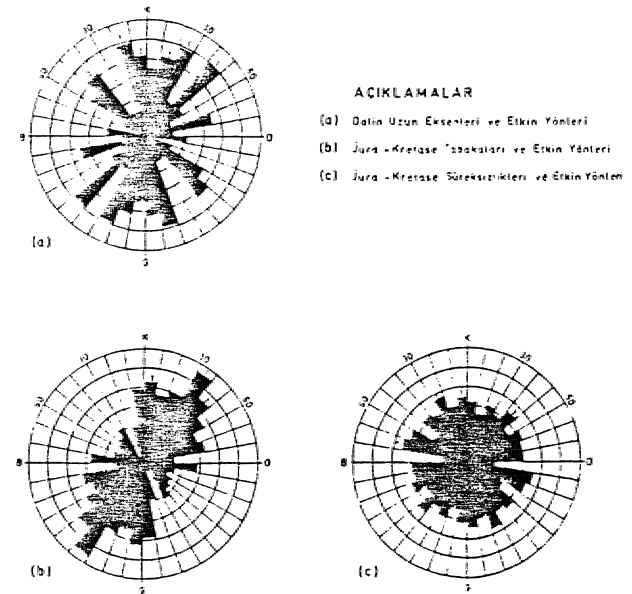
3 - Karst alanlarındaki bölgesel ikincil süreksizlik (fay,, çatlak., tabaka, v.b.) analizlerinin önem ve gereği, bunların yeraltı-yerüstü karst yapılarının boyutsal gelişimleriyle olan etkileşimi gösterilerek sayısal olarak kanıtlanmıştır.

4 - Karst alanlarına özgü gerçek karst yapılan dolinlerin sayısal "Biçim Araştırması" yapılarak analiz aşamdan gösterilmiş, oluşum, ve gelişimleri, açıklanmıştır.

5 - Karst ve karşılaşmaya ilişkin tüm veriler gözönüne alınarak, inceleme alanındaki ve büyük olasılıkla Toios karst kuşağındaki genel Karst Gelişim. Modeli" kurulmuştur.,

## KATKI BELİRTME

Bu yazı konusunun en ağırlıklı bölümlerden birisi olan tezimin, hazırlanması sırasındaki tüm



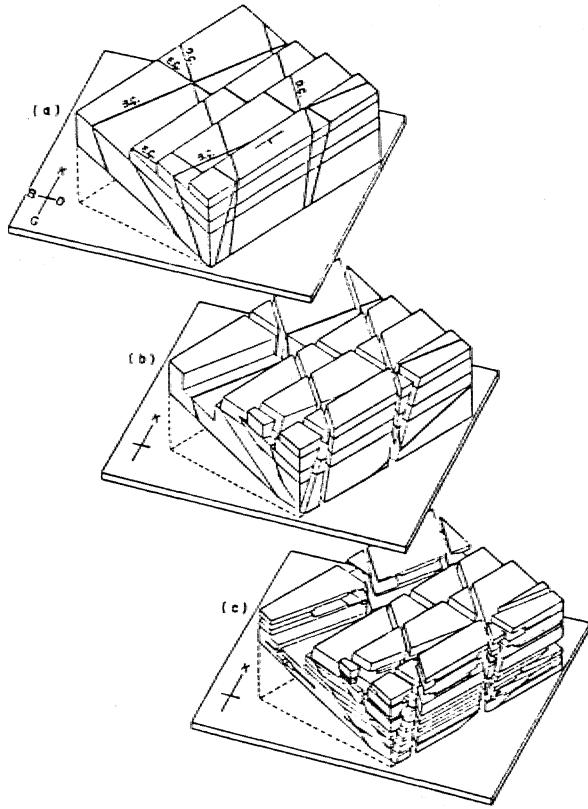
Şekil 8 Dolin \*Uzun Eksenlerine ve Jeolojik Yapı Elemanlarına Ait Gül Diyagramları ile Bunların Etkin Yönleri.

Figure 8 Rose Diagrams Belong to the Long Axes of Dolines and Geological Structures, Also Effective Directions.,

• çalışmalarını büyük bir titizlikle izleyen, değerli öneri ve yardımlarını esirgemeyen tez Hocam Sayın Prof. Dr. Kemal Erguvanlı'yı en derin şükranla ve rahmetle anarım, Sahadan laboratuvara uzanan bütün çalışmalarında yakın ilgisini ve yardımlarını gördüğüm. Hocam Sayın Prof. Dr. Erdoğan Yüzeğe yürekten teşekkürlerimi sunarım.

Petrol İşletme Laboratuvarında deneyler yapabilmeme olanak tanıyan Hocam Sayın Prof. Dr. Ekrem Göksu'yu rahmetle anmaktayım.

Kayaç örneklerimin kimyasal analizlerini yapan Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Araştırma Merkezinin Merkezi Hizmet Laboratuvarına ve Maden Genel Müdürlüğü bünyesindeki sevgili arkadaşlarıma sonsuz teşekkürler sunarım,



Şekil 9 İnceleme Alanındaki Karstın Gelişim Modeli.

Figure 9 The Development Model of Karst, at Investigated Area.

B.C. : Boyuna Çatlak-Longitudinal Joint.

E,Ç. : Enine Çatlak-Transversal Joint.

O.Ç. : Diagonal Çatlak-Oblique Joint.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Burger, A. 1975, Chimisme des Roches et de l'eau Karstiques, Hydrogeology of Karstic Terrains, Pubi of Int. Assoc. of Hydrogeologists, pp. 79-89, France.
- Ek, CM. 1973, La, Dissolution du Carbonate de Calcium, Bull. de la Soc. Geog. de Liege, No. 99e Année, pp. 55-87, Belgium,.
- Cenderen, IL, 1969, Technical Exercises for the Sub-Department of Geography, V. II, 208 pp., ITC Textbook, No- 10, The Netherlands.
- James, A.N. 1981, Solution Parameters of Carbonate Rocks, Bull. of the Int. Assoc. of Eng. Geoi, No. 24,19-25,, Germany.
- Liszkowski, L 1970, Problems and Methods in Regional. Engineering Geological Research of Karst, First Int. Cong. of the Assoc. of Eng. Geol. Symp.,, V., II, pp. 882-891, Czechoslovakia.
- Öztaş, T. 1982, Karstlaşma ve Mühendislik Projelerinde Sayısal Karst. Sınıflaması Kavramı, Jeo. Müh. Dergisi, S. 13, s. 11-16, Ankara.
- Öztaş, T, 1989, Mersin-Taşucu-Boğsak Kaynağı ve Dolayının Karst Hidrojeolojisi, İTÜ Doktora. Tezi, 140 s., İstanbul.
- Strahler, A.N. 1964., Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks, Handbook of Applied. Hydrology (Ed: CHOW, V.T.), Section 4-11, pp. 4.39-4.76, McGraw-Hill. Book Comp., USA.
- Sweeting, M.M. 1973, Karst Landforms, Columbia Univ. Press, 335 pp., USA,
- Thrailkill, J. 1977, Relative Solubilities of Limestone and Dolomite, Karst Hydrogeology (Ed: TOLSGN, J.S. - DOYLE, F.L.), Proceedings of the 12th Int. Cong., Memoirs V. XII, pp. 491-500, USA.
- White, W.B. 1977, Role of Solution Kinetics in the Development of Karst Aquifers, Karst Hydrogeology (Ed: TÖLSGN, J.S. - DOYLE, F.L.), Proceedings of the 12th Int., Cong., Mémoire V. XII, pp. 503-517, USA.
- Williams, P.W. 1972, The Analysis of Karst Terrains, Spatial Analysis in Geomorphology (Ed: CHORLEY, R.J.), pp. 135-163, Matfaue and Co. Ltd.,, England.,
- Zuidam, R.A. 1973, Guide to Geomorphological Photo-Interpretation, pp. 173, ITC Textbook, No. 10, The Netherlands.

## **BOLUCAN (ZARA-SİVAS) YÖRESİNDE OLİGOSEN YAŞLI SELİMİYE FORMASYONU KUMTAŞLARININ SEDİMANTER PETROLOJİ İNCELEMESİ**

*Sedimentary Petrological Investigation of the Oligocène Selimiye Formation in The Bolucan (Zara-Siyas) Region*

Oihan ÖZÇELİK                      Qimhuriyet Üniversitesi» Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
SİVAS

Mehmet ALTUNSOY                Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi» Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
SİVAS

**ÖZ:** Bolucan (Zara-Sivas) yöresinde Oligosen yaşlı Selimiye formasyonu jips, kumtaşı, mam, ve dolomitik kireçtaşlarından oluşur. Formasyonun egemen bileşeni olan kumtaşları üzerinde hafif, ağır ve kil minerali analizleri yapılarak sedimanter petrolojik özellikleri incelenmiştir. Kumtaşlarında klorit, illit ve kaolini gibi kil mineralleriyle piroksen, klorit, biyotit, muskovit ve demir oksitçe zengin opak mineraller gibi ağır mineraller belirlenmiştir. Van Andel (1958), Travis (1970) ile Folk ve diğ. (1970)'nin üçgen sınıflandırma diyagramlarına göre kumtaşları, sırasıyla grovak, kayaç parçalı kumtaşı ve litarenit olarak tanımlanmıştır. Dickinson ve Suczek (1979) ile Dickinson (1982)'m klastik petrofasiyes sınıflamalarında ise karışık ve rösiklik kaynak alanları ile yay orojen kaynak alanlarının varlığı görülmüştür.

**ABSTRACT:** In the Bolucan (Zara-Sivas) region, The Selimiye formation which is Oligocène in age, is composed of gypsum, sandstone, marl and dolomitized limestones. The sandstones are the dominant components of this formation. The sedimentary petrological characteristics of these sandstones have been investigated by using their light, heavy and clay mineral analysis. Chlorite, pyroxene, biotite, muscovite and heavy mineral such as iron oxide rich opac minerals have been defined as geywacke, rock fragmented sandstone and litfaic arenite perspectively according to the triangular classification diagrams of Van, Andel (1958)» Travis (1970) and Folk et al (1970). In the clastic petrofacies classifications of Dickinson and Suczek (1979) and Dickinson (1982), mixed and recycled, provenance and orogen sources have been observed..

### **GİRİŞ**

Sivas ili sınırları içerisinde kalan inceleme alanı, Zara ilçesinin 30 km güneyinde bulunan Bolucan bucağı çevresinde yer almaktadır (Şekil 1). İncelenen bölgede Eosen» Oligosen ve Miyosen yaşlı birimler yüzeyler.

Bu çalışmada, Oligosen yaşlı Selimiye formasyonu kumtaşlarını oluşturan kumtaşı kökenini araştırmak ve sedimanter petrolojik özelliklerini ortaya koymak amaçlanmıştır. Bunun için kumtaşlarının ince kesit petrografisi, hafif ve ağır mineral analizi ile kil fraksiyonu, çalışmaları yapılarak kumtaşlarının provenansları belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca kumtaşlarının içerdiği bileşen-

lerin yüzde miktarlarına göre değişik araştırmaların üçgen sınıflandırma diyagramlarında adlandırılmaları yapılmıştır..

İnceleme alanının da bulunduğu Sivas Havzasında, yerli ve yabancı birçok araştırmacı çeşitli konulara yönelik çalışmalar yapmışlardır. Yörede gerçekleştirilen ilk çalışmalar Blumenthal (1937) ve Nebert (1956)'e aittir. Daha sonra Kurtman (1961 ve 1973), Arpat (1964), Norman (1964), Deminlen (1965), Baykal ve Erentöz (1966) jeolojik harita yapımı, paleontoloji ve petrol olanaklarıyla ilgili olarak çalışmışlardır. Artan ve Sestim (1971) ise inceleme alanının güneyinde bulunan Beyman yöresinin jeolojik özelliklerini ortaya koymuştur.

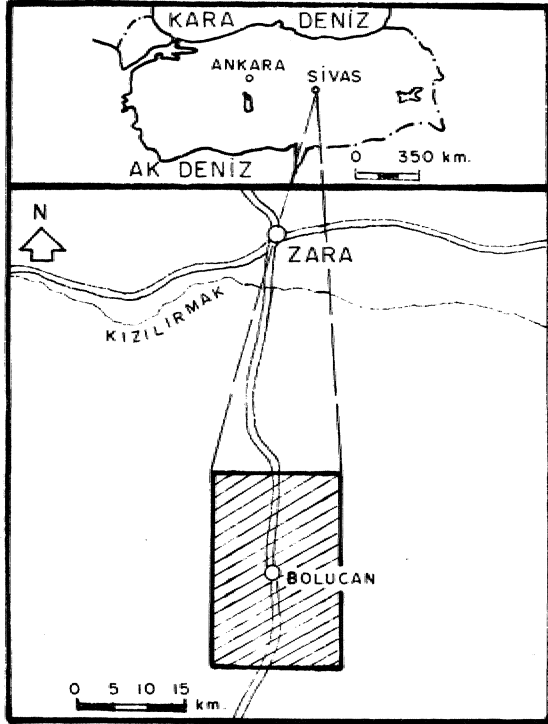


Bölgede yapılan en son. çalışmalar, Gökçen (1981 ve 1982) ile Gökçen ve Kelling (1985) tarafından yapılmıştır. Bu araştırmacılar, Tersiyer yaşlı birimlerde sedimantolojik çalışmalar yapmışlar ve bulgularını Refahiye bölgesindeki aynı yaşta birimlerle denestirmişlerdir.

## BÖLGESEL JEOLojİ

İnceleme alanı ve yakın çevresinde yüzeyleyen en yaşlı birim Üst Kretase\* yaşlı ofiyolitli karmaşıktır. Bu birimin üzerinde Üst Kretase-Paleosen yaşlı Tecer kireçtaşları yer alır. Bu birimler üzerine çakıltaşı, kentaşı ve marnlardan oluşan Eosen yaşlı Bozbel formasyonu gelir., Çalışmanın yapıldığı Oligosen yaşlı Selimiye formasyonu, Sivas Havzasında doğu-batı doğrultusunda uzanmaktadır, Yeşil ve bordo renklerin egemen olduğu formasyon kumlası, mam, kireçtaşı ve jipslerden meydana gelmiştir (Şekil 2).

Altındaki birimler üzerine uyumsuzlukla gelen Miyosen yaşlı çökeller, iki ayrı litostratigrafik birimden oluşur. Bunlardan Hafik formasyonu jips» konglomera» kumtaşı ile marnlardan oluşur ve görsel ortamı karakterize eder.. Yine aynı yaşta Karacaören formasyonu ise çakıltaşı, kumlası, mam. ve kireçtaşı litolojilerinden meydana gelir. Bu iki formasyon birbiriyle yanall geçişlidir.

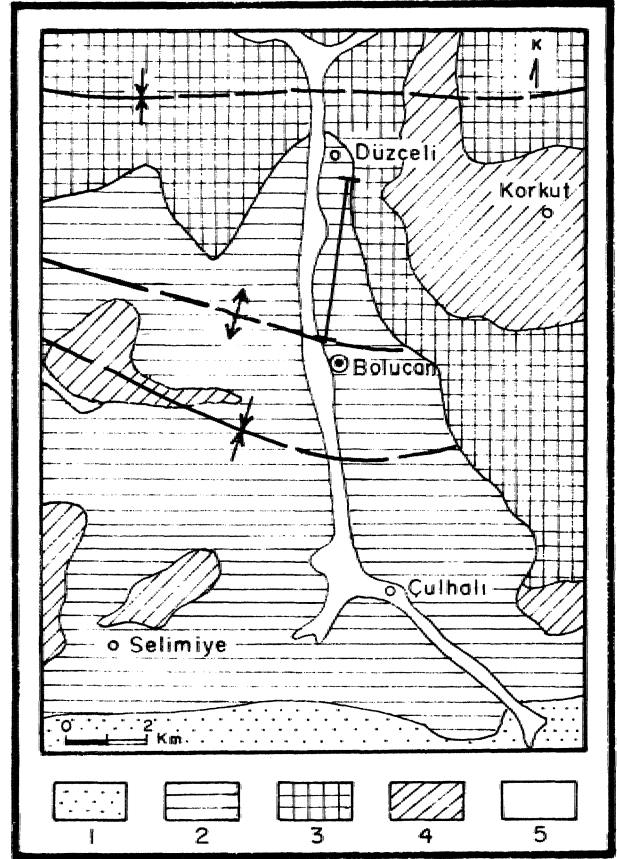


Şekil 1 İnceleme alanının buldum haritası.  
Figure I Location map of the investigated area.

İnceleme alanındaki yüzeyleyen bütüo. bu birimler serbest çakıl, kum, silt ve killerden oluşan alüvyonlar ile örtülür.

## STRATİGRAFİ

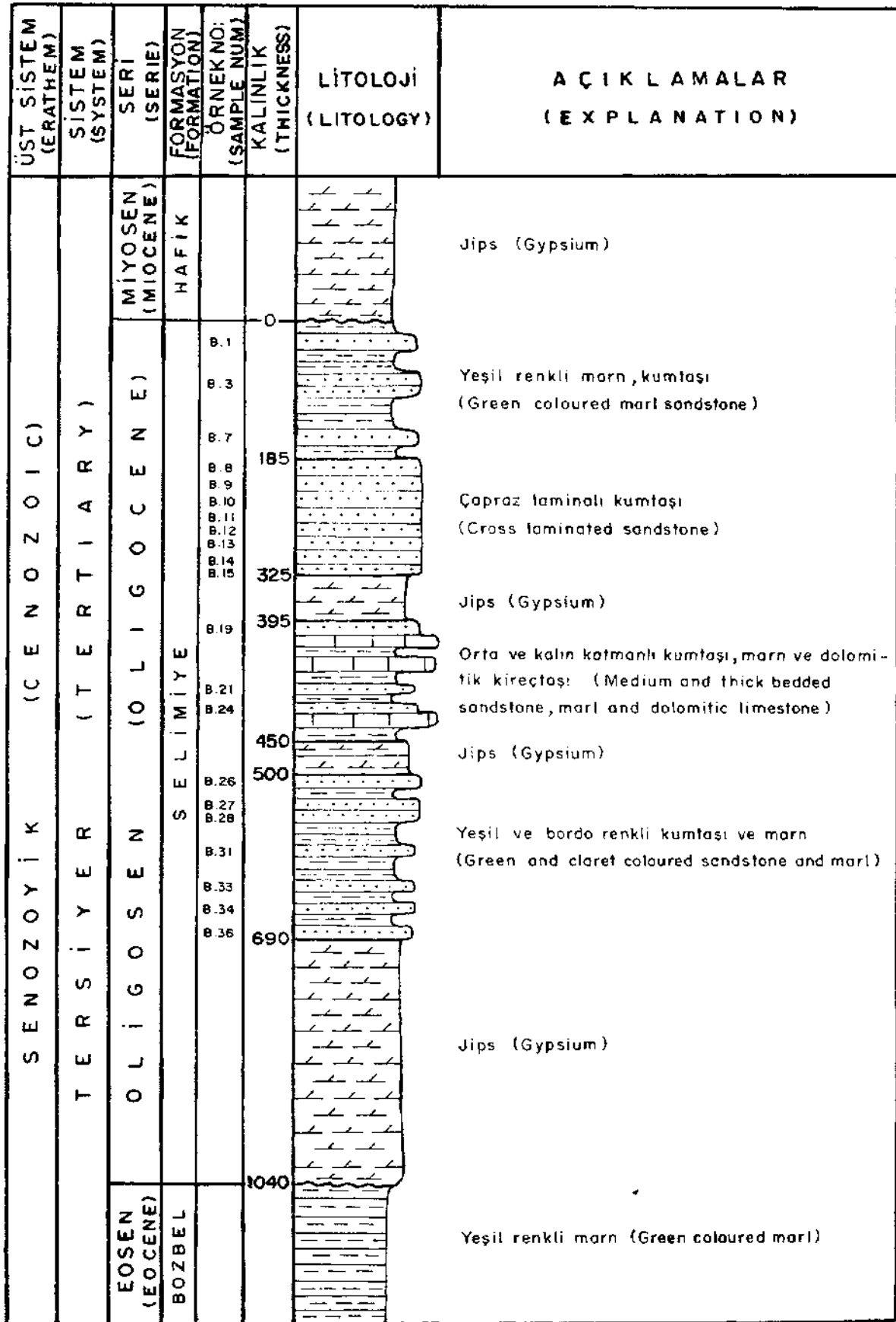
Bolucan (Zara-Sivas) çevresinde Oligosen yaşlı Selimiye formasyonu, Eosen yaşlı Bozbel formasyonu üzerine uyumsuzlukla gelir. Formasyonun, tabanında 350 m kalınlığında jipsler yer alır (Şekil 3). Bu düzeyi 190 m kalınlığında yeşil ve bordo



Şekil 2 inceleme alanının, basitleştirilmiş jeoloji haritası.

Figure 2 Simplified geological map of the investigated area.

- 1 Bozbel. formasyonu (Eosen)  
Bozbel formation (Eocene)
- 2 Selimiye formasyonu (Oligosen)  
Selimiye formation (Oligocène)
- 3 Hafik formasyonu (Miyosen)  
Hafik formation (Miocene)
- 4 Karacaören formasyonu (Miyosen)  
Karacaören formation (Miocene)
- 5 Alüvyon (Kuvaterner)  
Alluvium (Quaternary)



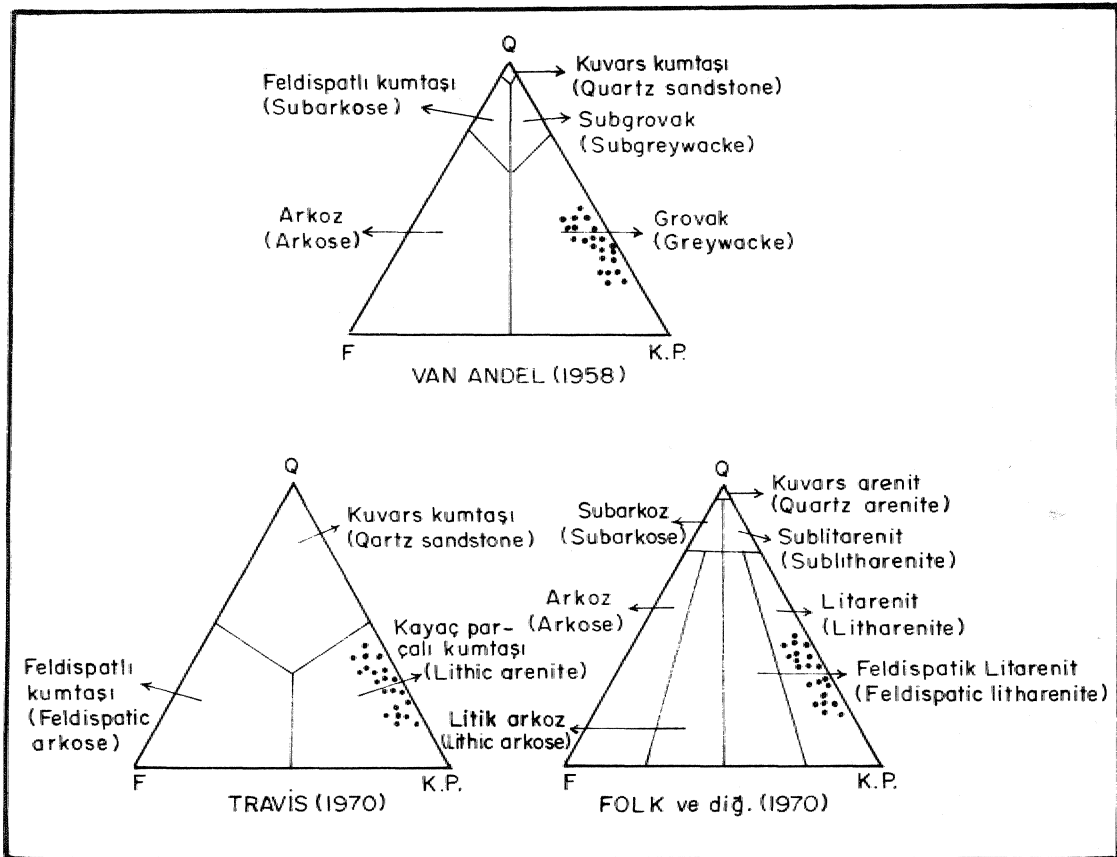
Şekil 3 Selimiye formasyonu ölçülü dikme kesiti.

Figure 3 Measured columnar section of Selimiye formation.

| Örnek No.<br>(Sample Num)                       | B.1 | B.3 | B.7 | B.8 | B.9 | B.10 | B.11 | B.12 | B.13 | B.14 | B.15 | B.19 | B.21 | B.24 | B.26 | B.27 | B.28 | B.31 | B.33 | B.34 | B.36 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Parametre<br>(Parameter)<br>(%)                 |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Kuvars (Q)<br>(Quartz)                          | 40  | 41  | 39  | 35  | 29  | 33   | 29   | 30   | 24   | 26   | 31   | 24   | 28   | 29   | 31   | 25   | 32   | 28   | 27   | 25   | 26   |
| Feldispat (F)<br>(Feldspar)                     | 5   | 3   | 4   | 4   | 2   | 4    | 3    | 5    | 5    | 3    | 5    | 5    | 3    | 4    | 5    | 3    | 4    | 4    | 5    | 5    | 4    |
| Kayaç parçası (L)<br>(Rock fragment)            | 55  | 56  | 57  | 61  | 69  | 63   | 68   | 65   | 71   | 71   | 64   | 71   | 69   | 67   | 64   | 72   | 64   | 68   | 68   | 70   | 70   |
| Monokris. Kuvarsı (Qm)<br>(Monocryst. Quartz)   | 30  | 33  | 34  | 28  | 24  | 25   | 22   | 21   | 18   | 20   | 19   | 18   | 19   | 17   | 16   | 15   | 12   | 14   | 14   | 13   | 13   |
| Top. Kayaç Par. (Lf)<br>(Tot. Rock Frag.)       | 65  | 64  | 62  | 68  | 74  | 71   | 75   | 74   | 77   | 77   | 76   | 77   | 78   | 79   | 79   | 82   | 84   | 82   | 81   | 82   | 83   |
| Polikristalin Kuv. (Qp)<br>(Polycryst. Quartz)  | 16  | 12  | 8   | 10  | 7   | 11   | 9    | 12   | 8    | 10   | 16   | 8    | 12   | 15   | 19   | 12   | 20   | 15   | 16   | 14   | 16   |
| Magmatik Kay. Par. (Lv)<br>(Mag. Rock. Frag.)   | 51  | 66  | 68  | 66  | 73  | 59   | 61   | 66   | 52   | 56   | 51   | 62   | 49   | 47   | 44   | 29   | 18   | 44   | 42   | 51   | 53   |
| Sedimanter Kay. Par.<br>(Sed. Rock. Frag. (Ls)) | 33  | 22  | 24  | 24  | 20  | 30   | 30   | 22   | 40   | 34   | 33   | 30   | 39   | 38   | 37   | 59   | 62   | 41   | 42   | 35   | 31   |

Çizelge 1 Selimiye formasyonu, kumtaşılarının Dickinson (1982ya göre petrografik analiz sonuçları.

Table 1 Pétrographie analysis results of the Selimiye formation sandstones, after Dickinson (1982)...



Şekil 4 Selimiye formasyonu kumtaşılarının petrografik sınıflaması.

Figure 4 Petrographical classification of Selimiye formation, sandstones.

renkli kumtaşı-marn arıalanması izler. Kumtaşlan kaba taneli ve orta katmanlıdır. Bunların üzerine tekrar 50 m kalınlığında yanal devamlılığı fazla olmayan jipsler gelir.,. Daha üst dizeylere doğru 55 m kalınlığında kumtaşı, marn ve kireçtaşı ağdalanması yer alır. Bu kumtaşlan ince-orta taneli» yeşil ve bordo renklidir. Kireçtaşlan ise dolomitik karakterde, koyu gri ve pembemsi renkli, bol çatlaklı ve kırılğandır. Kumtaşı ve kireçtaşlanıyla arıalanmalı olarak bulunan marnlar da gri ve yeşil renklerdedir,

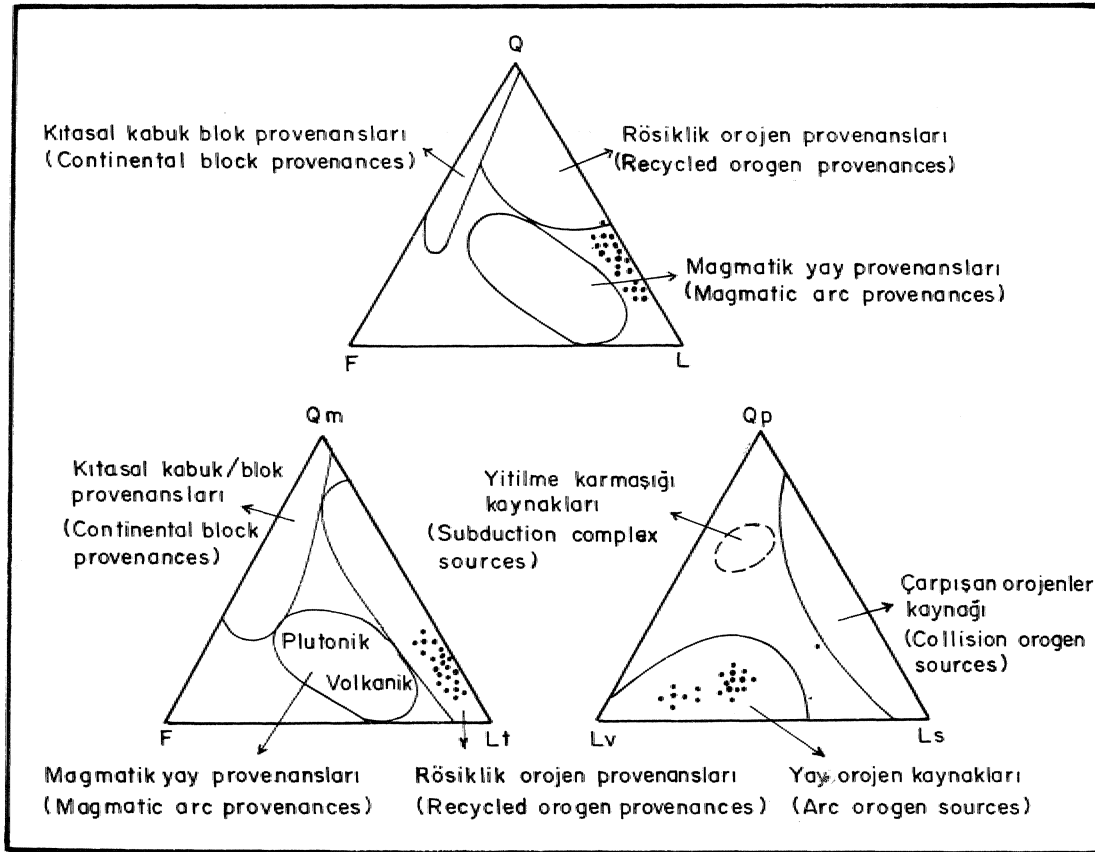
Formasyonun üst bölümünde yer alan jipsler 70 m kalınlığındaadır. Bu dizeyin üzerinde ise orta-kalın katmanlı 140 m kalınlığındaki kumtaşlan bulunur. Çapraz laminalar içeren bu kumtaşlannda tane boyuttan, oldukça değişkendir, Bol eklemli olan katmanlar akıntı izleri de taşır. İstifin en üst kesiminde ise 185 m kalınlığında kumtaşı-marn arıalanması yer alır. Bu dizeydeki kumtaşlan ince-orta taneli ve yeşil renklidir. Bu dizeyin üzerinde de Hafik formasyonuna ait jipsler uyumsuz olarak bulunur.

## SEDİMANTER MİNERALOGİ VE PETROGRAFI

Selimiye formasyonundan alınan ölçülü dikme kesiti ile elde edilen 21 kumtaşı örneğinin ince kesiti üzerinde, kumtaşım oluşturan, ana bileşenlerden 500 volumetrik nokta sayılarak % 10ffe tamamlanmış ve bileşenlerin özelliklerini ortaya koyan çalışmalar yapılmıştır (Çizelge 1), Bromoform yardımıyla ağır mineraller ayrılarak incelenmiş, XRD çalışmalarıyla da kil mineralleri saptanmıştır. Kumtaşlanının petrografik özellikleri şöyledir;

Kuvarlar: Kumtaşlannda % 24-40 arasında bulunurlar. Çoğunlukla monokristalin kuvarlar şeklinde olup orta-ince tane boyutludurlar. Fölikristalin kuvarlar ise daha iri taneler şeklinde gözlenmişlerdir.

Feldispatlar: % 2-5 arasında değişen feldispatlar genellikle ortoklaslardan meydana gelmişlerdir. Daha az bulunan plajiyoklaslar ise ince-uzun çubuklar şeklinde ve polisentetik ikizlenme gösterirler.



şekil 5 Selimiye formasyonu kumtaşlanının tektonosedimanler sınıflaması (Dickinson, 1982).

Figure 5 Tectonosedimentary classification of Selimiye formation sandstones (Dickinson, 1982),.

- Kayaç parçalan: Kayaç parçalan kumtaşlarının en bol bulunan bileşenidir. İnce kesitlerde belirlenen oranlar % 54-71 arasında değişir, Magmatik kayaç parçalan tortul kayaç parçalanına göre daha fazladır.

Bağlayıcı: Kumtaşlarında hem Mİ hem de karbonat bağlayıcının varlığı görülmektedir. Her ikisinde de taneler sıkı bir şekilde bağlanmışlardır.

Ağır Mineraller: Piroksen,\* kiorit, biyotit» muskovit ve opak mineraller kurataşları içerisinde saptanan ağır minerallerdir, Bunların içerisinde en yaygın olanı Müritlerdir.

Kil Mineralleri: Formasyonda belirlenen kil mineralleri kiorit, illit ve kaolinitir. Bunların içerisinde en bol bulunanı kiorit olup formasyonun alt düzeylerinden üste doğru artmaktadır. Kaoliniüer ise yalnızca, üst düzeylerde görülürler.

#### KUMTAŞLARININ ADLAMAİSİ

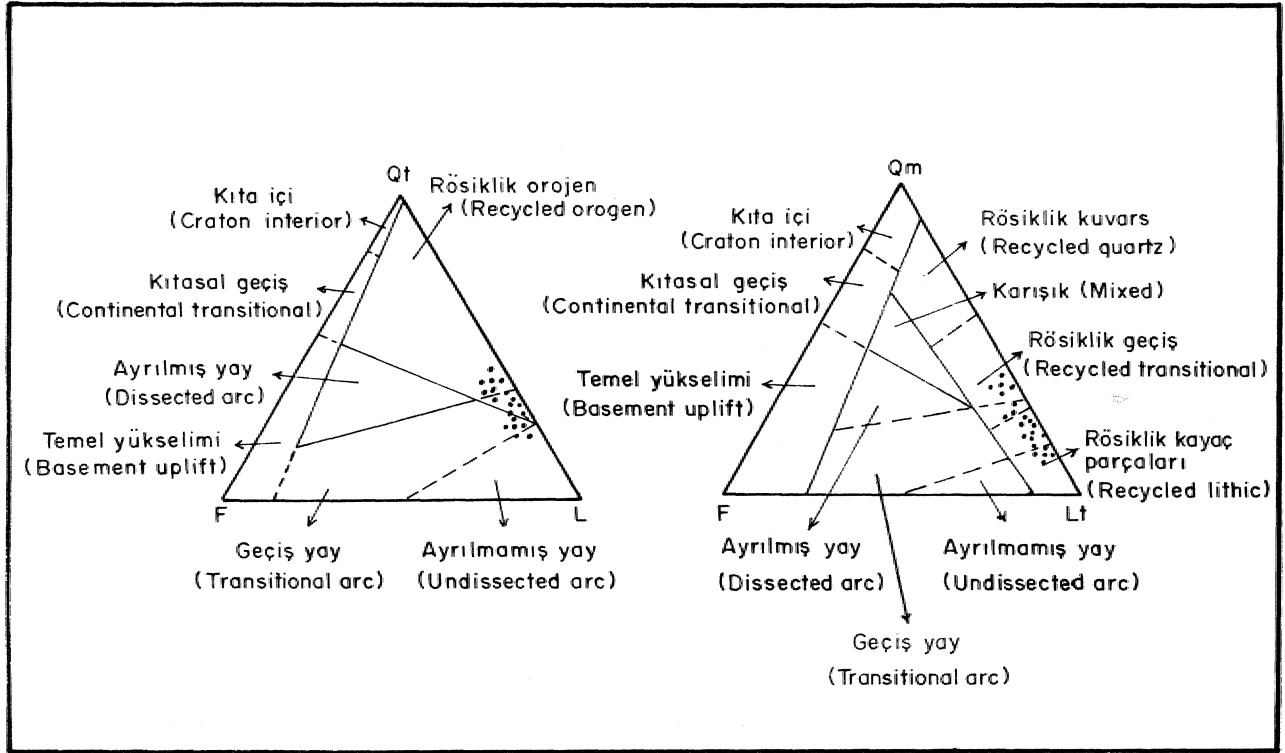
Selimiye formasyonundan alınan ölçülü dikme kesitte kumtaşları çoğunlukla istifin orta ve üst düzeylerinde bulunurlar.. Bunlar genellikle kötü boylanmak ve ince-orta tanelidir. Kumtaşlarını adlandırmak için değişik araştırmacıların kumtaşı sınıflandırmaya üçgen diyagramlarından yararlanılmıştır.

Kumtaşlarının Van Andel (1958)'e göre grovak, Travis (1970)'e göre kayaç parçalı kumtaşı, Folk ve diğ., (1970)'e göre ise litarenit olduğu belirlenmiştir (Şekil 4). Adlandırmalardan da görüldüğü gibi kumtaşlarında kayaç parçalan ve kuvarslar oldukça fazladır. Feldspat içeriği diğerlerine oranla daha az bulunmaktadır.

#### KLASTİK PETROFASİYESLER.

Genel olarak kumtaşını oluşturan taneler, itişlilik orojen kaynağı, kıtasal kabuk blok kaynağı ve magmatik yay ve kaynaklarına aittir. Adı geçen kaynaklar Dickinson ve Suczek (1979) ile Dickinson (1982)'in geliştirdikleri QFL, QmFLt ve QpLvLs üçgen diyagramları ile belirlenebilmektedirler. Bu diyagramlarda yer alan kıtasal kabuk kaynak alanları eski orojenik alanların aşındırılarak denizel ortamlarda çöktikleri bölgelerde oluşmaktadır. Magmatik yaylar; metamorfik, derinlik ve volkanik kayaçların bulunduğu alanlardır. Rösiklik orojen kaynak alanları ise tortul kayaçların egemen olduğu fakat içinde magmatik kayaçların da bulunduğu kıvrımlı ve bindinmeli bölgelerdir.

Bolucan (Zara-Sivas) yöresinde Selimiye formasyonu kumtaşları yukarıda adı geçen üçgen diyagramlarına uygulanmıştır (Şekil 5). Kumtaş-



Şekil 6 Selimiye» formasyonu, kumtaşlarının geçiş provenansları (Dickinson ve diğ., 1983).

Figure 6 Transitional provenance of Selimiye formation sandstones (Dickinson et al, 1983),,

lanm QFL üçgen, diyagramında rösiklik orojen kaynağı ile magmatik yay kaynağı arasındaki alanda bulunduğu belirlenmiştir. QmFLt üçgen diyagramında ise kumtaşlan rösiklik orojen kaynak alanında kalmaktadır. QpLvLs üçgen diyagramında da noktaların büyük bölümü yay orojen kaynak alanında, daha az bölümü ise çarpışan orojenler kaynağı alanında yer alır.

Kumtaşlan, Dickinson ve diğ., (1983)"nin geliştirdiği QtFL üçgen diyagramında geçiş yay alanında bulunurken, QmFLt diyagramında da rösiklik kayaç parçalan alanı içerisinde (Şekil 6).

#### SONUÇLAR

- Bolucan (Zara-Sivas) yöresinde Oligosen yaşlı Selimiye formasyonu kumtaşlan klorit, illit, kaolinit gibi kil mineralleri ile piroksen,, Morit, muskovit, biyotit ve demir oksitçe zengin, ağır mineraller içerirler,

- Kumtaşlan Van Andel (1958ye göre grovak, Travis (197ö)'e göre kayaç parçalı kumtaşı. Folk ve Diğ., (1970ye göre ise İtaenit şeklinde tanımlanmıştır.

- Kumtaşlanı oluşturan tanımlılar Dickinson ve Suczek (1979) ile Dickinson (1982)'in klastik petrofasiyes sınıflamasına göre kaşık ve rösiklik orojen kaynak alanları ile yay orojen. kaynaklarından türemişlerdir,

#### KATKI BELİRTME

Katkılarında dolayı Orhan Tatar ve Kemal Gürbüz (Keele Üniversitesi-tngUtere) ile Veli Kayaoğlu (CÜ.)'na teşekkür ederiz.

#### DEĞİNİLEN BELGELER.

Artan, Ü., ve Seslini, G., 1971, Sivas-Zara-Beyrınan bölgesinin jeolojisi: MTA Derg., 76, 80-97.

Aıpat, E., 1964, Gürlevik Dağı bölgesinin genel jeolojisi ve petrol imkanları: MTA Rap., No: 4180 (yayınlanmamış)

Baykal» F., ve Erentöz, C, 1966. İzahlı 1/500 000 ölçekli Sivas paftası: MTA yayını, 116 s,

Blumenthal, M, 1937, Kangal ile Divriği arasındaki mntıkada başlıca jeolojik hatlar: MTA Rap... No: 568 (yayınlanmamış).

Demirmen, R, 196.5, Sincan (Zara-Divriği) 'bölgesinin jeolojisi:'MTA Rap. No: 5127 (yayınlanmamış).

Dickinson, W.R., and Suczek, C.A., 1979, Plate tectonics and sandstone composition: A,AP,G. Bull, 63, 2164-2182.

Dickinson, W.R., 1982» Composition and sandstone in circum pasifle subduction complexes and lore-arc bassins: A.A.P.G. Bull, 66, 121-127.

Dickinson, W.R., Beared, L.S., Biankenrdge, G JR., Erjavcc, J.A., Ferguson, R.C., Inman, K.F., Knepp, R.A., Lindberg, F.A., and Ryberg, P.T.,. 1983, Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting: Geol Soc. Amer. Bull., 94, 222-235...

Folk, R.L., Andrews, and Lewis, D.W., 1970, Detrital sedimentary rock classification and nomenclature for use New Zcland: N.Z.J. Geol Geops., 12.

Gökçen, SX., 1981, Zara-Hafik güneyindeki paleojen istifinin sedimantolojisi ve paleocoğrafik evrimi: Yerbilimleri, 8,1-25.

Gökçen, S.L., 1982, Zara-Hafik (SE Sivas) ve Refahiye (SW Erzincan) bölgeleri Eosen filisinin sedimanter petrolojik karşılaştırılması: Yerbilimleri, 9,141-147.

Gökçen, S.L., and Kelling, G., 1985, Oligocène deposits of -the Zara-Hafik region (Sivas-Central Turkey): Evolution from, storm-influenced shelf to evaporitic basin.: Geologische Rundschau 74/1,139-153.

Kurtman, F., 1961, Sivas-Divriği arasındaki sahanın jeolojisi ve jipsli seri hakkında müşahedeler: MTA Derg., 56,14-25...

Kurtman, F., 1973, Sivas-Hafik-Zara ve İmranlı bölgesinin jeolojik, ve tektonik yapısı: MTA Derg., 80,1-32.

Neberit, K., 1956, Sivas Vilayetinin Zara-İmranlı mntıkasındaki jips serisinin, stratigrafik durumu hakkında: MTA Derg., 48,76-82,

Norman, T., 1964, Celalli (Hafik) bölgesinin genel jeolojisi: MTA Rap., No: 4114, (yayınlanmamış).

Travis, R.D., 1970, Nomenclature for sedimentary rock: A./EP.G. Bull, 54,1095-1107.

Van Andel, T.J.H., 1958, Origin and classification of Cretaceous, Paleocene and Eocene sandstone of Western Venezuela: A,AP,G., Bull., 42, 734-763.

## ÇAMBAŞI (TRABZON-ÇAYKARA) BARAJ YERİ TEMEL KAYASININ JEOMEKANİK ÖZELLİKLERİ\*

*Geomechanical properties of foundation rock of the Çambaşı (Trabzon-Çaykara) dam site*

Fikri. BULUT K.T.Ü. Müh. Mim. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü, TRABZON  
Fikret TARHAN K.T.Ü. Müh. Mim. Fak., Jeoloji Müh. Bölümü, TRABZON

ÖZ: Çambaşı baraj yeri, Trabzon iline bağlı Çaykara, ilçesinin. 7 km güneyinde. Solaklı Deresi üzerinde bulunmaktadır. Baraj yeri temel kayasını metabazalt oluşturmaktadır.

Bu araştırmada, metabazaltın litolojik yapısal, fiziksel, mekanik ve elastik özellikleri saha ve laboratuvar çalışmalarıyla belirlenmiştir.

Saha ve laboratuvar bulguları kullanılarak metabazalt, mühendislik amaçları için değişik açılardan sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmalara göre, metabazalt genellikle orta ve iyi kaliteli, sık çatlaklı, düşük poroziteli, çok sert, yan ve az geçirir, yüksek, ve çok yüksek, dirençli ve orta modül oranlıdır. Ayrıca metabazaltın içerdiği süreksizlikler orta ve geniş açıklıklı olup, yüzeyleri hafif ve orta pürüzlüdür.

Metabazaltın fiziksel, mekanik ve elastik özellikleri, arasında genellikle lineer ilişkiler bulunmaktadır. Bu özelliklere göre hesaplanan maksimum anizotropi değerleri, metabazaltın izotrop kabul edilebileceğini göstermektedir.

ABSTRACT.: Çambaşı dam, site is located on the river of Solaklı, 7 km south of Çaykara town in the province of Trabzon. Foundation rock of the dam site is metabasalt.

In this investigation, lithological, structural, physical, mechanical and elastic properties of this metabasalt have been determined on the basis of field and laboratory works.

Using the results obtained from the field, and laboratory investigations, the metabasalt has been classified for various engineering purposes. According to these classifications, it is generally medium and well in quality, densely jointed, low in porosity, stiff and very stiff, semi and poorly permeable, high and extremely strong and average modulus ratio. In addition, the discontinuities in the metabasalt are intermediate and wide spaced, and their surfaces are slight and medium in roughness.

There are generally linear relations among physical, mechanical and elastic characteristics of the metabasalt. Maximum anisotropy values computed through these properties show that it can be accepted as isotropic in nature.

### GİRİŞ

Çambaşı baraj yeri, Doğu Karadeniz Havzasında, Trabzon iline bağlı Çaykara ilçesinin 7 km güneyinde ve Solaklı Deresi üzerinde bulunmaktadır (Şekil 1).

Çambaşı barajının temelden yüksekliği 118 m, kret uzunluğu 209 m, tipi ise çift eğrili ince kemer olarak planlanmıştır. Barajda depolanacak suyun iletim, tüneli ve denge bacası yardımıyla hidroelektrik santralına düşürülmesiyle yılda 180 milyon Kwh enerji üretimi öngörülmektedir (DSİ XXII, Bölge Müd, Rap.).

Bu araştırmada, baraj yeri temel kayasının

jeolojik, fiziksel mekanik ve elastik özellikleri saha ve laboratuvar çalışmalarıyla incelenmiştir. Saha çalışmalarında, yüzeylenmelerden ve baraj yerinde DSt. XXII. Bölge Müdürlüğüne açılan araştırma sondaj ve galerilerden yararlanılmıştır. Laboratuvar çalışmalarında ise baraj yerinden alınan kaya bloklarından birbirine dik yönde çıkartılan karot örnekleri kullanılmıştır. Karot örnekleri üzerinde yapılan deneylerde Türk Standarttan esas alınmıştır. Saha ve laboratuvar çalışmalarıyla, önce, baraj yeri temel kayasının mühendislik özellikleri belirlenmiş, daha sonra bu özelliklere göre temel kayası mühendislik amaçları için değişik açılardan sınıflandırılmıştır,

\* Bu araştırma Akdeniz Üniversitesi, İsparta Mühendislik Fakültesi, 6. Mühendislik Haftasında bildiri olarak sunulmuştur.

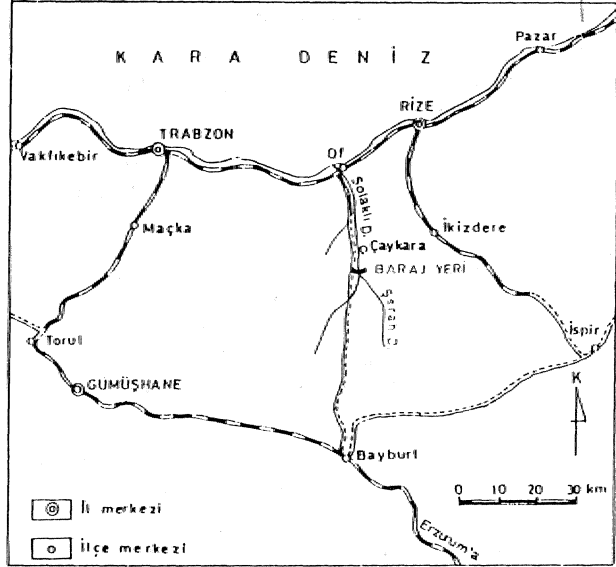
## BARAJ YERİ KAYAÇLARININ JEOLJİK ÖZELLİKLERİ

### Litolojik Özellikler

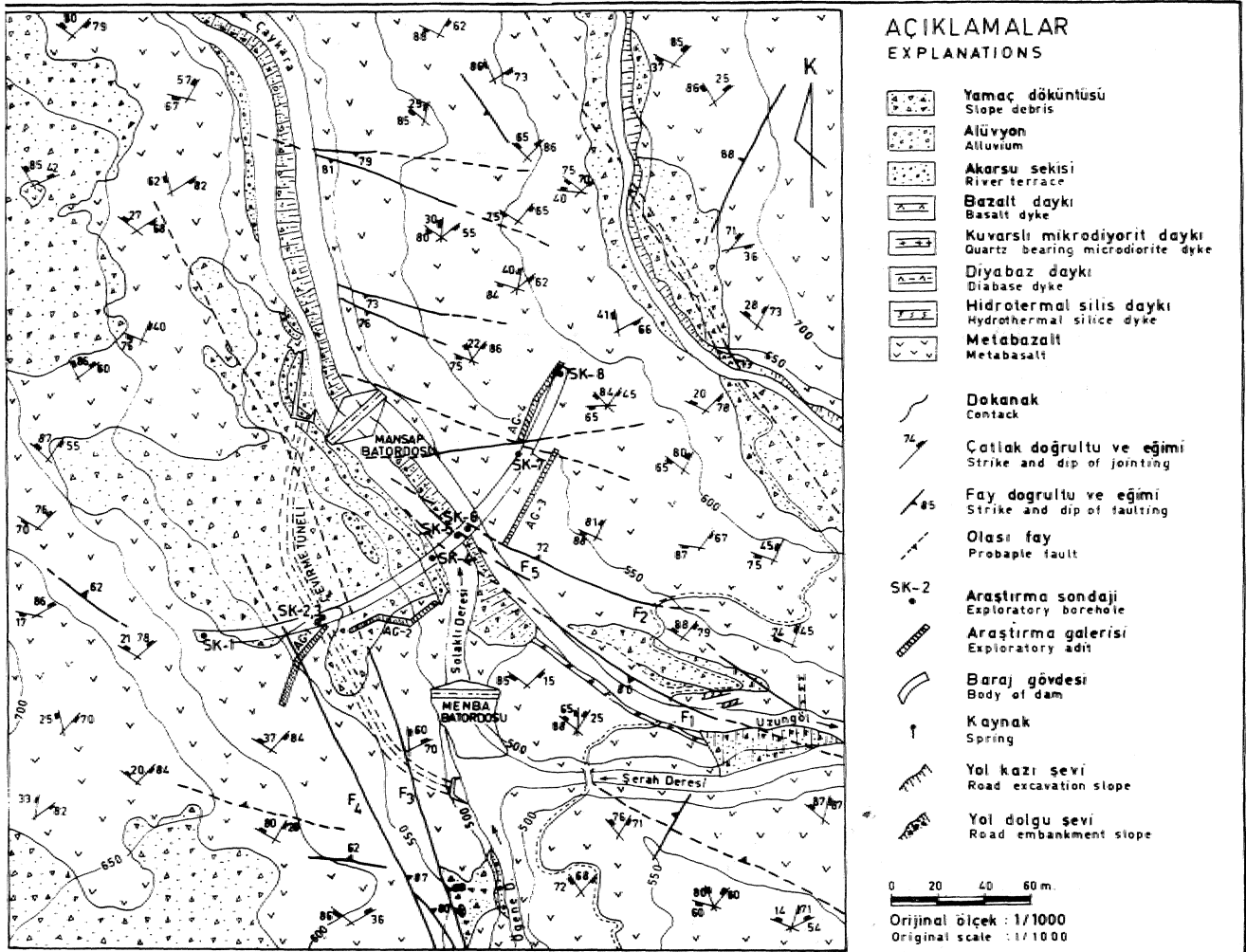
Çambaşı baraj yerinde metabazalt dayklar, akarsu sekisi, alüvyon ve yamaç döküntüsü yüzlenmektedir (Şekil 2).

Metabazalt; yeşilimsi gri renkte, ince taneli, sert boşluksuz ve çatlaklıdır. Bol miktarda epidot ve pirit saçınım halinde de piroin, kalkopirit çinkoblend mineralleri içerir. Metabazalt içerisinde çoğunlukla ağ şeklinde kalsit, pi rotin ve hidrotermal silis damarları bulunmaktadır. Metabazalttan alınan örneklerin ince kesitlerinde aktinolit, epidot, albitlemiş plajiyoklaz klorit, kalsit, zeolit ve opak minerallerin; kloritlemiş kalsitlemiş bir hamur maddesi içerisinde yeraldıkları gözlenir.

Metabazaltın yer yer metatüf seviyeleri içerdiği mikroskobik incelemeler sonucu anlaşılmıştır. Bunlar makroskopik olarak metabazalttan ayırt edilemezler. Metatüflerin ince kesitlerinde, çok ince taneli bir hamur maddesi içerisinde yer yer



Şekil 1 Baraj yerinin konum haritası.  
Figure 1 Location map of the dam site.



Şekil 2 Baraj yerinin jeoloji haritası.

Figure 2 Geological map of the dam site.



kırılmış ve parçalanmış plajiyoklaz kristal parçaları, çok bol miktarda epidot mineralleri ve az miktarda da ikincil olarak oluşmuş zeolit ve kalsit mineralleri izlenmektedir.

Metabazalt, diyabaz, kuvarslı mikrodiyorit, bazalt ve hidrotermal silis daylıklar tarafından kesilmiştir.

Akarsu sekileri; Solaklı ve Öğene derelerinin sol, Şerah deresinin ise sağ yamacında yüzeylenirler (Şekil 2). Seki malzemesi genellikle bazalt, metabazalt ve granit blok, çakıl kum ve sülterinden oluşmuştur. Sekilerin görünür kalınlığı 5 m kadardır.

Alüvyonlar; Solaklı, Şerah ve Öğene derelerinin vadi tabanlarında yer alırlar. Alüvyon malzemesi, seki malzemesiyle aynı özelliktedir. Alüvyon malzemesinin kalınlığı, baraj yerinde, dere yatağında açılan sondajlardan sağlanan verilere göre, 13.50-16.35 m arasında değişmektedir.

Yamaç döküntüleri; baraj yerinin yamaçlarında izlenirler. Çoğunlukla küşeli-sivri köşeli metabazalt bloklarından oluşmuşlardır. Yamaç döküntülerinin kalınlığı, sondaj verilerine göre 1-7.5 m arasında değişmektedir.

### Yapısal Özellikler

Baraj yerindeki kayaların yapısal unsurlarını çatlaklar ve faylar oluşturmaktadır. Egemen çatlaklar K65B/80GB; K10B/20GB; K32D/65GD doğrultu ve eğimindedirler. Baraj yerinde izlenen faylar gravite faylarıdır. Bunların en önemlileri F1, F2, F3, F4 simgeleri ile gösterilmiştir (Şekil 2). F1 ve F2 fayları baraj yerinin sağ, F3 ve F4 fayları ise sol yamacında bulunurlar. Yapısal unsurların (süreksizliklerin) diğer özellikleri, aşağıda sunulmuştur

### Kaya Kalitesi Özelliği (\* RQD)

Baraj yerindeki metabazaltın Kaya Kalitesi Özelliği sondaj karodan ve galerilerden sağlanan veriler kullanılarak, Deere (1963) ve Priest and Hudson (1976) tarafından verilen eşitlikler yardımıyla hesaplanmış ve elde edilen sonuçların dağılımı Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1 incelendiğinde metabazaltın genellikle "orta" ve "iyi" kaliteli kaya sınıfında yer aldığı görülmektedir.

### Çatlak Ara Uzaklığı ve Açıklığı

Metabazaltın içerdiği en önemli süreksizlikleri çatlaklar oluşturur. Çatlak ara uzaklığı ve açıklığı yüzeylenmelerde ve galerilerde aynı ölçülmüştür. Daha sonra, ölçülen çatlak ara uzaklığı ve çatlak açıklığı değerleri belirli aralıklarla sınıflandırılmış ve dağılımları incelenmiştir (Tablo 2-3).

Tablo 1 Metabazaltta RQD değerlerinin dağılımı,  
Table I Distribution of RQD values in the metabasalt

| Kaya türü                          | Metabazalt |        |                       |
|------------------------------------|------------|--------|-----------------------|
| Ölçülen yer                        | Galeri     | Sondaj | duvarları ; karotları |
| <b>Sınıflandırma (Deere, 1963)</b> | Değerler % |        |                       |
| <b>Kaya kalitesi RQD (%)</b>       | dağılımı   |        |                       |
| <b>Çok kötü</b>                    | <25        | 4.55   | 12.9                  |
| <b>Kötü</b>                        | 25-50      | 3.41   | 18.0                  |
| <b>Orta</b>                        | 50-75      | 23.68  | 29.7                  |
| <b>İyi</b>                         | 75-90      | 37.15  | 28.9                  |
| <b>Çok İyi</b>                     | 90-100     | 30.68  | 10.5                  |

Tablo 2 Metabazaltta çatlak ara uzaklığı değerlerinin dağılımı,..

Table 2 Distribution of joint spacing values in the metabasalt

| Kaya türü                          | Metabazalt |        |                       |
|------------------------------------|------------|--------|-----------------------|
| Ölçülen yer                        | Galeri     | Sondaj | duvarları ; karotları |
| <b>Sınıflandırma (Deere, 1963)</b> | Değerler % |        |                       |
| <b>Kaya kalitesi RQD (%)</b>       | dağılımı   |        |                       |
| <b>Çok sık</b>                     | < 5        | 14.2   | 7.6                   |
| <b>Sık</b>                         | 5-30       | 79.3   | 68.2                  |
| <b>Orta</b>                        | 30-100     | 5.4    | 20.5                  |
| <b>Seyrek</b>                      | 100-300    | 1.1    | 3.7                   |
| <b>Çok seyrek</b>                  | 300        | -      | 1.1                   |

Tablo 2 de görüldüğü gibi metabazalt "sık" çatlaklı kaya sınıfına girmektedir.

Tablo 3 teki dağılımlar ISRM (Lama ve Vucubari, 1978) tarafından çatlak açıklığına göre verilen, sınıflandırma ile karşılaştırıldığında, metabazaltın içerdiği çatlakların çoğunlukla "orta" ve "geniş" açıklıklı oldukları anlaşılmaktadır.

### Süreksizlik Dolguları

Metabazaltın içerdiği süreksizlikler yüzeyde çoğunlukla, dolgusuz olmasına karşın, yeraltında dolguludurlar. Süreksizliklenleki dolgu malzemesi türü kil, kayaç kırıntısı, ve hidrotermal silistir. DTA analizi sonuçlarına göre montmorillonit

Tablo 3 Metabazaltta çatlak açıklığı değerlerinin dağılımı.

Table 3 Distribution of joint aperture values in the metabasalt.

| Kaya tiri    | H e t a b a & a l t I                   |   |         |
|--------------|---|---|---------|
| Ölçüm yeri   | YBgeylemeler [ Galeriler ]              |   |         |
| Sınıf        | landitna                                | Çatlak açıklığı değerlerinin % dağılımı |         |
| CIS!« (1975) | Çatlak açıklığı değerlerinin % dağılımı |   |         |
| Tanımlama    | ^j'j                                    |   |         |
| Çok sıkı     | 0,1                                     |   |         |
| Sıkı         | 0,1-0,5                                 | ,-                                      | 1 / 7 I |
| Orta         | 0,5-2,5                                 | 57,6                                    | 83,6    |
| Geniş        | 2,5-10                                  | 33,1                                    | 12,6    |
| Çok geniş    | > 10                                    | 9,3                                     | 2,1     |

tülünde olan killer,, yer yer kay aç kinnüian içerirler. Killerin, kalınlığı **1-30** cm. arasında değişmektedir. Kalsit çoğunlukla ağ, bazen de kalınlığı 1-15 mm arasında değişen damarlar şeklindedir. Hidrotermal silis de çoğunlukla ağ, yer yer de kalınlığı **1-45** em arasında değişen damarlar şeklinde izlenir.

#### Süreksizlik Yüzeylerinin Pürüzlülüğü

Süreksizlik, yüzeylerindeki pürüzlülüğün saptanmasında Piteau (1973) nun saha gözlemlerine dayanan sınıflaması,, süreksizlik yüzeylerindeki dalgalanma açılarının belirlenmesinde ise Mogilevskaya (1974) nın önerdiği yöntem, kullanılmıştır.

Metabazaltın içerdiği süreksizliklerin yüzeyleri genellikle hafif ve orta pürüzlüdür. Süreksizlik yüzeylerindeki minimum, dalgalanma açısı 2°, maksimum, dalgalanma, açısı 6°, ortalama dalgalanma açısı ise 4°olarak hesaplanmıştır.

#### METABAZALTIN FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Metabazaltın fiziksel, mekanik ve elastik özellikleri.» baraj yerinden alınan, değişik boyutlu kaya bloklarının birbirine dik yüzeylerinden çıkarılan karat örnekleri üzerinde TSE esaslarına göre yapılan deneylerle saptanmıştır.

#### Metabazaltın Fiziksel. Özellikleri

Metabazaltın fiziksel özelliklerinden indeks özellikleri, sertliği ve geçirgenliği belirlenmiştir. Ayrıca, elastik dalganın metabazalt içerisindeki boyuna yayılma hızı saptanmıştır.

#### İndeks Özellikleri

Metabazaltın özgül ağırlığı (d), kuru, birim, hacim ağırlığı (Ak), doymun birim, hacim ağırlığı (Ad), yoğunluk, derecesi (k), porozitesi (p), ağırlıkça su emmesi (as),hacimce su emmesi (its) ve doymunluk derecesi (S) laboratuvarJa yapılan deneylerle saptanmış ve elde edilen, sonuçların ortalaması Tablo 4 te verilmiştir

Tablo 4 Mctabazaltın indeks özelliklerinin ortalama değerleri,..

Table 4 Mean values of index properties of the metabasalt.

| M u u m    | I H D C R S O I E L I K L E R I |                |      |     |      |                   |                    |
|------------|---------------------------------|----------------|------|-----|------|-------------------|--------------------|
|            | 6 i                             | û <sub>k</sub> | i 5  | i * | i p  | i as              | h <sub>s</sub> i s |
|            | fgr/cn3)                        | Igr/cra32'     | M    | \\  | \\   | (t)               | «%                 |
| Melabazalt | 2,90                            | 2,83           | 1^Bf | 97  | 3,44 | 0,10 <sup>+</sup> | 0,37 15,23         |

#### Sertlik (R)

Metabazaltın sertliği, Erguvan (1980) tarafından verilen yöntem kullanılarak kaya bloklarında, sondaj karoüan üzerinde ve galeri duvarlarında N tipi, Schmidt çekici ile ölçülen geritcpe sayılanna göre belirlenmiş ve elde edilen sonuçların ortalaması. Tablo 5 te gösterilmiştir.

Tablo 5 Metabazaltta Schmidt çekici geritcpe sayılarının ortalama değerleri.

Table 5 Mean values of Schimidt Hammer Rebound numbers in the mctabasalt.

#### Olafen I g a Ş g ^ " ^

|                  |    |   |
|------------------|----|---|
| Kaya blokları    | 54 | 1 |
| Sondaj karotları | 49 |   |
| Galeri duvarları | 59 |   |

Tablo 5 incelendiğinde, geritcpe sayılarının ortalaması kaya bloklarında 54, sondaj karotlarında 49, galeri duvarlarında ise 59 olduğu görülmektedir., Bu değerlere göre metabazalt, De Beer (1967) tarafından Schmidt çekici geritepme sayısına göre yapılan kaya sınıflamasında "çok sert" kaya sınıfında yer almaktadır.

#### Geçirgenlik

Baraj yerinde metabazalt ve alüvyon yüzeylenmektedir. Metabazaltın geçirgenliği baraj yerinde açılan sondajlarda yapılan tek lastik basınçlı su, alüvyonun geçirgenliği ise sızma deneyleri yardımıyla saptanmıştır.

Metabazalt ve alüvyona ilişkin geçirgenlik katsayılarının hesaplanmasında U.S. Bureau of Reclamation (1951) tarafından önerilen matematiksel eşitlikler kullanılmış ve elde edilen sonuçların dağılımı Tablo 6 da verilmiştir.

Tablo 6 Metabazalt ve alüvyonun geçirgenlik katsayısı değerlerinin dağılımı.  
Table 6 Distribution of permeability coefficient values of the metabasalt and alluvium..

| Kaya HUrifli | Geçirimi« | Geçirimi« | Geçirimi« | Geçirimi« | Geçirimi« |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Metabazalt   | 6.72      | 27.27     | 43.46     | 15.97     | 3.56      |
| Alüvyon      | -         | -         | -         | -         | 100       |

Tablo 6 da görüldüğü gibi, baraj yerindeki metabazalt geçirgenlik açısından genellikle "az" ve "yan" geçirir, alüvyon ise çok geçirimlidir.

### Elastik Dalga Yayılma Hızı

Elastik boyuna dalganın metabazalt içerisindeki yayılma hızı, laboratuvarında DIGI-EG-C2 ultrasonik deney aleti yardımıyla, elastik dalganın fâm ve doymun karot örneklerini geçme zamanlan ölçülerek hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 7 de sunulmuştur.

Tablo 7 Elastik dalganın kuru. ve doymun metabazalt içerisindeki yayılma hızlarının ortalama değerleri.

Table 7 Mean values of propagation velocities of elastic wave in the metabasalt.

| Kaya türü  | J <sub>g</sub> | J <sub>g</sub> | S.Sap. | S.Sap. | S.Sap. | S.Sap. | S.Sap. |
|------------|----------------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Metabazalt | 4729           | 89,31          | 489    | 7      | 95,    | 21     |        |
| Alüvyon    | 4679           | 89,31          | 489    | 7      | 95,    | 21     |        |

V<sub>k</sub>: Kuru metabazalt içerisindeki yayılma hızı...

V<sub>d</sub>: Doymun metabazalt içerisindeki yayılma hızı.

Tablo 7 incelendiğinde, elastik boyuna dalganın kuru haldeki, metabazalt içerisindeki yayılma hızı ortalaması 4717 m/sn, doymun haldeki metabazalt içerisindeki yayılma hızı ise 4915 m/sn olduğu görülmektedir.

### Metabazaltın Mekanik ve Elastik Özellikleri

Baraj yeri temel kayasını oluşturan metabazaltın mekanik ve elastik özelliklerinden nokta yük, basınç ve çekme dirençleri, statik ve dinamik elastisite modülleri ve Poisson oranı saptanmıştır.

### Nokta Yük Direnci

Metabazaltın nokta yük direnci, barajı yerinde açılan sondajlardan alınan karot örneklen, araştır-

ma galerilerinden alınan şekilsiz örnekler ve kaya bloklarından laboratuvarında çıkarılan karot örnekleri üzerinde Bieniawski. (1975) ve Türk (1986) tarafından verilen metodlar gözönüne alınarak yapılan deneylerle ayrı ayrı belirlenmiştir.

Deney sonuçlarına göre, sondaj karotlarından elde edilen nokta yük direnci ortalama 90 kg/cm<sup>2</sup>, şekilsiz örneklerden elde edilen, nokta yük direnci ortalaması 96 kg/cm<sup>2</sup> Jcaya bloklarından çıkarılan karot örneklerinden sağlanan nokta yük direnci ortalaması ise 112 kg/cm<sup>2</sup> dir. Ortalama değerler gözönüne alındığında, metabazaltın Bieniawski (1973) tarafından nokta yük direncine göre verilen kaya sınıflamasında "çok yüksek" dirençli kaya sınıfına girdiği anlaşılmaktadır.

### Tek Eksenli Basınç Direnci (σ<sub>b</sub>)

Metabazaltın tek eksenli basınç direnci, kaya bloklarından çıkarılan karot örnekleri üzerinde gerçekleştirilen deneylerle araştırılmış ve deney sonuçlarına göre hesaplanan değerler Tablo 8'de gösterilmiştir...

Tablo 8 Metabazaltın tek eksenli basınç direnci ortalama değerleri..

Table 8 Mean values of unconfined compressive strength of the metabasalt.

| Kaya türü  | Deney sayısı | Ortalama | Genel Ort. | En Easil |
|------------|--------------|----------|------------|----------|
| Metabazalt | 41           | 2438     | 2480       | 1005     |
|            | 26           | 2.562    | 2517       | 1076     |

Tablo 8'de görüldüğü gibi» metabazaltın tek eksenli basınç direnci ortalaması 2480 kg/cm'dir. Bu ortalama değer metabazaltın Deere (1968) in tek eksenli basınç direncine göre verdiği kaya sınıflamasında» "çok yüksek" dirençli kaya sınıfında yer aldığı göstermektedir.

### Çekme Direnci (σ<sub>t</sub>)

Metabazaltın çekme direnci» kaya bloklarından çıkarılan karot örnekleri üzerinde indirekt çekme (Brazilian) deneyi yapılarak belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9 Metabazaltın çekme direnci ortalama değerleri.

Table 9 Mean values of indirect tensile strength of the metabasalt

| Kaya türü  | Deney sayısı | Ortalama | Genel Ort. | En Easil |
|------------|--------------|----------|------------|----------|
| Metabazalt | 33           | 250      | 251        | 107      |
|            | 31           | 259      | 251        | 107      |

Tablo 9 incelendiğinde» metabazaltın çekme direnci ortalamasının 251 kg/cm<sup>2</sup> olduğu anlaşılmaktadır.

### Üç Eksenli Basınç Direnci

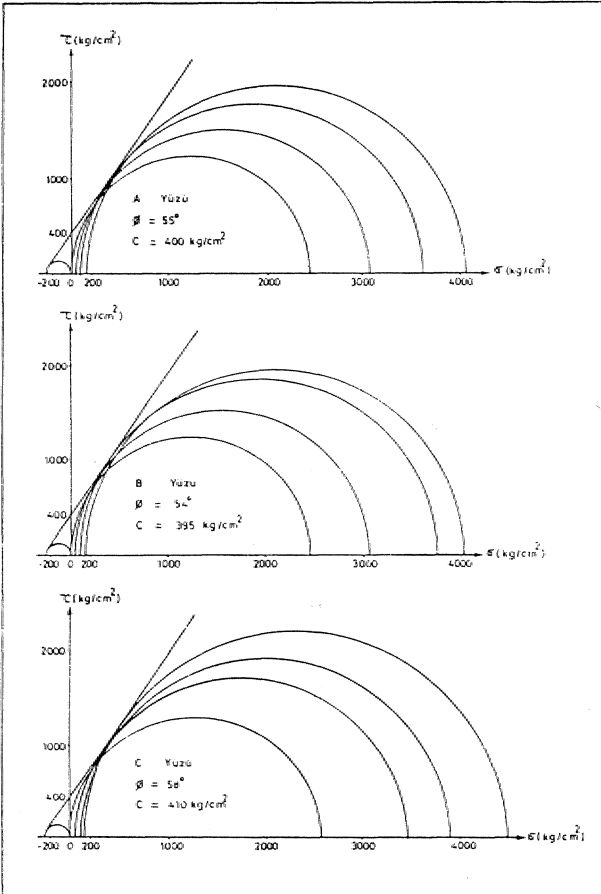
Metabazaltın kayma direnci parametrelerini (kohezyon ve içsel sürtünme açısı) saptamak amacıyla, kaya bloklarından çıkardın 31 mm çaplı karot örnekleri üzerinde üç eksenli basınç direnci deneyi yapılmıştır. Daha sonra, bu deney sonuçları ile çekme ve tek eksenli basınç direnci ortalama değerleri kullanılarak metabazaltla ilişkin Mohr Daireleri çizilerek, kırılma zarfları elde edilmiştir (Şekil 3). Kırılma zarfları yardımıyla da metabazaltın kohezyon (C) ve içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) değerleri bulunmuştur. Şekil 3 incelendiğinde, metabazaltın içsel sürtünme açısı ortalaması  $56^\circ$ , kohezyon ortalaması ise  $402 \text{ kg/cm}^2$  olduğu anlaşılmaktadır.

### Dinamik Elastisite Modülü (Ej)

Metabazaltın dinamik elastisite modülü, Youash (1970) tarafından silindirik örnekler için önerilen eşitlik kullanılarak hesaplanmış ve elde edilen değerlerin ortalaması Tablo 10'da sunulmuştur.

Tablo 11'de görüldüğü gibi metabazaltın dinamik elastisite modülü ortalaması  $6,4 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$  dir. Statik Elastisite Modülü ( $E_s$ ) ve Poisson Oranı ( $\nu$ )

Metabazaltın statik elastisite modülü ve Poisson oranı kaya bloklarından çıkardın karot örnekleri.



Şekil 3 Metabazaltta ait Mohr daireleri ve kırılma zarfları.  
Figure 3 Mohr circles and Mohr envelopes of the metabasalt.

Tablo 10 Metabazaltın dinamik elastisite modülü ortalama değerleri

Table 10 Mean values of dynamic elasticity modulus of the metabasalt

| Kaya türü  | Blok sayısı | Dinamik elastisite modülü (E <sub>d</sub> ) (kg/cm <sup>2</sup> ) | Poisson oranı (ν) | Genel elastisite modülü (E <sub>s</sub> ) (kg/cm <sup>2</sup> ) | En fazla anizotropi |
|------------|-------------|---|-------------------|---|---------------------|
| Metabazalt | A           | 6,41  | 0,35              | 6,40  | 1,01                |
|            | B           | 6,41  | 0,43              |   |                     |
|            | C           | 6,33  | 0,39              |   |                     |

üzerinde yapılan deneylerle saptanmıştır. Deneylerde SM-6Ü D Strain Indicator ve SS-12 R Switching and Balancing Box aletleri ile boydan 5 ile 10 mm arasında değişen "strain gauge"ler kullanılmıştır. Deneyler sonunda elde edilen veriler yardımıyla gerilme-birim deformasyon grafikleri çizilerek metabazaltın statik elastisite modülü ve Poisson oranı hesaplanmış ve bulunan değerlerin ortalaması Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11 Metabazaltın statik elastisite modülü ve Poisson oranı ortalama değerleri.

Table 11 Mean values of static elasticity modulus and poisson ration of the metabasalt

| Kaya türü  | Blok sayısı | Dinamik elastisite modülü (E <sub>d</sub> ) (kg/cm <sup>2</sup> ) | Genel elastisite modülü (E <sub>s</sub> ) (kg/cm <sup>2</sup> ) | Poisson oranı (ν) |
|------------|-------------|---|---|-------------------|
| Metabazalt | k           | 6   | 7,19x10 <sup>5</sup>  | 0,27              |
|            | a           | 1*05  |   |                   |
|            |             |   |   |                   |

Tablo 11 incelendiğinde, metabazaltın statik elastisite modülü ortalama  $7,19 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ , Poisson oranı 0,1313111381 ise 0,27 olduğu görülmektedir.

Statik elastisite modülünün saptanması için kullanılan karot örnekleri üzerinde, önce, dinamik elastisite modülünün belirlenmesi için deney yapılmıştır. Deney sonuçları kullanılarak hesaplanan dinamik elastisite modülü ortalaması  $7,24 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$  dir.

### FİZİKSEL, MEKANİK, VE ELASTİK ÖZELLİKLER ARASINDAKİ İLİŞKİLER

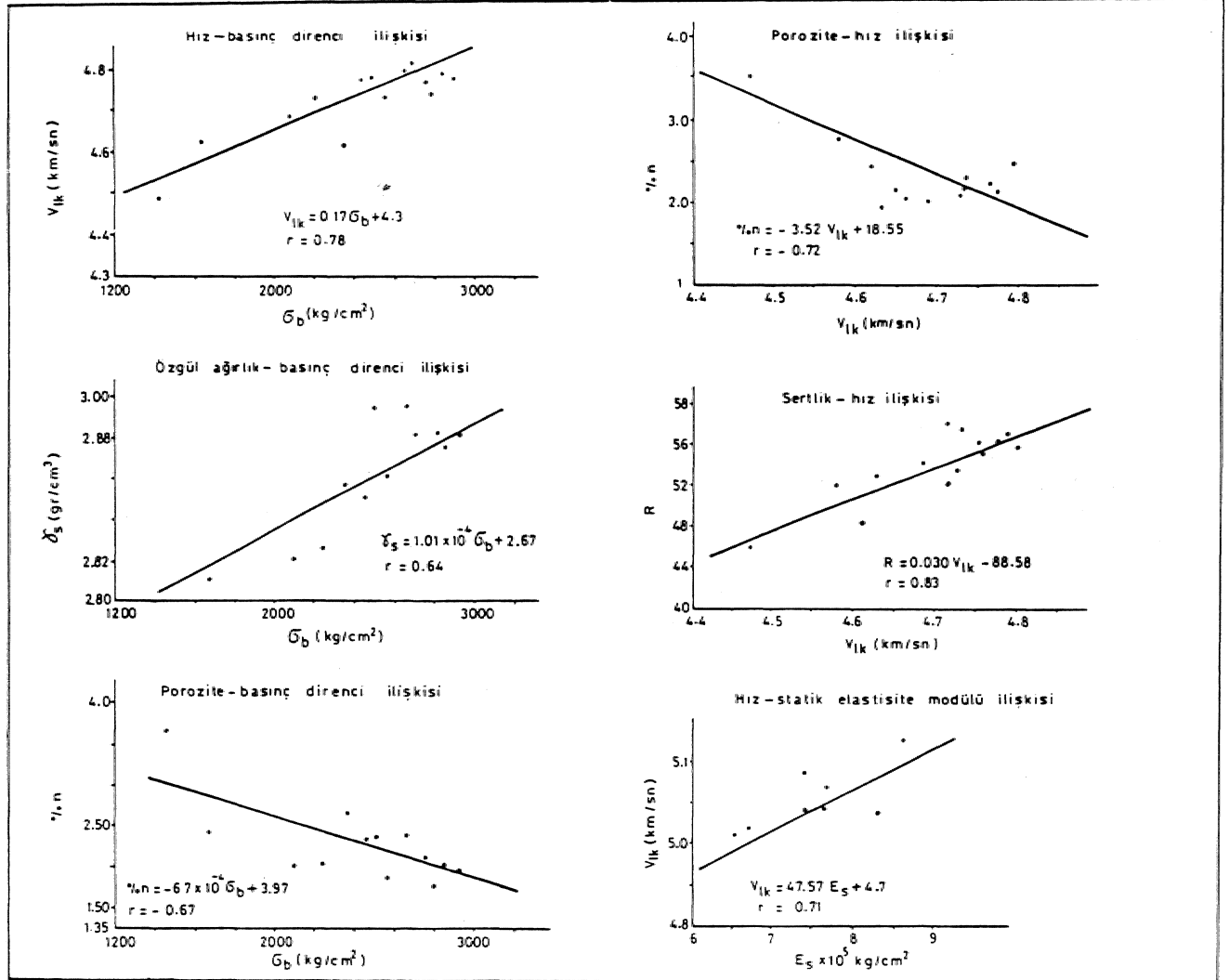
Metabazaltın fiziksel mekanik ve elastik özellikler arasındaki ilişkiler, kaya bloklarından çıkarılan karot örnekleri üzerinde yapılan, deneylerden elde edilen sonuçlar kullanılarak regresyon analizi ile araştırılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 4 ve 5'te verilmiştir.

Şekil 4 ve 5'te verilen grafikler incelendiğinde, metabazaltta; porozite-tek eksenli basınç direnci ile porozite-boyuna elastik dalga hızı arasında lineer azalan, diğer özellikler arasında ise lineer artan ilişkilerin bulunduğu görülmektedir.

Ayrıca, deney sonuçlarının genel ortalama değerleri gözönüne alınırsa, dinamik elastisite modülü/statik elastisite modülü = LOI, tek eksenli basınç direnci/nokta yük direnci = 22, tek eksenli basınç direnci/çekme direnci - ilişki anlaşılmaktadır.

Şekil 4 Metabazaltın fiziksel, mekanik ve elastik özellikleri arasındaki ilişkiler.

Figure 4 Relations between physical, mechanical and elastic properties of the metabasalt.



## SONUÇLAR

Baraj yeri temel kayasını oluşturan metabazalt genellikle orta ve iyi kaliteli ve sık çatlaklıdır. Çatlaklar orta ve geniş açıklıklı olup, çatlak yüzeyleri, hafif ve orta pürüzlüdür. Süreksizlik yüzeylerindeki dalgalanma açısı ortalaması 4 derecedir. Süreksizlikler çoğunlukla montmorillonit türü kil mineralleriyle dolguludurlar.

Metabazalt düşük poroziteli, çok sert, az ve yan geçirimi, yüksek ve çok yüksek, dirençli, orta modül oranlıdır.

Metabazalt, fiziko-mekanik özellikleri açısından izotrop kabul edilebilecek özelliktedir.

Metabazalt fiziksel mekanik ve elastik özellikleri arasında lineer ilişkiler vardır,

## DEĞİNİLEN BELGELER

Bieniawski, Z.T., 1973, Engineering classification of jointed rock masses. The civil engineering in south Africa, Dec. 335-343...

Bi.ניה.wski, Z.T., 1975, The point load test in geomechanical practise. Engineerings Gcol. 9,1-11.

Bureau of Reclamation., 1951, Permeability tests using drill holes and weis, Geology Report No. G-97, Denver» USA.

De Beer, J.H., 1967» Subjective classification of the hardness of rocks and the associated shear strength. Proc. 4th Reg., Cong. Af., Soil Mech. Found., Eng. 396-398, Capctawn.

Deere, D.U., 1963, Technical description of rock cores for engineering purpose Rock. Mech. and Engng. Gcol. 1, 16-22.

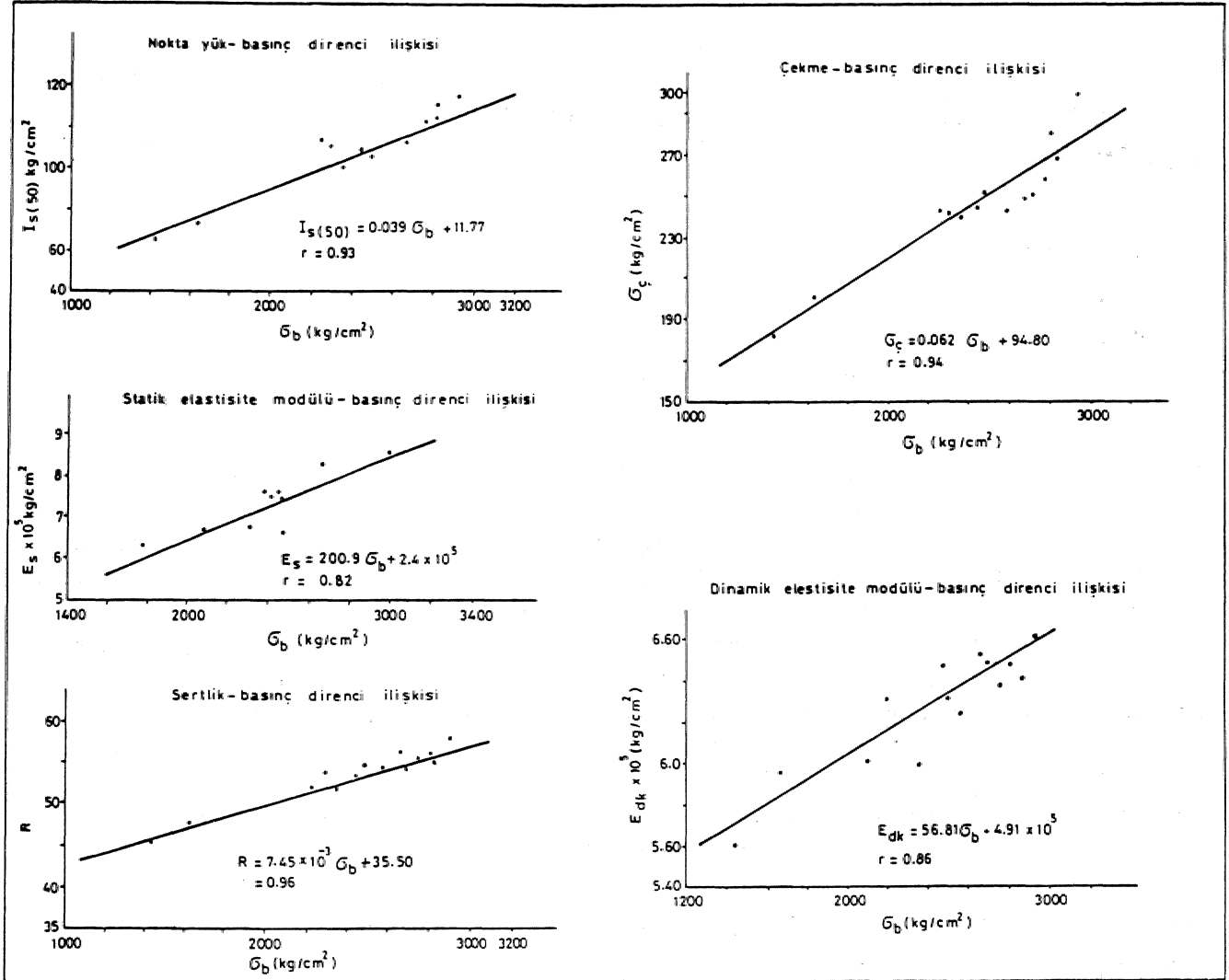
Deere, D.U., 1968, Geological considerations. Rock Mech. in Engng, practice, Wiley, 1-20, London» İngiltere,

DSİ» XXII. Bölge Müdürlüğü» 1984, Of-Solaklı Projesi, Çambaşı barajı Mühendisi ik Jeolojisi Planlama Raporu, (yayınlanmamış), Trabzon,

Erguvanlı, K., 1930, Kayaçların sertlikleri, sapt-

Şekil 5 Meta.bazal.tin fiziksel, mekanik ve elastik özellikleri arasındaki ilişkiler.

Figure 5 Relations between physical, mechanical and elastic properties of the "metabasalt".



ma yöntemleri ve mühendislikte önemi...  
Müh. Jeol. Bül. S. 3, 2-6, İstanbul.

Lama, R.D. ve Vutukuri, V.S., 1973, Handbook on Mechanical Properties of Rocks. Vol. IV» Trans, Tech., PupL Clausthal., 266.

Mogilevskaya, E.S., 1974, Morfology of joint surfaces in rock and its importance for engineering geological examination of dam foundations. The all-Union Scientific Research Institute of hydraulic engineering (VNIIG), Leningrad. Rusya.

Piteau, R.D.» 1973, Characterizing and extrapolating rock, joint properties in engineering practice. Rock Mech. Suppl. 2,5-3L

Priest, S.D. ve Hudson, AJ., 1976, Discontinuity spacing in rock. Int. J. Rock Mech. Min. Sei. and Geomech. Abstr. Vol. 13, 135-148.

TSE., Doğal yapı taşlarının muayene ve deney metodları. TS 699/Mart/1978,.. UDK. 691.2, Ankara.

TSE., Kayaçların tek eksenli basma dayanımlarının tayini. UDK 622.02., Ankara, 1975,..

TSE., Kayaçların üç eksenli basma dayanımlarının tayini. UDK. 622.02, Ankara, 1975..

TSE., Kayaçların elastisite modülünün ve Poisson oranının tek eksenli basma deneyi ile tayini. UDK 622.02, Ankara, 1975.

Türk, N., 1986» Nokta, yükleme deneyi sonuçlarını değerlendirme için önerilen yöntem, bir yöntem, Müh. Jeol. Bül. S. 9, İstanbul.

Youasfi, Y.Y., 1970, Dinamic physical properties of rock. Part-1, Theory and Production. Proc. 2nd Cong. Int., Soc. Rock Mech. 171-183, Belgrade.

# GÜNEY AFRİKA, PERMYEN YAŞLI WITBANK KÖMÜR TABAKALARININ SEDİMANTOLOJİK VE JEOKİMYASI\*

B. CAIRNCROS

R. I HART

J.P. WILLIS

Çeviren: Ertem TUNÇ ALI MTA Genel Müdürlüğü, Enerji Dairesi, ANKARA

**ÖZ :** Witbank kömür sahasında, kömür içeren Vryheid Formasyonunda yapılan sedimantolojik araştırmalar, Kömür/turba yatağının hem denizel, hemde denizel olmayan paleoyatadanma olaylarıyla ilgili olduğunu göstermiştir, Turba yığılmasının son aşamasında bataklık denizel transgresyonla su basmasına uğramış, torba (kömür) üzerine çamur ve silt depolanmıştır. Üste gelen bu çökeller tipik denizel özelliktedir ve glaukonit birlikte denizel iz (ichn) fosiller bir arada bulunur. Benzer stratigrafik durumlar, havzanın herhangi bir yerinde, torba bataklığının denizel, olmayan fluyval sistemler tarafından kaplanmasıdır ki 'buralarda iri kum ve çakıllar turba üzerinde yataklanmıştır. Bölgedeki 2, 4, 5 nolu kömür damarlarının jeokimyasal analizleri.. Nötron aktivasyon analiz cihazı (INAA) ve X-Ray floresans spektrometrisi ile gerçekleştirilmiştir. Bu analizler, kömür jeokimyasının, sedimantolojik yorumların tamamlayıcısı olduğunu gösterir. Bor, Mor, lityum ve brom gibi denizel çökeller içinde daha fazla yoğunlaşma eğiliminde olan elementler, denizel tabakalar tarafından örtülen kömürlerin üst kısımlarında, denizel olmayan fluyval ardışıklar tarafından örtülen kömürlere göre daha fazla yoğunluk gösterir.

Bu açıklama, adı geçen elementlerin radyoaktiviteyi arttırdığını göstermez. Çok değişkenli diskriminant analizler kullanılarak, kömür tabakalarının iz element bileşimleri, bu tabakaların daha iyi tanınmasındaki yollar sağlamış olur. Spesifik bir sahadaki her bir kömür daman parçası ona ait bir iz element bileşime dayanılarak, tanımlanmasına izin verir., Eğer, kömür sahasında bilinmeyen alanlar araştırılacak olursa» paleoyatadanmanın» stratigrafik dizilimine ilişkin bilgilerle birlikte, sayısal jeokimya analizleri kömürlerin daha çabuk tanınmasına yardımcı olur,

## GİRİŞ VE METODLAR

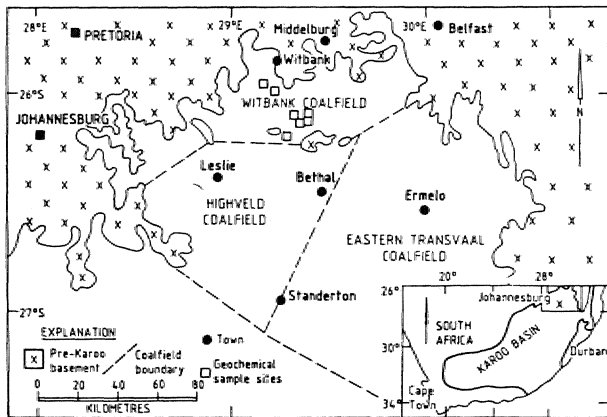
Güney Afrika'da. Johannesburg^ yaklaşık 100 km kadar doğusunda bulunan Witbank kömür sahasında birkaç yıldan beri. kömür (Şekil 1) ve komşu kayalar için sedimantolojik çalışmalar düzenlenmiştir., Bu kömür sahası, Cumhuriyetin toplam, kömür rezervlerinin 1/5 ini kapsar ve en büyük yatak olması, nedeniyle ilin enerji, ve ihraç rezervini sağlar.

Kömür içeren birimler Alt Permyen yaşlıdır ve Htostratigrafik özelliklerine göre Ecca Grubunun Vryheid Formasyonu olarak ayırtlanmıştır, Kumtaş» konglomera» silttaş» şeyi ve diamiktit'ten oluşan istif içerisinde 6 adet kömür daman vardır. Tüm formasyonun kalınlığı 200 m. yi nadiren aşar. Kömür Dam arlan tabanda (1), tavanda (6) olmak üzere numaralandırılmıştır ve bölgede 2, 4, 5 nolu damarlar işletilmektedir (Şekil 2).

\* "International Journal of Coal. Geology" Dergisinin. Aralık 1990 da yayımlanan Vol: 16 No: 4 te 309-323'ncü sayfalar arasında yer alan makaleden çevrilmiştir.

Çeşitli disiplinlerin çalışmalarına ek olarak sedimantoloji ve jeokimya çalışmaları, çökel kayalar ve bunlarla birlikte bulunan kömürlerin yataklarına ortamlarının yorumlanması üzerine toplanmıştır. Elde edilen veriler, somadan yataklanma ortamlarının oynadığı rolün tayin edilmesi ile, ilk olarak kömür damarının yayılım ve kalınlığı, ikinci olarak kömür kalitesinin tanımlanmasında kullanılmıştır.

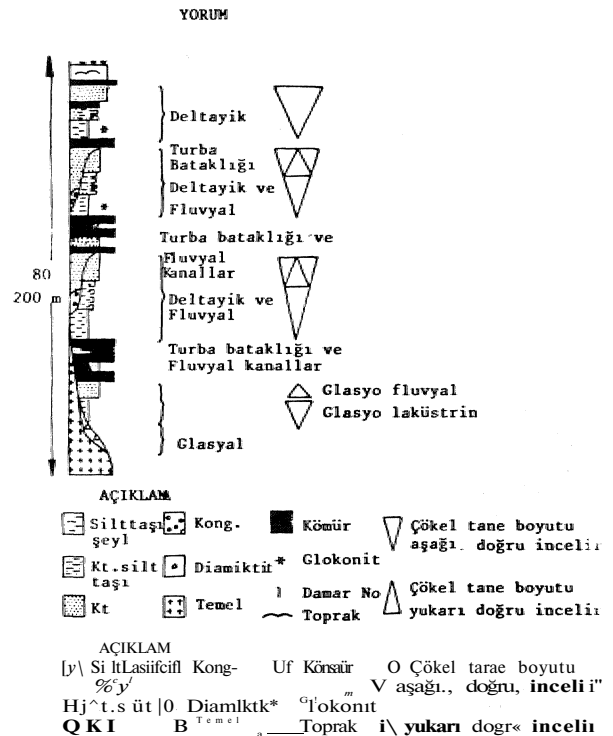
Bu çalışmaların uygulanması, kömür formasyonları ve bununla birlikte bulunan komşu kayaların orijinlerinin anlaşılmasında çok önemli rol oynamıştır. Özellikle kömürün kapsadığı esas ve tali elementler (demir, alüminyum, silis, kalsiyum, fosfor, sodyum, potasyum) ve bunların kömürün yanma özelliğine olan etkileri, yapılan araştırmaların temelini oluşturmuştur. Kömürdeki iz element bileşimlerine olan ilgi, özellikle çevre kirlenmesi probleminin büyümesiyle birlikte büyük oranda artmış ve bu nedenle kömürün orijininin, yorumlanmasında son zamanlarda iz element jeokimyası kullanılmaya başlanmıştır. Kömürü oluşturan belli başlı elementlerle iz element kapsamları, yalnızca kömürün yakılmasında değil, diğer fiziksel özellikleri olan sertlik, kırılabilirlik, cüruf ve fusion ısısını da etkiler. Bütün bunlar kömürün ister ısı kaynağı olarak yakıt üretiminde, ister cevherden metal üretiminde redüktan olarak kullanılsın, performansını etkiler. Bu konuda uzmanlaşmış bir çok kişi, çökeller içinde oluşan spesifik iz element konsantrasyonlarının yataklanma sırasındaki ortamların açıklanmasında kullanılabileceğini göstermişlerdir. Çökeller içindeki spesifik iz element konsantrasyonlarının depolanma sırasın-



Şekil 1 Witbank Kömür sahasının yeri ve jeokimyasal örnek yerleri.

daki ortamı işaret etmek için kullanılabileceği, bu konuda çalışan uzmanlar tarafından deneysel olarak gösterilmiştir. Bu düşüncenin dayanağı; bor, klor, lityum, kükürt ve vanadyum gibi bazı elementlerin, denizel kökenli çökellerde taüsu çökellere göre daha fazla konsantre olmalarıdır. Bu olaylar kömür madenciliği endüstrisinde pratik uygulama olanağına sahiptir. Örneğin bazı kömür damarlarının üzerini örten denizel tabakalarda denizel olmayan tabakalara göre daha fazla kükürt içeriğine sahiptir. Bu elemental-jeoloji ilişkisi, düşük kükürlü kömür araştırmalarında, arama aracı gibi görev yapabilir.

Geçen 20 yılda hem yüksek akışkanlı nükleer reaktörler ve hemde bununla ilgili nükleer detektör sistemlerin büyümesinde, bugün var olan potansiyel, iz element analitik tekniği aletsel nötron aktivasyon analizi (INAA) ve daha duyarlı olan kesin, iz element analitik tekniklerin ortaya çıkarılmasında büyük gelişmeler olmuştur. Bu, kömür gibi kar-



Şekil 2 Witbank kömür sahasındaki Vryheid Formasyonunun litolojilerini, Kömür damarları ve depolanma ortamının yorumunu gösteren, stratigrafik kolon. Örnekler discrimaat fonksiyon analizinde kullanılmak üzere 1, 2, 4 ve 5 nolu damarlardan türetilmiştir (Şekil 4-6). Denizel transgresyonlar, 2,4 ve 5 nolu kömür damarlarının üzerindeki şeyi ve silttaşı ile temsil edilir.



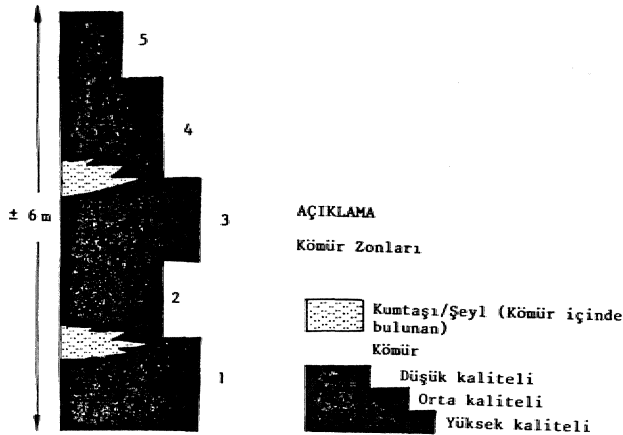
maşık matrikslerin analizi,, kolayca uygulanabilen INAA ile yapılır. Bununla birlikte, karbon matriksiyle onun homojen olmayan doğası» fiziksel ve kimyasal yapısı, örnek hazırlama ve örnek alımındaki hatalar için INAA'ya ek olarak daha çok iz element tekniği, önemli problemleri ortaya çıkarır.

Genellikle INAA için yalnızca 0,2 g kömür örneği alınır.. Kömürün çok fazla heterojen olmasından dolayı bütün kömür çalışmalarının böyle küçük bir örnek ile temsil edilmesi oldukça güçtür. Bu sebepten, güvenilir örnek eldesi için 3-4 kg lık oluk örneği derlenir. Bu örnek 20-40 mesh boyutuna getirilir. Daha sonra 50 g lık yanlanmış örnek 300 mesh boyutuna getirilerek bunun 0,2 g'ı INAA analizi için alınır.

Karbon matriksi, nötron akımına karşı saydamdır. Onun bu özelliği, kömür içinde çok sayıda elementin analizine olanak sağlar

Jeolojik malzemelerdeki esas, tali ve iz element, determinasyonunda, daha çok aletsel tekniklerin uygulandığı X-Ray floresans spektrometri (XRFS) yöntemi kullanılır. XRFS ile külsüz kömürde 32 element konsantrasyonu tanımlanmıştır. Külsüz olmanın avantajı; kömür öncelikle analiz edilmekte ve uçucu maddenin hiçbiri kaybolmamaktadır, böylece aynı maddeler hem INAA hem. XRFS yöntemleriyle analiz edilmektedir.

Her iki analiz yönteminin kullanılmasının 3 nedeni vardır. Birincisi; bazı elementler (Si, Al, Ti,



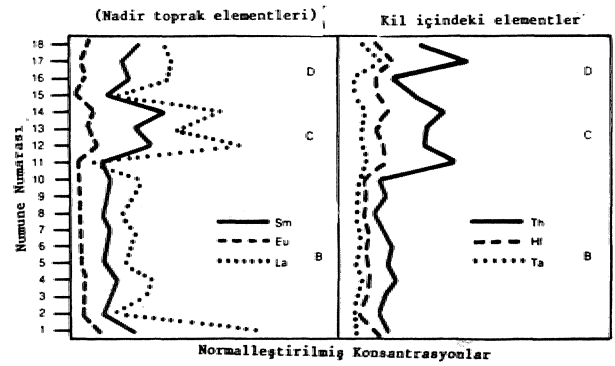
Şekil 3 Witbank kömür sahasındaki 2 nolu damann tipik kömür profili. Düşük kaliteli = % 25' kül, Orta. Kalite = % 25 kül, Yüksek kalite = % 10 kül

Ca, Mg, P, V, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Y, Zr, Ba, Pb) XRFS ile kesinlikle, INAA ile ise daha az tanımlanabilmektedir. Doğada nadir olarak bulunan, diğer elementler U, Hf, Ta, Co, Cs, Br, Sb ve As konsantrasyonlarının oluşumu, XRFS nin ayırma limitlerinin altında olduğundan, INAA ile daha kesin tanımlanabilir. İkincisi; bazı iz-element oranları (Zr/Hf ve Ni/Co), kömürün metamorfizması, yatahanma ve orijinleri hakkında önemli ipuçları verebilmektedir.. Her iki yöntemlede gerekli aynnulan elde etmek olanaklıdır, Üçüncüsü; her iki teknikle yapılan Co, As,, La, Th, Br, Se ve U analizleri farklı araştırmalar ve düzeltmelerin karşılaştırılmasına olanak vermekte ve böylece her zaman çok iyi kalitede sonuçlar sağlamaktadır.

#### YATAKLANMA ORTAMLARI

Tropikal ve nispeten ılık koşullarda oluşmuş kuzey yarım küresinin Karbonifer kömürleri, düşük ısıda buzul sonrası paleoklimatik bir rejimde oluşmuş güney yarımküre Fermiyen kömürlerinden farklıdır. Bu iki bölge kömürlerinin tiple (derece, rank, v,h.) farklıdır.

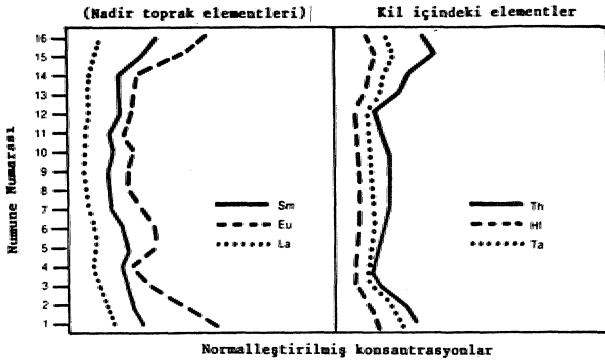
Kömürleşme sürecinde Gondwana kıtasının geniş alanları kontinental buz tabakası ile örtülmüştür. En alttaki 1 ve 2 nolu damarlar ve bunlarla birlikte bulunan çökeller (Şekil 2), kuzeye doğru



Şekil 4 2 nolu damann tabanından (Ömek No: 1) tavanına kadar (Ömek No: 18) olan. iz elementler dağılımı. Damanla şeylli kısmın temsil, edildiği 10 ve 15 nolu örnekler arasındaki değer artışı dikkat çekicidir.. Düşey eksendeki örneklerin (Şekil: 5 ve 6 da var olan) hebirisi damann tabanından, tavanına kadar, Şekil 3 deki tipik kesitte gösterildiği gibi, ortalama 30 cm lik kömür ve/veya kömür olmayan örnekleriyle temsil edilir.,

çekilen glasyeilerle aynı zamanda birikmişlerdir. Yüzen buzul tablalarının kanıtı olan, varlaşmış buzul gölü şeylleri ve damla taşlarını basenin kuzeyine doğru bulmak olanaklıdır. Buna ek olarak kömür petrografisi Ye paünolojisi bataklığın oluşumu sırasında buzul sonrası soğuk iklimin olduğunu gösterir.

Buzul tablalarının ileri doğru hareketinin taban topografyasını, etkilediği, bu topografya üzerinde de Vryheid Formasyonunun depolanmış olduğu, söylenebilir. Düzgün olmayan bu topografya en alttaki kömür damarı ve çökellerin dağılımını çok fazla etkilemiştir. Nehirler, vadilerin aşağılarında kanallar açmış, kuzeyin, kaynak sahalarından akarken taşıdıkları kum ve iri taneli çakıllar bu alanlarda depolanmış böylece oluşan, sığ-yatay uzanımlı geniş platformlarda turbalar birikmiştir. Klastik sedimanlar havzanın kuzey kanadında yeralan çoğunlukla granitik kayalardan türemiştir. Bu nehirler böylece daha sonra kömür sahasında bulunan ve arkozik litolojiye dönüşen yüksek feldspat kapsayan çökelleri taşımıştır., Turba, yığılması, bataklıkları parçalara ayıran nehirler tarafından sık sık kesilmiştir. Turba yatağıyla birlikte oluşan nehir kanalı ve kıyı ötesi sellenmelerin birbirine etkisi, 1 ve 2 nolu kömür damarlarının dağılımını ve kalitesini doğrudan etkilemiştir. Bu eş zamanlı nehir kanallarıdaki kum ve killeri, bataklıklarda kötü derecelenme ve kötü kaliteli kömürün sebebidir. Kömür damarlarının hem organik hem inorganik birleşmelerinde oluşan, iz elementler» bu fluyval işlemler nedeniyle kömürün kimyasal yapısını etkilemiştir. 1 ve 2 nolu kömür damarlarının glasyo-fluyval kumtaşı ve glasyal orijinli sediment kayaç topluluklarla birlikte bulunmasına karşın 3., 4, 5 ve



Şekil 5 Şekil 4 de gösterildiği gibi benzer elemental eğriler. Ancak profilde kırıntılı (kömürsüz) arakatıklar yoktur.

6 nolu kömür damarlarının üstünde Şekil 2 de gösterildiği gibi deltayık ve fluyval yatatanmalar birlikte bulunur. 4 ve 5 nolu damarların üzerinde bulunan çamurtaşı ve silttaşı birimlerinin glokoni içermesi (Şekil 2), bu birimlerin depolanma sırasında denizel bir ortamın varlığını düşündürmektedir.

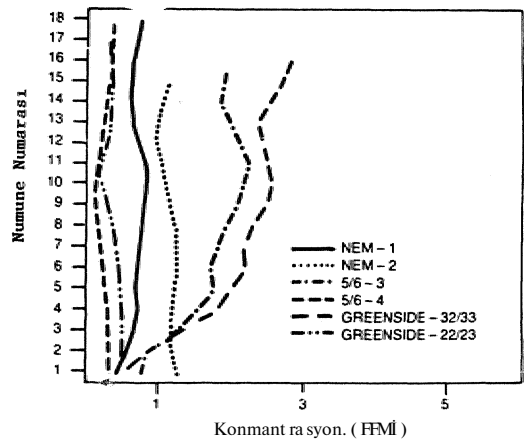
Buna ek olarak iz element toplulukları denizel ilişkiyi gösterir. Ayrıca Rhuzocorallüm, Skolifhos, Siphonicus ve Cruziana'da denizel oluşum için elde edilen, fazladan delillerdir.

Kömür sahasının, başka kısımlarında, kuzeyde havzanın merkezine yakın olan yerlerde olduğu gibi, denizel, olmayan fluyval kumtaşı doğrudan 3» 4, ve nolu damarların üzerine gelir. Denizel, arplit ağdalanmasının bulunduğu sahalarda tabakalar tipik olarak arkozik, çok kaba taneli, çakıllı ve kötü boylanmalıdır.

## 2 NOLU KÖMÜR DAMARI

2 nolu kömür damarı, sahasında işletilen damardır. Bu damarın 1 den 5'e kadar olan ortalama zon kalitesi Tablo 1 de gösterilmiş ve damarın sabit karbon, uçucu ve kalorifik. değerleri ASTM kömür sınıflandırmasına göre yüksek uçuculu (B) taşkömür derecesinde olabileceğini göstermiştir. Witbank kömür sahasındaki 2 nolu esas, tali ve iz elementleri Tablo 2 de listelenmiştir.

Tablo 2 deki veriler; maden ocağından alınan örnekler, Kazma makinasıyla. kömür aynasından alınan örnekler ve buna ek olarak Şekil 1 de gösterilen diğer lokasyonlardan alınan örneklerden, derlenmiştir.



Şekil 6 Altı ayrı mevkiiden, 2 nolu damarın içindeki brom dağılımı.. Bu altı ayrı mevki Şekil 1 de gösterilmiştir.

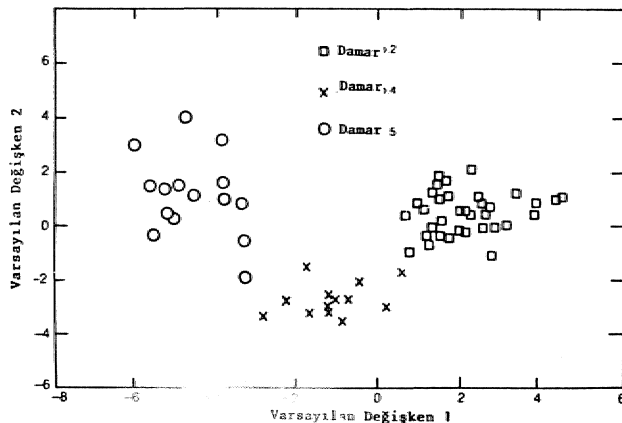
Tablo 1 Witbank kömür sahasındaki 2 nolu kömür damarının ortalama kaliteleri

| 2 Nolu Kömür Damarı | Ortalama Kalınlık (m) | Nem % | Kül % | Uçucu madde % | Sabit C | Kalorifik Değer (MJ/kg) |
|---------------------|-----------------------|-------|-------|---------------|---------|-------------------------|
| Zon 5 (Tavan)       | 1.00                  | 1.7   | 26.6  | 18.4          | 53.3    | 20.2                    |
| Zon 4               | 1.90                  | 2.3   | 19.2  | 20.4          | 58.1    | 25.5                    |
| Zon 3               | 0.80                  | 2.1   | 8.3   | 27.7          | 61.9    | 30.6                    |
| Zon 2               | 1.20                  | 1.9   | 18.3  | 21.3          | 58.6    | 26.6                    |
| Zon 1 (Taban)       | 1.20                  | 1.9   | 9.1   | 33.8          | 55.2    | 30.8                    |

Kömür sahası boyunca Cu, Ga, Se, Zr, Hf gibi bazı elementler küçük değişimler gösterirken Zn, Ge, Br, Cr, Co gibi diğerleri, ise çok büyük derecede değişim gösterirler.

2 nolu damarın tanımlanan 5 esas bandının kalitesini gösteren bilgiler Tablo 1 dedir. Bu iç bölünmeye ait bilgiler başka bir çalışmadan alınmıştır ve damarın genel stratigrafik bölümleri. (Şekil 3) de şematize edilmiştir. Genellikle damar, düşük kaliteli bir zon tarafından, örtülmüş yüksek kaliteli bir taban bandı kapsar. Bu üst üste bulunuş sırası,, ikinci yüksek kaliteli, düşük küllü birimin yukarıya doğru düşük kaliteli kömür tarafından örtülmesi gibi kömürün en üst düzeyine ulaşıncaya kadar devam eder. Kömür tabakasının üst bölümündeki düşey bozuşma, turba oluşum sürecinin son aşaması sırasında biriken, turbaya, üstte uzanan, transgresif silt ve kil karışımının etkisini yansıtır.,

Damardaki kömür kalitesinin değişimi, altta uzanan düzgün olmayan, topografya ile birlikte,, farklı sıkışma, havza duraylılığı, su tablasının değişmesi de dahil olmak üzere birden, fazla faktörün birbirine etkisi ve kombinasyonunun, ne-



Şekil 7 Witbank kömür sahasındaki 2, 4 ve 5 nolu damarlara ait kömür örneklerinin MDA'si.

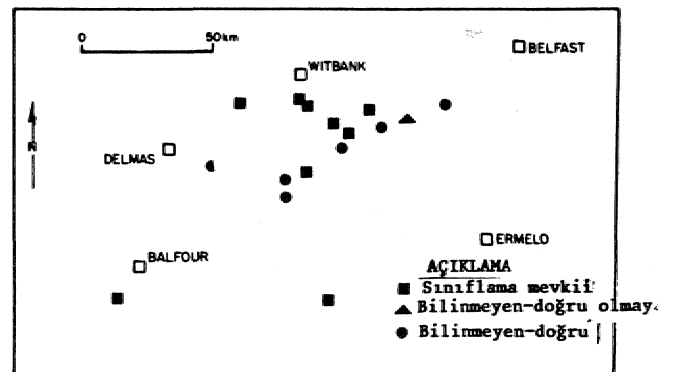
den olduğunu düşündürür.,

Damarın stratigrafisi iz element analizleriyle ortaya çıkarılmıştır. 2 nolu damarın içindeki iz element dağılımı kömür tarafından, örtülen klastik materyalin varlığına veya yokluğuna bağlıdır.

Şekil 4 de gösterildiği gibi bir kesitte, 10 dan 15'e kadar olan örnek numaralan damarın şeylli kısmındadır ve bu kısımdaki yükselme nadir toprak elementlerine (REE) karşılık gelir. Buna karşın, şeyi veya kumtaşının olmadığı kömür damarının (REE) lerindeki küçük değişimler (Şekil. 5) de gösterilmiştir.

Şekil 5'in damar kesitinde, var olmayan ayraçlar ve (REE) örnekleri, taban, ve tavan hariç önemli değişiklik göstermez (Örnek 1 den 4'e ve 14 den 16'ya). Taban ve tavandaki bu artışlar, geçişli dokanaklar, düşen ve yükselen kömür bloklanndaki ara tabakalara karşılık gelir.

Brom (Br), organik özelliklere sahiptir ve konsantrasyonda genellikle düzgün ve dar bir sıralanma gösterir. Bununla birlikte yataklanma ortamının kimyasmdaki değişikliklere karşı duyarlıdır. Brom, genellikle tatlı suya göre deniz suyunda daha fazla bulunmasından dolayı denizden.



Şekil 8 Discriminant fonksiyon analizi kullanarak sınıflaması test edilen kömür damarları yerleri.

Tablo 2 Witbank kömür sahasındaki 2 nolu damarın işletildiği tarihteki esas ve iz elementleri

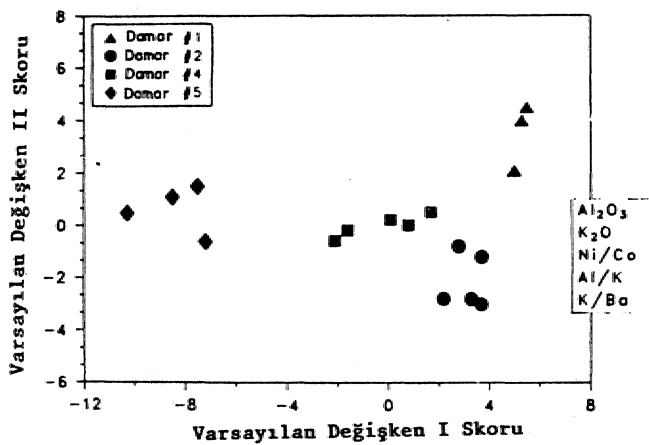
| WL %                           | Min.  | Max.  | Ortalama | n  | Metod |
|--------------------------------|-------|-------|----------|----|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 2.7   | 20.0  | 10.3     | 41 | XRF   |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.14  | 0.54  | 0.32     | 41 | XRF   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3.7   | 10.6  | 6.7      | 41 | XRF   |
| FeO                            | 0.38  | 3.8   | 1.1      | 41 | XRF   |
| MnO                            | 0.00  | 0.02  | 0.01     | 41 | XRF   |
| MgO                            | 0.03  | 0.82  | 0.30     | 41 | XRF   |
| CaO                            | 0.07  | 4.8   | 1.4      | 41 | XRF   |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.00  | 0.12  | 0.02     | 41 | XRF   |
| K <sub>2</sub> O               | 0.03  | 0.38  | 0.13     | 41 | XRF   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.00  | 0.66  | 0.21     | 41 | XRF   |
| S                              | 0.51  | 1.7   | 0.96     | 41 | XRF   |
| OrgM                           | 64.0  | 88.0  | 79.0     | 41 |       |
| <i>ppm</i>                     |       |       |          |    |       |
| As                             | 1.3   | 12.0  | 4.6      | 41 | INAA  |
| Ba                             | 91.0  | 763.0 | 358.0    | 41 | XRF   |
| Bi                             | <0.9  | 1.7   | 1.3      | 2  | XRF   |
| Br                             | <0.13 | 2.7   | 0.8      | 21 | INAA  |
| Co                             | 2.0   | 31.0  | 7.9      | 41 | INAA  |
| Cr                             | 1-2   | 60.0  | 28.0     | 41 | XRF   |
| Cs                             | 0.33  | 3.1   | 1.4      | 18 | INAA  |
| Cu                             | 5.0   | 20.0  | 9.7      | 41 | XRF   |
| Ga                             | 3.6   | 22.0  | 11.0     | 41 | XRF   |
| Ge                             | <0.5  | 22.0  | 2.1      | 37 | XRF   |
| Hf                             | 1.2   | 3.0   | 2.3      | 18 | INAA  |
| Nb                             | 1.2   | 15.0  | 7.9      | 41 | XRF   |
| Ni                             | 4.1   | 56.0  | 17.0     | 41 | XRF   |
| Pb                             | <1.7  | 20.0  | 10.0     | 37 | XRF   |
| Rb                             | 1.3   | 23.0  | 7.5      | 41 | XRF   |
| Sb                             | 0.24  | 1.9   | 0.47     | 18 | INAA  |
| Se                             | 2.3   | 12.0  | 6.5      | 41 | INAA  |
| Se                             | <0.4  | 1.8   | 0.9      | 29 | XRF   |
| ST                             | 50.0  | 871.0 | 363.0    | 41 | XRF   |
| Ta                             | 0.35  | 2.4   | 0.87     | 18 | INAA  |
| Th                             | 4.6   | 38.0  | 15.0     | 41 | INAA  |
| U                              | 1.2   | 9.3   | 4.0      | 41 | INAA  |
| V                              | "/    | 81.0  | 27.0     | 41 | XRF   |
| W                              | <2.1  | 6.3   | 3.9      | 11 | XRF   |
| Y                              | 5.8   | 30.0  | 17.0     | 41 | XRF   |
| Zn                             | 1.0   | 41.0  | 10.0     | 41 | XRF   |
| Zr                             | 34.0  | 170.0 | 96.0     | 41 | XRF   |
| La*                            | 9.7   | 63.0  | 26.0     | 18 | INAA  |
| Ce*                            | 22.0  | 83.0  | 47.0     | 18 | XRF   |
| Nd*                            | 9.6   | 38.0  | 20.0     | 18 | XRF   |
| Sm*                            | 1.9   | 10.0  | 3.9      | 18 | INAA  |
| Eu*                            | 0.26  | 1.1   | 0.58     | 18 | INAA  |
| Tb*                            | 0.25  | 1.1   | 0.55     | 18 | INAA  |

\*REEs

Tablo 3 "Taramlam.ası yapılacak örneklerden"  
"Learning samples"<sup>11</sup> türemiş sınıflama  
fonksiyonu kullanılarak» bilinmeyen kö-  
mür daman örneklerinin sınıflaması  
Şekil 9 da gösterilmiştir.

Kömür damarları içindeki sınıflama oranı

| Mevkii/damar | Damar1 | Damar2 | Damaı4 | Damar5 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|
| 1/Damar 2    | 0      | 98     | * 2    | 0      |
| 2/Damar2     | 100    | 0      | 0      | 0      |
| 2/Damar4     | 0      | 1      | 99     | 0      |
| 2/Damar5.    | 0      | 0      | 0      | 100    |
| 3/Damar2     | 0      | 97     | 3      | 0      |
| 3/Damar2     | 99     | 1      | 0      | 0      |
| 3/Damar4     | 0      | 2      | 100    | 0      |
| 3/Damar4     | 0      | 0      | 100    | 0      |
| 4/Damar2     | 0      | 95     | 5      | 0      |
| 5/Damar2     | 0      | 100    | 0      | 0      |
| 5/Damar2     | 0      | 97     | 3      | 0      |
| 6/Damar 1A   | 0      | 2      | 98     | 0      |
| 6/Damar 2 A  | 0      | 1      | 99     | 0      |
| 6/Damar 2    | 99     | 1      | 0      | 0      |
| 6/Damar 2    | 0      | 17     | 83     | 0      |
| 6/Damar 4L   | 0      | 89     | 11     | 0      |
| 6/Damar 4U   | 0      | 0      | 100    | 0      |



Şekil 9 Witbank ve Highveld kömür sahasındaki  
(yıkılmış örnekler) kömür damarları  
üzerindeki Discriminant Fonksiyon Ana-  
lizi.

türeyen çökellerde zenginleşir, Deniz suyundaki  
ortalama Br konsantrasyonu 67 000 ppb, nehir suy-  
unda 20 ppb dir.. 2 nolu damann üzerindeki Br  
içeriğinin nispeten yüksek olması» bu damann üst  
kısımının hızla deniz transgresyonuna uğradığı  
şeklindeki sedimantolojik yorumlan destekleyici  
delil sağlar.

Şekil 6, 2 nolu damar içindeki Br dağılımını  
gösterir. Eğrilerden ikisi, tabandan tavana doğru  
Be değerindeki artışı gösterir., Turba yığılma za-  
manında, bataklik İdmyasmdaki düşey değişime  
karşılık, esasında batakliğin erken evresinde deniz-  
el olmayan, asidik ortamlar hüküm sürmüş bunu  
izleyen evrede damann. tavanına yakın kısım-  
larında transgresif havza suları ve daha çok deniz  
(yüksek pH) etkili olmuştur. Diğer sahalarda Br  
konsantrasyonu kalıntıları değişmemiştir (Şekil 6).  
Bu son anlatılan örnek yerlerinin üzerinde uzanan  
tabakalar denizel olmayan kumtaşlan olarak yo-  
rumlanmıştır.

Denizel transgresyon sonrası, bu özel kumtaşlan-  
nın etkisiyle altta uzanan turba, denizel, transgre-  
sif havza sularından korunmuş, böylece bu fluvyal  
kumtaşlan altında bulunan kömürün Br kapsamın-  
daki küçük değişimin, nedeni olmuştur..

#### MULHARIANT DISCRIMINANT ANALYSIS

<sup>11</sup> Çok değişkenli ayırma, analizi<sup>11</sup>

Kömürün sınıflandırılması ve özelliklerinin  
ayırılması için kullanılan MDA, iz element jeoki-  
myasının daha ileri uygulamasıdır., Tek tek damar-  
ların tanımlanması bu tekniğe açık bir örnektir.  
Anlaşıldığına göre, tek bir jeokimyasal parametre  
yokken, Witbank'in her damarının sınıflaması bi-  
linmeyen, örnekleri uygun bir kategori içerisinde sa-  
dece bu metodu ayırtılabilmıştır, Örneğin, Wit-  
bank, havzasının belli başlı üç damarının (No: 2,, 4  
ve 5) ortalama iz element kapsamları birbirine çok  
yakındır. Bununla beraber bu üç damarın discrimi-  
nant analizi, damarları iyi tanımlanmış gruplara  
ayırıştır (Şekil 7).

Discriminant fonksiyon analizinde çok  
başarıyla kullanılan elementler Co., Br ve nadir  
toprak elementleridir. Discriminant fonksiyon ana-  
lizinde örnek olarak kullanılan Witbank ve High-  
veld Kömür Sahalarındaki (Şekil 1) kömür damar-  
larının bazı esas ve iz elementleri (Şekil 8) de  
gösterilmiştir. Witbank. ve Highveld kömür saha-

lanndaki 1, 2, 4 ve 5 nolu damarlara ait örnekler dokuz ayrı mevkiiden toplanmıştır (Şekil 8).

Bu örnekler, bilinen damar içinde (correct seam), bilinmeyen örnekleri sınıflamaya yardım, için DFA kullanarak, bir sınıflama fonksiyonu oluşturmak için kullanılmıştır,

"Tanımlanması, yapılacak örnekler" (Learning Samples),, 1, 2» 4 ve 5 nolu damarlardan, bunların kimyasal bileşimlerdeki Al, K, Ni, Co ve Ba elementleri baz alınarak, birbirinden kolayca ayırt, edilmiştir (Şekil 9).. Her ne kadar. Şekil 9 da ve iki damar örnekleri arasında açık bir ayırım olsa da,, bu 2 ve 4 nolu damarları ayırmak oldukça güçtür

Sahada 6 ayrı mevkiideki örnekler,, türetilmiş sınıflama fonksiyonunun doğruluğunu, ve uygulanabilirliğini test etmek üzere kullanılmıştır. Bütün bu yerlerin, birinde (No 6), örneklerin biri. yanlış sınıflandırılmıştır (Tablo 3).- Her ne kadar örneklerin ikisi 2. damardan çok 1. damar gibi sınıflandırılmışsada, diğer 5 mevkiideki örneklerin çoğu. doğru, sınıflandırılmıştır. Eğer,, kömür damarının altındaki ve üstündeki istiflenme ve fasiyes birliklerinin dokümantasyonu yapılır» sonra jeolojik, jeokimyasal ve istatistik! veriler birleştirilirse kömür damarlarının tanımlanması daha çabuk yapılabilecektir.

## SONUÇLAR

Sedimentolojik araştırmalar, kömür ve onunla birlikte bulunan çökel kayaçların orijin, dağılım ve oluşumu esaslarının kavranmasını sağlar. Sedimentolojik. ve jeokimyasal verilerin, birleştirilmesi, kömürlerin kategorilendirilmesi ve bileşiminin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olur,. Örneğin, kömür bataklığına eşzamanlı fluvyal kanallar çökel taşıma,» böylece kömür içersine giren klastik taneler onun kimyasını değiştirmiştir. Witbank bölgesindeki arkozik kumtaşı, kuzeydoğusundaki nehirlerin, kaynak sahalarının aslında granitik bölgeler olduğunun delilidir. Nitekim damarların mineralojisi, kaynak bölgenin mineralleri ve element bileşimleri, granitik. karanın benzer özelliklerini kuvvetli bir şekilde yansıtmaktadır.,

Spesifik iz elementler kömürlerin hem. organik hem inorganik bileşenlerinde birlikte bulunmuşlardır. Bazı elementlerin denizel çökelleme birlikte bulunma eğilimi, bölgeler için yapılan paleo ortamsal yorumları destekleyici veriler sağlar. Denizel transgresyonların stratigrafik durundan, tipik olarak denizel çökeller içinde yüksek konsantrasyonlar gösteren iz elementler ve sedimentolojik verilerden yorumlanmıştır.,

## ALTININ EKONOMİDEKİ YERİ VE PAZARI

Gönül ÇETİNEL MTA Genel Müdürlüğü, Fizibilite Dairesi, ANKARA.

### GİRİŞ

Yüzyıllardan beri değerini ve önemini arttırarak koruyan- altın, insanlık tarihinde kullanılan en eski metallere biridir.. Çağlar boyu zenginliğin simgesi olan altın; geçmişte çoğunlukla para malzemesi olarak düşünülmüşse de» günümüzde yatırım aracı olarak, kuyumculukta ve hızla yaygınlaşan endüstriyel kullanımıyla önemini korumaktadır.

### Genel Bilgiler

insanlığın varolduğu, günden bugüne kadar kişi ve toplumlar üzerinde büyük ve önemli bir yere sahip olan altın; parlak, san, yumuşak, kolayca şekil verilebilen, kim.yasal maddelere karşı ineri, korozyona uğramaz, sülfürlenme ve oksitlenmeye karşı dirençli, elektrik ve ısı iletkenliği yüksek, iyi yansıtıcı bir metaldir. Özgül ağırlığı. 19.03 gr/cm.3, sertliği 2,5-3 arasındadır. Çok yumuşak olduğundan, genellikle sertliği ve dayanıklılığını arttırmak, için bakırla alaşım yapılarak kullanılır.

En eski ve yaygın kullanımı kuyumculuğun, yanı sıra,, para ve madalyon basımında, altın kaplama ve süs işlerinde, elektronik sanayiinde, diş hekimliğinde ve diğer endüstriyel alanlarda kullanılan altının alım ve satımında troy ons veya kg ölçü birimi, olarak kullanılır. 1 troy ons 31.1 gram ağırlığa karşı gelmektedir.

Altın; külçe» çubuk, tel, boru, yaprak ve altın para şeklinde ticarete konu olmaktadır. Ticari olarak kullanılan külçe altın (gold bullion) en. az 995 veya daha yukarı saflıktadır. Altın, 25 jim' çapa. kadar tel ve çubuk, ayrıca 25 jim'a kadar haddelenmiş ürünler halinde de ticarete konu olmaktadır.. Altın için saflık» alaşım içindeki altın metalinin alaşım ağırlığına oranı olup» binde olarak tanımlanır. Örneğin 1000 saf altın saf altındır., Yani % 100 altındır., Altın saflığını göstermenin diğer bir yolu ayar (karat) sistemidir. Bu sistemde 24 ayar (24 A) altın 1000 saflıktadır. Yani saf altındır» % 100 altındır, Aynı şekilde 14 ayar altın, 585 saflıktadır (14/24) ve % 58,5 oranında altın içermektedir.

### Uluslararası ödemelerde altının, yeri

İnsanlar altını tanıdıktan sonra, bu kıymetli madeni para olarak kullanmaya başlamışlar ve ilk altın para M.Ö. 1300 yıllarında Likya Kralı Krezüs tarafından, yaptırılmıştır. Altın, yüzyıllar boyu,, 19. yüzyıla kadar para olarak, kullanılmış,, ancak üretiminin zor ve sınırlı olması» altına bağlı yeni sistemlerin aranmasına neden olmuştur. 19. yüzyılda altın sikke (altın para) sistemi bırakılarak altın standardı sistemine geçilmiştir..

1870lerden I. Dünya savaşına kadar altın standardı sistemi, (bu sistemde ülkelerdeki altın rezervi, iç para. arzına eşittir) uluslararası para sisteminin temelini oluşturmuş, bu dönemde altın, para olarak paranın tüm fonksiyonlarını yerine getirmiştir. I. Dünya savaşının başlaması ile altın standardı yürürlükten, kalkmış ve milli paraların altın ile olan ilişkilerine son verilmiştir. !.. Dünya savaşından sonra yürürlüğe konulan ikinci altın standardı başarılı, sonuç vermemiş, 1940ların başlarına kadar çeşitli sistemler denenmiştir. II. Dünya savaşından sonra ABD'nin Bretton-Woods kasabasında 1944 Temmuz ayında 44 ülkenin katılımıyla imzalanan antlaşmayla "White Plan"kat)ul edilerek, uluslararası para sistemi olarak altın kambiyo sistemi (bu sistem altın standardı sisteminin geliştirilmiş bir şekli olup, altın, yanında konvertibl olan ulusal, paraların da uluslararası rezerv olarak kullanılmasıdır. Böylece altından tasarruf edilmiş olmaktadır) uygulamaya konulmuştur. Buna göre,, ABD dolarının değerini altına bağlıyor ve 1 ons altının fiyatı 35 \$ olarak belirleniyordu. ABD Merkez Bankası çıkardığı dolar için % 25 altın stoku bulunduruyordu., Doların altın konvertibilitesi tamdı,, Böylece altın ve dolar dünya parası olarak kabul edilmiştir., 1958 yılına kadar bu sistem iyi işlemiştir, Sonraki yıllarda ABD'deki enflasyon, ödemeler dengesi açıkları ve bunların emisyonla kapatılmaya çalışılması dolara olan güveni sarsmış ve dolardan kaçışa neden olmuştun ABD'nin 1968 yılında aldığı önlemlerin beklenen, sonucu vermemesi ve 15 Ağustos 1971'de ABD'nin dolann altın konver-

tifoilitesini kaldimiasıyla attın kambiyo sistemi son bulmuştur., Dolar-altın ilişkisinde ABB' Merkez Bankasının % 25 altın karşılık bulundurma uygulamasına son vermesiyle ortadan kalkmış, 1971 Aralığında Smithsonion antlaşmasıyla da 1 ons altın. 38 \$ olarak tesbit edilmiştir.Bugün tüm dünyada tedavüldeki paralar allın karşılığı çıkartılan paralar olmayıp, Merkez Bankalarınca ülkelerin ekonomik dengelerine ve gelişmelere göre basılıp,» değişim, aracı, olarak altınla değil satın. alma, gücüyle ölçülür. Altın ise toplumların ekonomik yaşamında zenginlik ölçüsü» güven unsuru., spekülatif yönüyle ve endüstriyel kullanımıyla önemini-korumaktadır.

Allının geçmişte oynadığı likidite kaynağı rolü son derece önemli olmakla birlikte, bugün bu rolü giderek azalmaktadır. Altın üretiminin zor ve pahalı olması ile elde edilebilirliğinin sınırlılığı nedeniyle üretilen altının, ancak talebi karşılaya-

bilmesi,-var olan altın stoklarının zamanla uluslararası likidite ihtiyacını karşılayamamasına neden olmuştur.

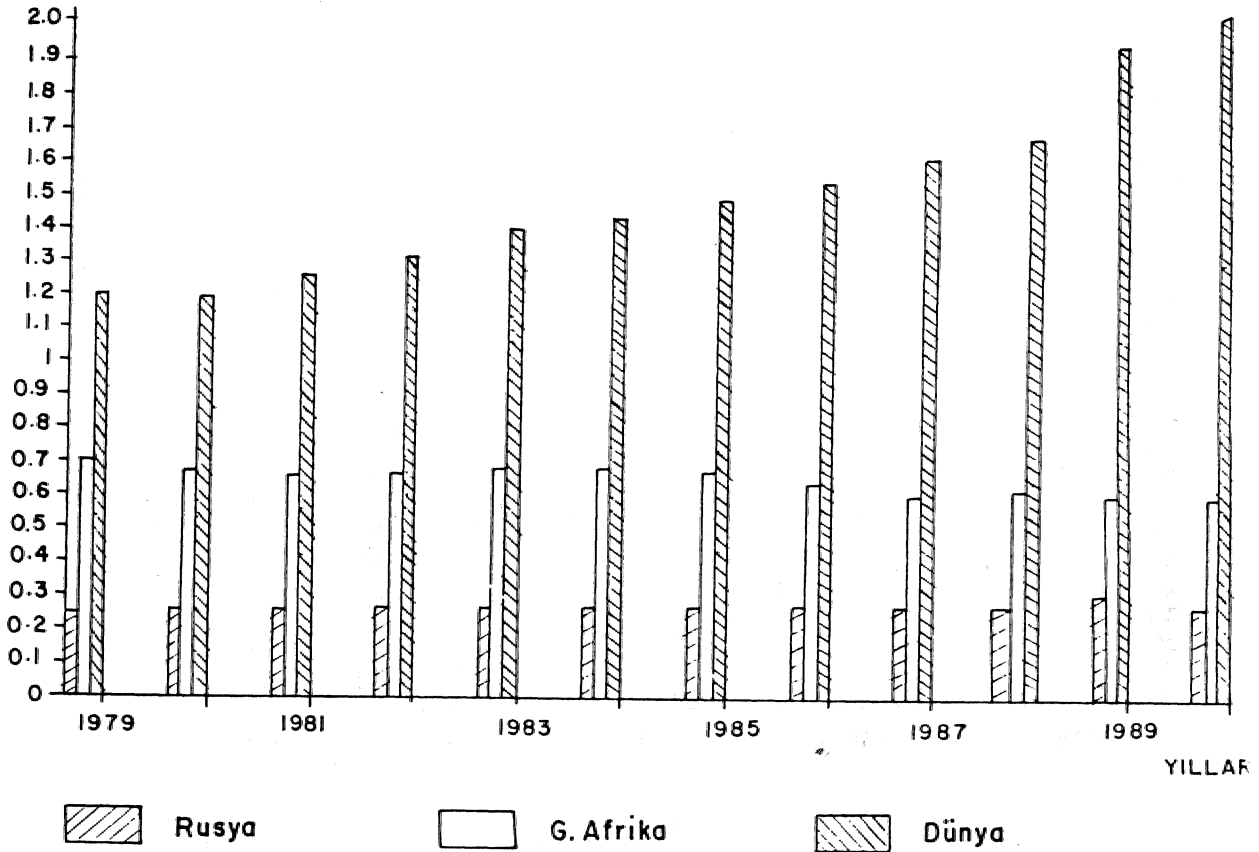
Allının» uluslararası likidite kaynaklarındaki payı 1951 yılında % 68,7 iken, 1970 yılında % 39,7ye, 1971 yılında, da doların altın konvertibütesinin ortadan kaldırılmasıyla % 29, 1'e düşmüş, günümüzde ise % 6'dır.

Altın» bugün ödeme aracı olma. rolünü. yitirmiştir., Fakat, ülkelerin altın, stoklan borç veren kuruluşlarca bir güven unsuru olarak görülmektedir..

Bu nedenle altın stoku, üretimi kadar önemli olmaktadır. Bilindiği gibi altın stoğu, altın üretimiyle birlikte altın' arzını oluşturur. Altının binlerce yıldan beri üretildiğini düşünürsek, günümüzdeki gerçek altın stoklarını tahmin etmek çok zordur., Ancak,, dünya altın stoklarının 100.000

## DÜNYA ALTIN ÜRETİMİ VE EN FAZLA ÜRETİM YAPAN ÜLKELER

1000 TON



Kaynak ; World Metal Statistics



too dolayında olduğu sanılmaktadır. Son kullanım alanlarına göre yaklaşık % 37'si devletlerin merkez bankalarında, % 24'ü özel yatırımcılarda, yani dünya altın stoklarının yaklaşık yansı resmi veya özel yatırımcıların elindedir. Altın stoklarının geri kalan, kısmı (% 27) değerli süs eşyası ve (% 12) endüstriyel meta şeklindedir,

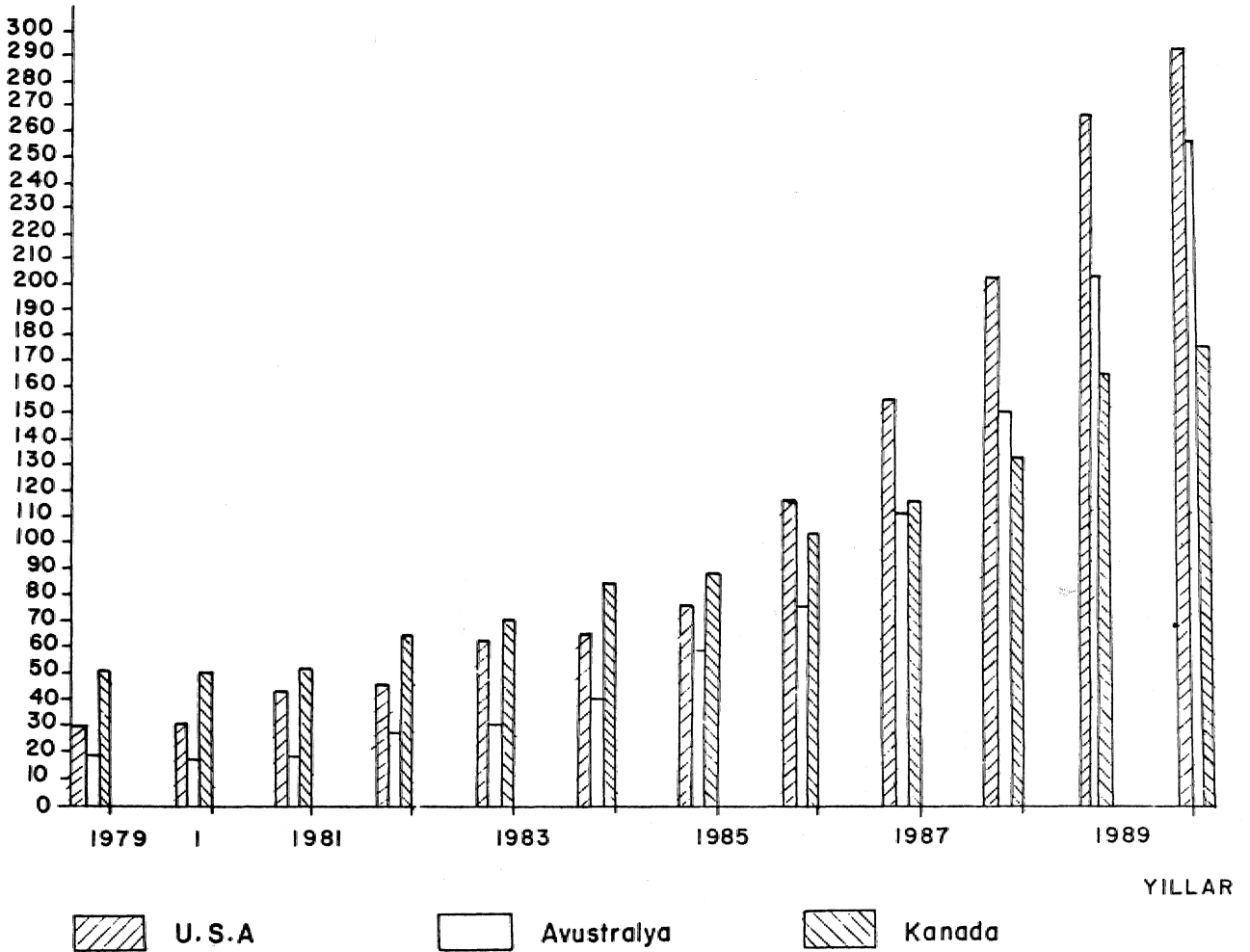
İT: Dünya savaşı boyunca ve savaş sonrasında, günümüze kadar Amerikan ekonomisinin büyüye- rek gelmesi ve altın üreticisi bir ülke olması nedeniyle, dünya'nın en önemli altın stokuna sahip ülkesi ABD'dir. II, Dünya savaşından sonra hızla gelişen Almanya ve Fransa'da önemli altın stok- lama sahiptir. İsviçre'nin altın stoklarında bankacı- lıktaki yeri nedeniyle önem taşımaktadır, i. Dünya savaşından önce dünyanın elinde en çok altın

bulunduran ülkesi Rusya iken» günümüzde ABD, Almanya ve Fransa'dan sonra 4. sırada yer almakla birlikte, Rusya'nın altın stoklarının bilinenden daha çok olduğu, sanılmaktadır. Bugün, IMF'nin elindeki - altın stokları ise 3200 ton'dur.

Türkiye'nin altın stoku» halkın elindeki altın- larla Merkez Bankasındaki altınlardan oluşmak- tadır. Merkez Bankasındaki altın stoku 115 ton ci- varındadır. Tahminlere göre halkımızın elindeki altın stoku ise 3000-3500 ton civarında olup, bu- günkü değeri. 50 trilyon civarındadır. Bu çok ö- nemli ve büyük potansiyel halkımızın elinde zenginlik göstergesi, süs ve ziynet eşyası veya ta- sarruf amacıyla,» çağdaş yatırım biçimlerine dönü- ştürülmeden güvence amacıyla beklemektedir.

## ALTIN ÜRETİMİNİ HIZLA ARTTIRAN ÜLKELER

TON



Kaynak : World Metal Statistics

## Rezerv

Dünya altın kaynakları 75 000 ton olup, bunun % 15-20'si altının yan ürün olarak elde edilebildiği kaynaklardır. G. Afrika dünya rezervlerinin yaklaşık % 46'sına sahiptir. G. Afrikayı % 14 payla Rusya ve % 11 payla ABD izlemektedir.

### Dünya altın rezervleri\*

|           | Rezerv (ton) | Pay (%) |
|-----------|--------------|---------|
| G. Afrika | 20 000       | 46.5    |
| Rusya     | 6 220        | 14.5    |

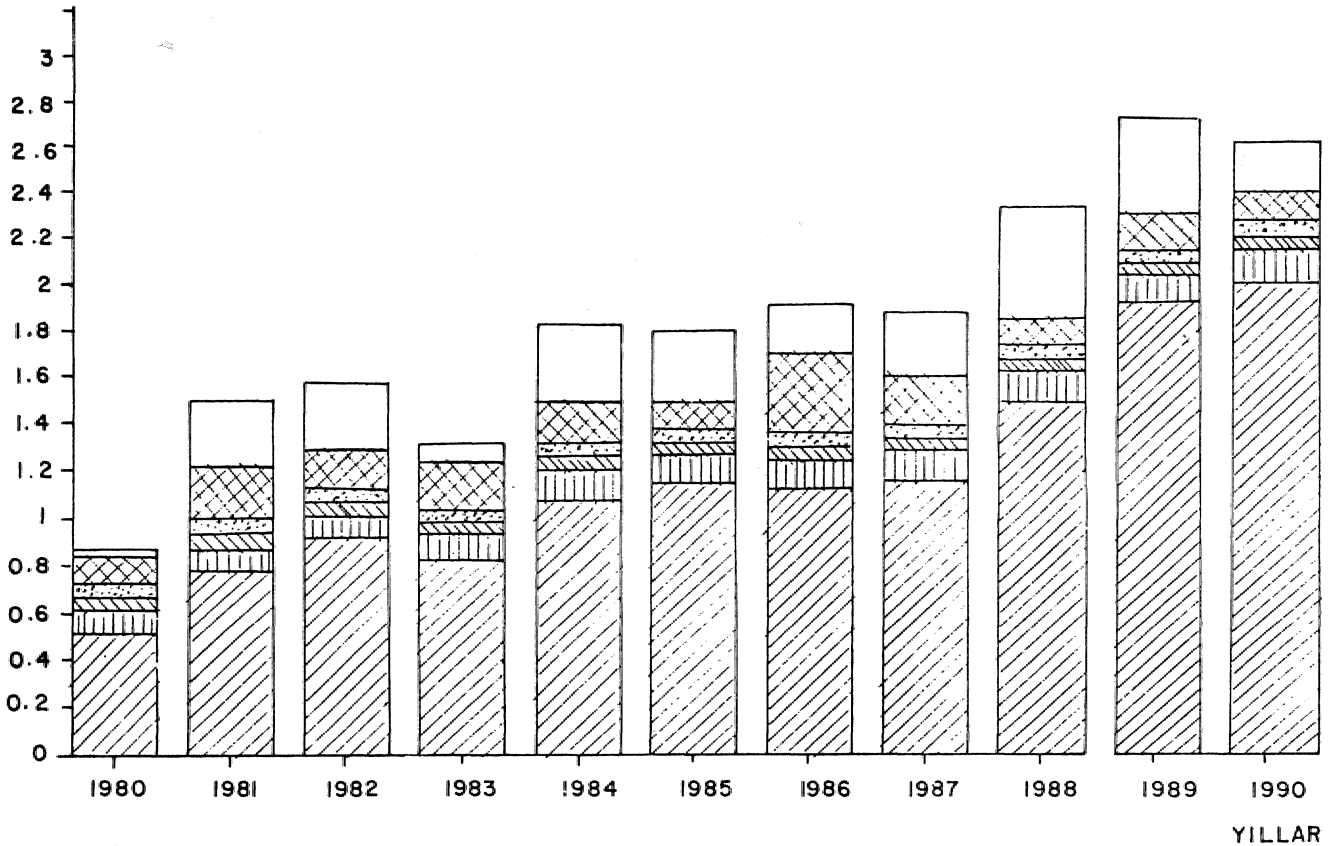
|               |               |            |
|---------------|---------------|------------|
| ABD           | 4 770         | 11.0       |
| Kanada        | 1 780         | 4.1        |
| Avustralya    | 1 400         | 3.3        |
| Brezilya      | 940           | 2.2        |
| Diğer Ülkeler | 7 920         | 18.4       |
| <b>Toplam</b> | <b>43 000</b> | <b>100</b> |

Kaynak: Mineral Commodity Summaries 1992.

\*: Metal içeriği.

## KULLANIM ALANLARINA GÖRE ALTIN TÜKETİMİ

300 TON



- Mücevherat
- Elektronik
- Dişçilik
- Diğer endüstriler ve süs eşyası
- Madalyon ve Para basımı
- Külçe

Türkiye'nin jeolojik yapısı potansiyel altın yataklarının varlığını ortaya koymaktadır. Bu nedenledir ki son yıllarda, yabancı şirketler Türkiye'de arama çalışmalarını sürdürmektedirler. Eurogold (Avustralya-Almanya), Anglo-Tur (G. Afrika), Riyo-Tur (İtalya), Cominco (Kanada), Newmount (Hollanda) bunların başlıcalarıdır.

#### Arz-Talep, Üretim-Tüketim

Altın arzı madenlerden yapılabir üretimden, merkezi planlı ekonomilerin satışlarından, uluslararası kuruluşlar ile merkez bankalarının resmi satışlarından, hurdadan kazanılan ve ön satış/altınla borçlanma şeklinde yapılan işlemlerden oluşmaktadır. Altın arzının yaklaşık % 70'i madenden yapılan üretimden gelmektedir. Dünya altın üretimi hızla artmaktadır. 1980 yılında 1200 ton olan dünya altın üretimi, son on yılda yaklaşık % 70 artarak, 1990 yılında 2028 tona ulaşmıştır.

En büyük altın üreticisi olan G. Afrika, geçen 10 yıllık dönemde iç karışıklıklar, grevler ve ambargolar nedeniyle altın üretimini arttıramamış; 1980 yılında 675 ton olan üretimi, 1990 yılında 601 tona düşmüştür. Dünya üretimi artarken G. Afrika'nın üretimindeki düşüş, dünya üretiminden aldığı payı da düşürmüştür. 1980 yılında dünya

üretimindeki payı % 56 iken, 1990 yılında % 29.5'e düşmüştür.

1990 yılına kadar dünyanın ikinci önemli altın üreticisi olan Rusya'nın 280 ton dolayındaki istikrarlı üretimi, 1990 yılında yeniden yapılanma nedeniyle 240 tona düşmüş ve dünya üretiminden aldığı % 11.8 payla dördüncü sırada yer almıştır.

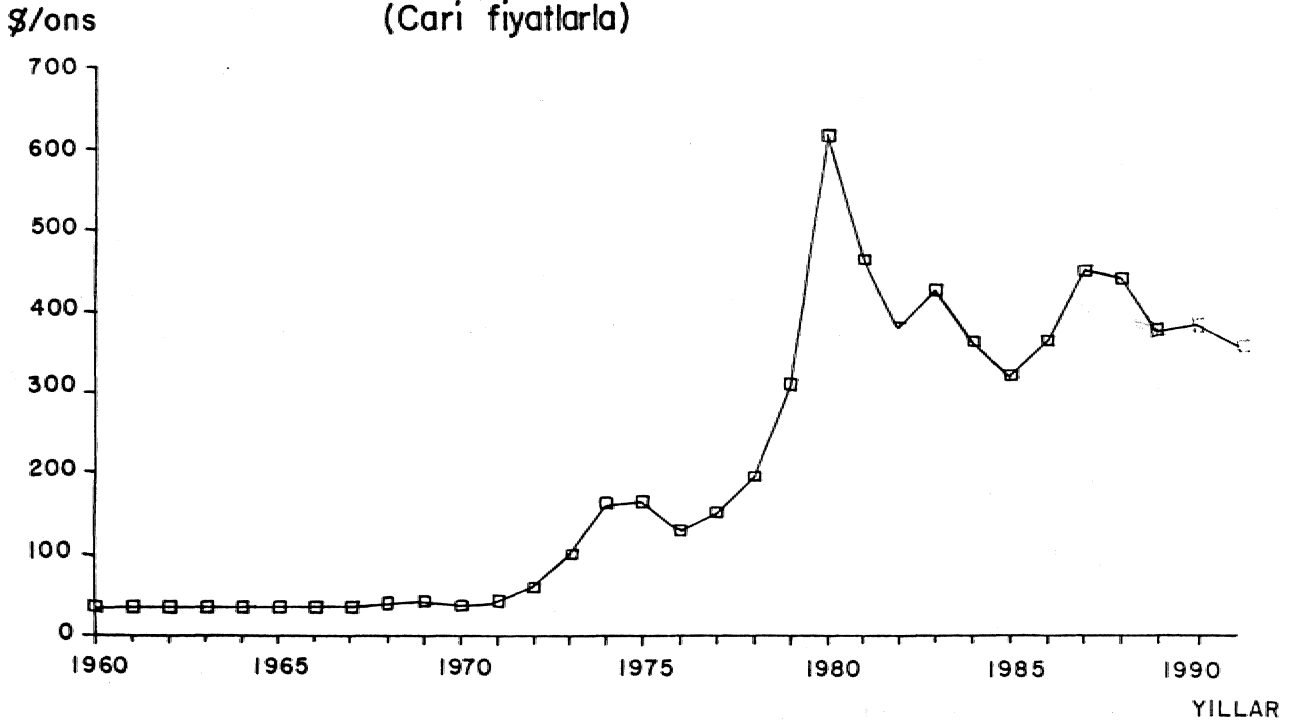
Bugün dünya üretimindeki % 14.3'lük payla ikinci önemli altın üreticisi olan ABD son yıllarda aramalara hız verip ve bulduğu yatakları kısa sürede üretime geçirerek, 1980 yılında 31 ton olan üretimini 1990 yılında 290 tona çıkarmıştır.

Dünya altın üretiminde % 12.5 payla 3. sırayı alan Avustralya, 1980 yılında 17 ton üretirken son yıllarda, üretimini, hızla arttırarak 1990 yılında 255 tonluk üretim potansiyeline ulaşmış ve G. Afrika ile Rusyanın pazarlarına sahip olmuştur.

1990 yılında 165 tonluk üretimiyle % 8.1 pay olan Kanada da üretimini düzenli bir şekilde arttıran ülkelerdendir.

Çin, Brezilya, Yeni Gine, Kolombiya, Filipinler ve Şili madenden altın üretimi yapan diğer dikkate değer ülkelerdir.

## DÜNYA ALTIN FİYATLARI (Cari fiyatlarla)



Kaynak : World Metal Statistics.

Türkiye'de ise günümüzde madenden, altın üretimi yapılmamaktadır.

Genellikle mücevherat, süs eşyası, elektronik, dişçilik, madalya ve para basımı» külçe altın ve diğer alanlarda çeşitli oranlarda tüketilen altının talebi her geçen yıl anmaktadır. Altın talebinde % 70 pay alan mücevher endüstrisi tüm ülkelerde en önemli tüketim alanıdır. Altın; elektronikte % 5, dişçilikte. % 2, madalya ve para basımında % 5, külçe altın şeklinde % 9 ve diğer alanlarda % 4 oranında tüketilmektedir.

#### **Batı dünyasının 1990 yılı arz-talep durumu**

##### **ARZ**

|  |                    |
|--|--------------------|
| Madenden yapılan, üretim                   | 1 739,9            |
| Merkezi planlı ekonomilerin satışları. ' , | 380,0              |
| Devlet satışları                           |                    |
| Hurda                                      | 440.5              |
| Ön satış/Altında borçlanma                 | 245.0              |
| <b>Toplam arz:</b>                         | <b>2 799.4 ton</b> |

##### **TALEP**

|                                 |                     |
|---------------------------------|---------------------|
| Mücevherat                      | 1985.6              |
| Elektronik                      | 142.8               |
| Dişçilik                        | 51.0                |
| Diğer endüstriler ve süs eşyası | 64.5                |
| Madalyon ve Para basımı         | 136.0               |
| Devlet alımları                 | 40.0                |
| Külçe                           | 235.6               |
| Yatırım ve spekülasyonlar       | 144.0               |
| <b>Toplam talep</b>             | <b>2 799,4 ton.</b> |

Türkiye'de ise altın» mücevherat ve süs eşyası olarak, altın para basımında (cumhuriyet altını, ziynet altını, reşat altını v.s.), endüstriyel kullanımda» külçe halinde alınıp-satılmak ve Merkez Bankasında stoklanmak amacıyla talep edilmektedir.

Türkiye'de talep edilen altının tamamına yakını yurt dışından karşılanmaktadır. Ancak kişilerin ellerinde bulunan altınlarında zaman zaman piyasaya çıkarak, arz oluşturduğunu söyleyebiliriz. 1989 yılına kadar altın resmi olmayan yollarla Türkiye'ye getirilirken, 26 Mart 1989 tarihinde T.C. Merkez Bankası tarafından standart, altın ticareti başlatılmıştır. 1989 yılında 100.2 ton, 1990 yılında 145.9 ton olan altın ithalatının 1991 yılında çeşitli ekonomik nedenlerle 110 tona düşmesine rağmen, Türkiye'de altın işlemeciliğinin her geçen gün artmasına paralel olarak, altın talebinin de artacağı

sanılmaktadır. Dünya altın işletmeciliğinde Türkiye İtalya'dan sonra ikinci sırada yer almaktadır.

Talep edilen altın; endüstriyel kullanım için Zürih, Londra ve New York» mücevher yapımı için Hong Kong ve Zürih, Merkez Bankalarının talepleri için Zürih ve Londra, özel yatırım talepleri, için ise tüm borsalardan sağlanmaktadır..

##### **Fiyat .**

Altın fiyatlarının diğer metallerde olduğu gibi arz» talep, üretim ve taşıma maliyeti değişimlerinden kolayca etkilenmemektedir. Çünkü» yıllık altın üretiminin toplam altın stoklarındaki payı % 2 olduğu gibi, endüstriyel talebin toplam talepteki payı da çok azdır.. Fakat, altın fiyatlarının da etkilendiği bazı faktörler vardır. Bunları dolandırıcı değeri» petrol fiyatları, siyasi olaylar, ve enflasyon olarak sıralayabiliriz.

Altın fiyatlarının seyrine bir göz atalım\* olursak; 1968 yılına kadar 35 \$/ons dolayında seyreden, altın fiyatı, bu yıldan başlayarak dalgalanmaya başlamış 1971 yılında altın-dolar konvertibilitesinin kaldırılmasıyla hızla yükselmeye başlamıştır... 1979-1980 yılları arasında doların değer kaybı ve petrol fiyatlarındaki artışlar nedeniyle tarihinin en yüksek noktasına çıkarak yıllık ortalaması 610 \$/ons olmuştur. Bu seviyede uzun süre kalmamış 1932 yılında ons 400 \$'a düşmüştür. Daha sonra bazı ufak dalgalanmalar göstermiş ve bugün 355 \$/ons dolayında seyretilmektedir.

Altın fiyatlarına kabaca bir göz attıktan sonra» dünya altın piyasalarına bakarsak; altının fiilen alınıp satıldığı spot altın piyasası, ve altının vadeli işleme tabi tutulduğu, vadeli altın piyasası olmak üzere ikiye ayrıldığını görürüz. Spot altın piyasalarında altın fiyatını arz ve talep eğilimleri belirlemede olup, talep edilen altın yatırım, endüstriyel kullanım, mücevherat ve süs eşyası yapımında kullanılmaktadır. Bu piyasada arz ise tekelleri bir yapıya sahip olup, G. Afrika ve Rusya'nın etkisi Mtindadin Vadeli altın piyasalarında ise fiyatlara faizler ve siyasi olaylar etkili olmakta ancak iş hacmi spot piyasadaki çok daha büyük olduğundan fiyat değişimleri üzerinde de etkileri önemlidir,

Türkiye'de ise altın fiyattan iç ve dış ekonomik gelişmelere göre Merkez Bankası ve İstanbul altın piyasasınca belirlenmektedir. Türkiye'de de altın fiyatları 1979-1980 yıllarında hızlı bir artış göstermiş, döviz kurlarının etkisiyle ancak ufak dalgalanmalarla günümüze kadar artarak, gelmiştir.

Altın talebi zaman zaman dolandırıcı değeri değişimlerinden, faiz oranlarındaki değişimlerden.

enflasyon hızı» altın fiyatlarındaki değişimlerden ve siyasal olaylardan etkilenmektedir, Ancak **toplumumuzda** geleneksel bir tüketime sahip olduğu için, altın talebi canlılığını koruyacak ve altına gösterilen ilgi sürecektir.

#### TÜRKİYE'DE KÜLÇE ALTIN FİYATLARI

| Yıllar     | Yıllık Ortalama (gr/TL) |
|------------|-------------------------|
| 1960       | 16. H                   |
| 61         | 15.61                   |
| 62         | 13.71                   |
| 63         | 14.15                   |
| 64         | 13.87                   |
| 65         | 14.04                   |
| 66         | 14.33                   |
| 67         | 15.00'                  |
| 68         | 17.41                   |
| 69         | 19.14                   |
| 1970 '     | 17.35                   |
| 71         | 21.05                   |
| 72         | 27.65                   |
| 73         | 44.32                   |
| 74         | 72.52                   |
| 75         | 83.91                   |
| 76         | 74.09                   |
| 77         | 99.94                   |
| 78         | 183.16                  |
| 79         | 492.09                  |
| 1980       | 1532.-                  |
| 81         | 1654.-                  |
| 82         | 2123.-                  |
| 83         | 3534.-                  |
| 84         | 4560.-                  |
| 85         | 6855.-                  |
| 86         | 10488.-                 |
| 87         | 18900.-                 |
| 88         | 24520.-                 |
| 89         | 26385.-                 |
| 1990       | 32531.-                 |
| 91         | 47267.-                 |
| 92 (Kasım) | 89000'.                 |

Kaynak: T.C. Merkez Bankası

#### KAYNAKÇA

- 1) Uluslararası Ekonomik **Kuruluş** ve Birleşmeler; Doç, Dr. S.; **Rıdvan** Karilik.
- 2) Dünya'da ve **Türkiye'de** Altın; Ali Alıç.
- 3) 1988-1989 Hesap uzmanları kurulu **konferansları**,
- 4) 1991 yıllık ekonomik rapor.
- 5) Tüdriye **İktisat**, Kasım **199** L
- 6) Altın ve **Pazarı**; Şahin Bozdağ,
- 7) T.C. Resmi Gazete,, 1 Şubat 1990.
- 8) World Metal. Statistics, Mart. 1992,
- 9) Mineral Commodity Summaries» 1992.
- 10) Metals and Minerals Annual Review, 1991.
- 11) Maden, Ekim 1991.**
- 12) **The World Gold. Market; Odanda Arango.**
- 13) Metal' Bulletin.,

# KALKERLİ MİKROFOSİLLERİN KİREÇTAŞINDAN KNITTER YÖNTEMİ İLE ÇIKARILMASI

Serpil ERK Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, ANKARA

**ÖZ:** Bu çalışma mikropaleontolojik analizlerde kullanılan yıkama işleminde Knitter yönteminin uygulanışını içermektedir. Bu yöntem ilk kez 1979'da H. Knitter tarafından önerilmiştir, Hidrojen peroksitin kullanıldığı standart yöntemden farklı olarak, bu yöntemde asetik asit ile kloroform kullanılmış ve olumlu sonuç alınmıştır.

## GİRİŞ

Mikropaleontolojik analizler için iki ayrı preparat hazırlama işlemi vardır. Sert litolojiden ince kesit, yumuşak litolojiden yıkama işlemleri. Yıkama örnekleri daha çok Krta.se yaşlı ve daha genç bilimler için geçerli olup, plariktik foraminiferlerin doğru ve kolay tayininde ince kesitlerden daha avantajlıdır. Dolayısıyla olanaklı olduğu yerlerde yıkama örnekleriyle çalışma, araştırmacıyı daha kesin ve doğru bir sonuca götürür.

Çalışmanın amacı» kireçtaşıdan kalkerli mikrofosillerin izole edilmesinde Knitter yönteminin kullanılmasıdır. Çalışma laboratuvar teknikleri, kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemin uygulanması için İsparta güneyindeki Miyosen yaşlı birimlerden alınan örnekler kullanılmıştır.

Yöntem ilk kez H. Knitter tarafından 1979'da önerilmiştir. Araştırmacı yaptığı çalışmada yeterli kadar kloroform kullanarak kireçtaşıdan kalkerli mikrofosilleri (*Lenticidina* sp., *Eoguttulina* sp., *Saccocoma* sp, gibi) çıkarmayı başarmıştır.

Lund ve Giorgi (1990) aynı yöntemi İskenderun baseninin Neojen biyostratigrafisinde de basan, ile kullanmıştır.

## ANALİZİ YAPILACAK ÖRNEĞİN ÖZELLİKLERİ

Örnekten tane fosil elde edilmesi için örneğin bazı özelliklere sahip olması gereklidir. Bunlardan en önemlisi çalışılan litolojinin sertlik derecesidir. Eğer örnek, uygulanan kimyasal maddelere yanıt veremeyecek kadar serişe hazırlanan yıkama preparat! bir sonuç vermez\*

işlemin gerçekleştirilmesi için, kayacın karbonat taneleri, olarak biyoklast içermesi gereklidir. Biyoklastlardan bir grubu, oluşturan foraminiferlerin tane olarak elde edilmesi çalışmanın konusunu oluşturmaktadır.,

.Kireçtaşılarında olduğu gibi foraminiferlerin da ana bileşeni karbonattır.,Dolayısıyla foraminiferlerin kay açıtan çıkarılabilmesi için matriks ile fosil arasında kompozisyon farklılığı olmalıdır.

Folk (1974)yun sınıflandırmasına göre biyospirit, Dunham (1962)'a göre tanetaşı olarak adlandırılan kayalarda yöntem denenmiş ve olumlu sonuç alınmamıştır. Ancak çamur içerikli kireçtaşılarından Folk (1974)ya göre seyrek biyomikrit ve istiflenmiş biyomikrit, Dunham (1962)'ye göre vaketası ve istiftası gruplarına giren örneklerden oldukça temiz ve bol foraminifer elde edilmiştir... Bu nedenle analizi yapılacak örneğin fosili ve kireççamurunun en az kayacın 2/3 si oranında olması gereklidir.

## KNITTER YÖNTEMİ

Gerekli malzemeler:

Asetik, asit

Kloroform

Şişe ve beher.

tşlem:

-Yaklaşık 100 gram örnek iri olarak öğütülür.

-Şişeye önce öğütülmüş örnek koyulur; üzerini 0.5 cm kapatacak kadar % 65lik asetik asit eklenir.

-Üzerine yaklaşık 100 ml kadar kloroform eklenir; şişe çalkalanıp ağzı hava almayacak şekilde kapatılır.

-15 saat kadar bekledikten sonra, çeker ocakta ağzı açılıp yıkanır, süzülür ve kurutulur. Bu aşamada örnek içindeki, mikrofosiller seçilmek üzere hazırdır.

Avantaj ve dezavantajları:

Tane fosil elde etmek için-uygulanan klasik yöntemde hidrojen peroksit kullanılmaktadır, Klasik yöntemle karşılaştırıldığında çalışmamıza konu olan yöntemin avantajları olduğu gibi dezavantajları da vardır.

Knitter yöntemi. sert litolojide sonuç vermekte beraber, taneleri sparte ile bağlı olan çok sert kineçtaşlarında etkili değildir. Sonuç alınabilmesi için örneğin bir miktar çamur içermesi gerekmektedir,

**100** gram örnek için Knitter yönteminde bugünkü fiyat üzerinden yaklaşık 6000 TL, standart yöntemde 2000 TL'lik malzeme gerekmektedir. Yöntem yaklaşık iç misli pahalı görünmesine rağmen, bilimsel ve teknik açıdan, klasik yöntemle göre tartışılmazdır.

Kullanılan maddelerden kloroform bayıltıcı etkisi olduğu için kesinlikle buharı koklanmamalı ve çeker ocakta çalışılmalıdır.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Knitter yöntemi Karabayır kesitine (İsparta güneyi) ait Miyosen yaşlı örneklerle uygulanmıştır (Levha 1, 2). Özellikle yamaç ve basen ortamında çökelmiş bilimlerden 35 örnek denenmiş olup, elde edilen sonuç olumludur. Bazı örnekler hem standart, yolla hem de 'Knitter'yöntemiyle denenmiş, standart yöntemle fosillerin çıkarılmadığı (Levha 1; Şekil 1) örneklerden Knitter yöntemiyle bol miktarda planktik ve bentik foraminifer izole edilmiştir (Levha 1,2).

Yöntemin pahalı olması bütün örneklerde denenmesini zorlaştırmaktadır. Ancak klasik yöntemin yetersiz kaldığı örneklerle uygulanarak faydalı olabilir.

## KATKI BELİRTME

Çalışmanın gerçekleştirilmesinde gerekli.- literatürü temin eden Dr. I.I. Lund'a ve çalışmaya olanak sağlayan. TPAO Araştırma Merkezi' Grup Başkanlığına teşekkür ederim.

## DEĞİNİLEN BELGELER

**Dunham, R. J.,** 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In "Classification of carbonate rocks" a symposium (Ed, W. E. **Ham**), **AAPG**, p, 108-121.

Folk, **RJL**, 1962, Petrology of sedimentary rocks, Hemphill Publ. Com., Texas.

Knitter, H., 1979, Eine verbesserte methode zur gewinnung von mikrofossilien aus harten,, nicht schHammbaren kalken, Geol. BL No-Bayem, v. 29, n. 2/3, p. 182-186.

Lund, IX, Georgi» K.H., 1990, Biostratigraphy of the Neogene in the iskenderun basin, 8. Petroleum Congress of Turkey, Proceedings, p. 363-370,

## LEVHA 1

Şekil 1 Klasik yöntemle hazırlanmış yıkama preparatı.; X35.  
Karabayır ÖSK; Örnek no: 2486.

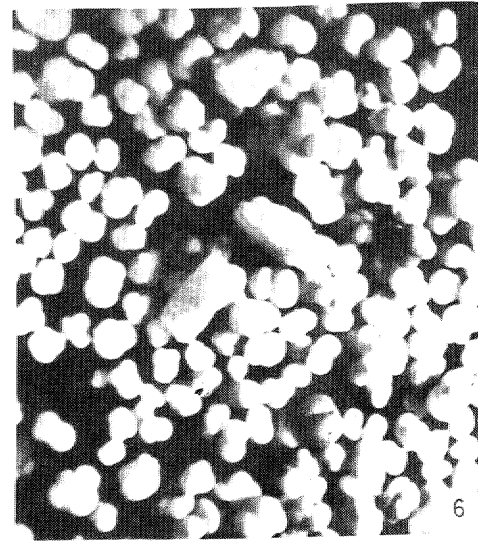
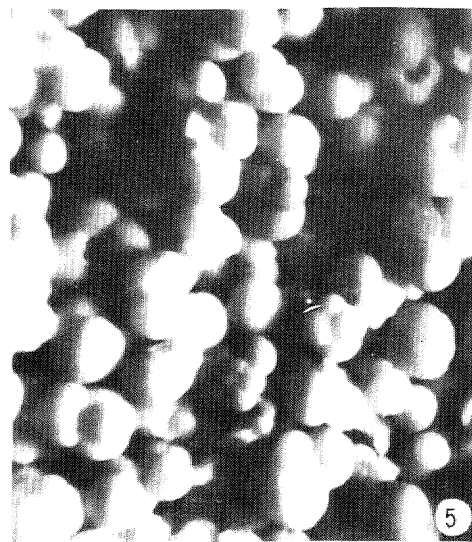
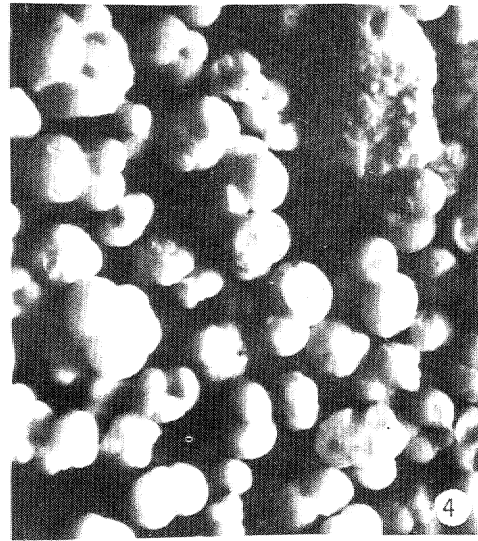
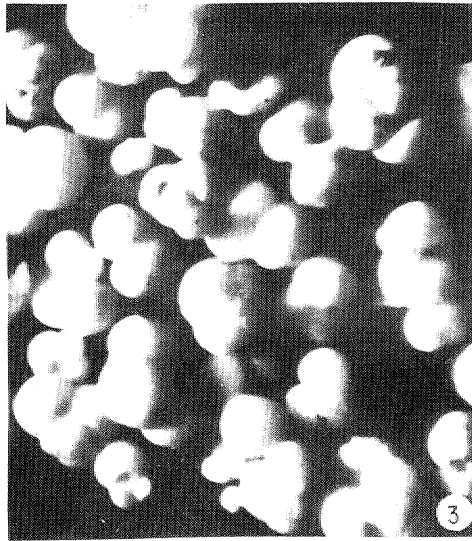
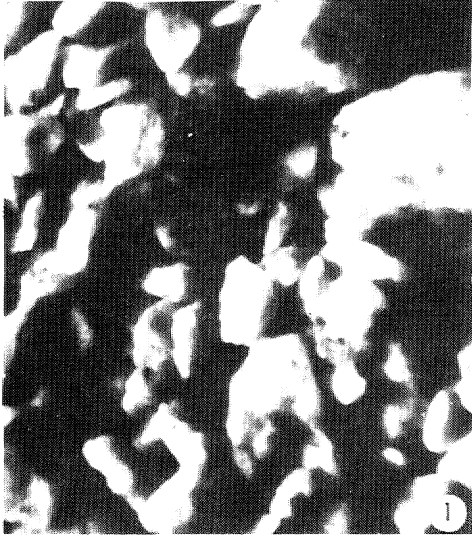
Şekil 2 Knitter yöntemiyle hazırlanmış yıkama preparatı (anıklanmamış); X35.  
Karabayır ÖSK; Örnek no: 2468-,

Şekil 3 Knitter yöntemiyle hazırlanmış yıkama preparatı (ayıklanmış); X35.  
Karabayır ÖSK; Örnek no: 2486.

Şekil 4 Knitter yöntemiyle hazırlanmış ve ayıklanmış kompozit yıkama örneği; X35.  
Karabayır ÖSK; Örnek no: 2461, 2462, 2463.  
Daha önce 2461 ve 2462 numaralı örneklerin ince kesit preparatları çalışılmıştır.

Şekil. 5 Knitter yöntemiyle hazırlanmış ve ayıklanmış kompozit yıkama preparatı; X35.  
Karabayır ÖSK; Örnek no: 2490, 2491, 2492,  
Daha önce bu örneklerin ince kesitleri çalışılmıştır.

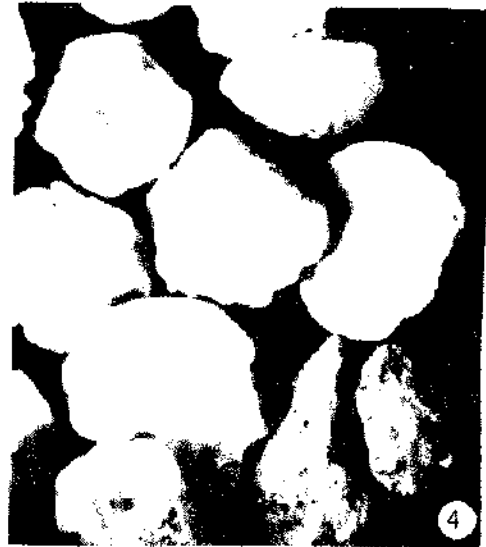
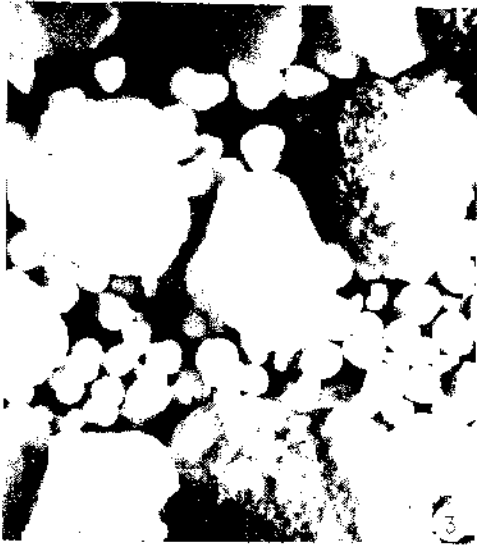
Şekil. 6 Knitter yöntemiyle hazırlanmış kompozit yıkama örneği; X17.  
Karabayır ÖSK; Örnek no: 2496, 2497, 2498 •  
Örneklerin ilk mikropaleontolojik analizleri ince kesit preparatları ile yapılmıştır.,





## LEVHA 2

- Şekil 1 Knitter yöntemiyle hazırlanmış yıkama preparatında miogypsinid foraminifer ve plankük foraminiferler; X35.  
Karabayır ÖSK; Örnek no: 2496, 2497, 2498.
- Şekil 2 Knitter yöntemiyle hazırlanmış yıkama preparatında miogypsinid foraminiferler; X35.  
\* Karabayır ÖSK; Örnek no: 2507,, 2508,,  
Örneklerin ilk mikropaleontolojik analizleri ince kesit pneparatları ile yapılmıştır..
- Şekil 3 Kireç taşından Knitter yöntemiyle izole edilmiş plankük ve bentik foraminiferler; X17.  
Karabayır ÖSK; Örnek no: 2513.2514.,  
Daha önce bu örneklerin ince kesit pneparatları çalışılmıştır,
- Şekil 4 Knitter yöntemiyle hazırlanmış kompozit yıkama preparatında bentik foraminiferler, X17.  
Karabayır ÖSK; Örnek no: 2547, 2548, 2549,2550.
- Şekil 5 Knitter yöntemiyle izole edilmiş dış şelf bentik foraminiferleri; X17.  
Karabayır ÖSK; Örnek no: 2580, 2.581.  
Daha önce bu örneklerin yıkama pneparatları incelenmiş, ancak veri elde edilememiştir.
- Şekil 6 Knitter yöntemiyle hazırlanmış yıkama preparatında bryozoa ve bentik foraminiferler, X17.  
Karabayır ÖSK; Örnek no: 2591,2592.,



## DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE SEPIYOLİTİK KİL

Güler CAN MTA Fizibilite Etüdüleri Dairesi, ANKARA

### TANIMI VE ÖZELLİKLERİ

Sepiyolit **filosilikat** grubundan bir kil mineralidir. Bu ad ilk kez 1847 yılında Glocker tarafından kullanılmış olup, Yunanca "mürekkep balığı" anlamındaki kelimeden türetilmiştir. Sepiyolit başlığı altındaki ticari killer ülkemizde lületaşı ve sepiyolitik kil olmak üzere iki ayrı grupta değerlendirilmektedir.

Lületaşı, yurdumuzda» Eskişehir yöresine özgü sepiyolit türüdür. Doğada amorf, kompakt halde ve değişik boyda patates yumruları şeklinde bulunur ve genellikle süs eşyası, biblo veya pipo yapımında kullanılır. Dış görünüş ve rengi ile deniz köpüğünü andırdığı için MEERSCHAUM olarak bilinen bu tip sepiyolit lifli yapıda olup alfa (a)-sepiyolit adını alır. Böyle kompakt tip sepiyolit Türkiye dışında Somali Cumhuriyeti, Tanzanya, Madagaskar, Fas, Fransa, Yunanistan, Yugoslavya, İspanya, Avusturya ve Kenya'da da rastlanır. Kenya'daki yataklar ekonomik olarak işletilebilecek rezervlere sahiptir. Ancak Kenya yumru lu sepiyolitleri düşük kaliteleri ile, Türk Lületaşlarıyla karşılaştırılmaz. Türk lületaşları kalitelerinin üstünlüğü ile Dünya'da rakipsizdir.,

Sepiyolitik kil ise süs eşyası yapımına uygun olmayan, tabakalı sepiyolit tipi olup laminalı (pulsu) bir yapı gösterir ve beta (β)-sepiyolit olarak, da bilinir Beta-sepiyolit, oluşumu, bileşimi, özellikleri ve kullanım alanı ile alfa-sepiyolitten farklıdır., Bu tip sepiyolit sanayi sepiyoliti olarak tanınmaktadır., Sanayi sepiyoliti konusunda Dünya'daki en büyük üretici İspanya'dır., Az miktarda Türkiye, Çin ve ABD'nin de üretiminden söz edilir.

Lületaşı suda yüzdüğü halde, sepiyolitik kil suda kolayca dağılır. Sepiyolitik kilin SiO<sub>2</sub> ve MgO içeriği, lületaşına oranla daha az, buna karşılık Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>» CaO içeriği ve ateş kaybı daha fazladır.

### KULLANILMASI

Lüle i aşu gibi yumrular halinde bulunan, sepiyolitler genelde süs eşyası ve pipo yapımında kullanılırlar. Yüksek porozite özelliğiyle, absorban olarak, gaz ve sıvıların arıtımında kullanılan sepiyolitik kilin az bulunur ve pahalı oluşu, çevre koruma amacıyla (atıkların temizlenmesinde) kullanımını engeller. İşte sepiyolitik kile ihtiyaç ve sepiyolitik killerin değerlendirilmesi gereği bu noktada başlar.

Sepiyolitik kil şu alanlarda kullanılmaktadır.

- Yüksek porozitesi nedeniyle gaz ve sıvıların temizlenmesinde absorban olarak,
- Leke çıkartma amacıyla,
- Otomobil sanayiinde yakıt temizleme ve korozyona dayanıklı oto boyası imalinde,
- Füze ve diğer uzay araçlarının yalıtılmasında,
- Hafif yapı malzemesi olarak,,
- Ülsere karşı ilaç olarak,
- İyon değiştirici olarak,
- Parafinlerin ayrılmasında
- Evcil hayvanların altına yaygı malzemesi olarak kullanılır.

Japonya, ABD'den satın aldığı sepiyolitik kili inşaat sektöründe kullanmayı denemektedir. Sepiyolitik kil ilaçların bozulmasına sebep olan demiri denetleyebilmesi bakımından (özellikle hidrokortizon gibi ilaçların oksitlenerek bozulmasını önlediğinden) eczacılıkta kullanım alanı bulur. Ayrıca elektrik sanayiinde katalizör imalinde, nebati, ve madeni yağlarla, şurupların arıtılmasında, petrol arama sondajlarında, askeri mühimmat imalinde, kağıt ve porselen sanayilerinden kullanılmaktadır.

### OLUŞUMU

Sepiyolitik kil gibi magnezyumlu killerin oluşumu özel koşullar gerektirir. Söz konusu killer

sığ denizel çökellerde» ekonomik boyutlu yataklar ise daha çok kapalı gösel havzalarda,» silisçe zengin alkali ortam ve koşullarda,, kurak ve yan. kurak iklim koşullarında oluşurlar. Bunların bileşimlerine az-çok dolomit de girebilmektedir. Bu tur gösel havzalarda sık sık fasiyes değişikliği meydana geldiğinden» kil yataklarının kalitesi, sedimantasyon havzasını çevreleyen kayaçların petrografik ve kimyasal durumu ile yakından ilgilidir. Bunun yanısıra çökeltme esnasındaki tektonik hareketlerin devamlılığı da önemlidir,

## ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

Dünyanın en büyük tabakalı sepiyolit ve sepiyolitik kil üreticisi olan İspanya'da uygulanan üretim yöntemi bütünüyle cevheri kurutarak nem oranını düşürmeye ve öğütülüp sınıflandırmaya dayalıdır, % 45 den fazla nem içeren cevhere önce güneşte kurutma uygulanır. Sonra işletmede 700°C sıcaklıkta nem içeriği % 32 den % 12 ye düşürülür. Daha sonra çeşitli derecelerde sınıflandırılıp, paketlenir,

## DÜNYA'DA SEPİYOLİTİK KİL

Dünya pazarının en büyük sepiyolitik kil üreticisi İSPANYA'dır. Türkiye ve ABD de de küçük tonajlarda sepiyolitik kil madenciligi yapılmaktadır.

İSPANYA: İspanya sepiyolitik kil üretimi ile Dünya'ya egemen durumdadır. Eskiden seramik, uygulamalarda kullanılan bu kilin İspanya'daki önemli üç üreticisi TOLSA, SEPİOLSA ve MYTA dır.

TOLSA: Ülkenin, değişik yörelerde sepiyolit. ve atapulgit gibi özel kil üretme faaliyeti yüeten en büyük kuruluşudur. Madrit-Vallecas ve Toledo-Yunclillos'da sepiyolit taşocaklarına sahiptir. Bu ocaklardan sağlanan 550,000 T/Yıllık ham ürün, Maârifteki 500.000 T/Yıl kapasiteli tesiste işleme tabi tutulur. Bu işlem öğütülüp, 700°C de kurutularak nemi % 12 seviyesine indirmeyi amaçlar. Sonra tane boyutuna göre sınıflandırma yapılır. Böylece yılda 360.000 ton sepiyolit üretilmektedir. Bu işletme Tolsa'nın toplam kil üretiminin % 75'inî sağlamaktadır. Şirketin 1985 yılı sonunda kapman Taledo'daki tesisinde de sepiyolit üretilmiştir. Şirketin en basit form olan granül sepiyolit üretim akımı şöyledir,

- % 45 kadar nem. içereo cevhere madende güneş kurutması uygulanır.

- Nemini kısmen kaybeden cevher, öğütülüp, stoklanmadan önce, nem oranını % 12 lere kadar indinnék üzere 700°C lik ısıda tekrar bir kurutmaya tabi tutulur.

- Ürün, paketlenmeden önce çeşitli derecelerde sınıflandırılır.

Şirketin nem oranı konusunda sorumluluğu kabul edip, garanti verdiği, tanelenmiş son ürün, dört önemli konuda pazar bulur:

1 - Tüketici ürünleri (hayvan yaygısında)

2 - ' Hayvansal gıda (bağlayıcı, taşıyıcı ve akışkanlık verici olarak)

3 - Endüstriyel ürünler (katalistler, filtreler,, absorbanlar, taşıyıcılar ve ağartıcılarda)

4 - Teknik ürünler (gübre, sondaj çamuru, plastik ve seramik sanayilerinde)

Ürün şu şekilde derecelenir:

4/7 mesh ... katalizör

6/30 " \_\_\_\_\_hayvan yaygısı-absorban

30/60 " \_\_\_\_\_Hayvan ve böcek ilaçlan taşıyıcısı

60/100 ".....yağ filtreleri

120 ".....ağartıcı topraklar

Tolsanın 250 tip uygulamaya yönelik 45 ayrı derecede ürünü vardır. Tolsa sepiyolitinin % 70'i kedi toprağı olarak tüketilmektedir. Bu maksatla pazara sunulan sepiyolitinin % 90 ı (Almanya, İtalya ve Fransa'ya) ihraç edilir. 800-850.000 tonluk Avrupa kedi toprağı ticaret hacminin % 30'u Tolsa'nın elindedir. Tolsa aynı zamanda hayvan yemi sektörü ile de ilgilidir. 80.000 ton hayvan yemi ihracatının da çoğunluğunu sepiyolit oluşturmaktadır. Bu sepiyolit,, şirket üretiminin % 20 sini teşkil eder..

Sepiyolit daha az saf şekli, Tolsa'nın bir yan kuruluşu olan HEFRAN S.A. tarafından Lebrija-SEVİLLA'da üretilmektedir. Yatak % 10-30 sepiyolit içeren kil minerallerinden ibarettir. Cevhere seçimli bir madencilik uygulanmakta,» fakat sepiyolit diğer bileşenlerden ayrılmamaktadır. Ocakta Mart'dan Ekim. ayına kadar,, haftada 5 gün çalışılarak yılda 145.000 ton ham cevher üretilir.

lu. ham. cevher 9 km lik mesafedeki tesise güneşte kurutulup stoklanmaya gider. Hefran bu 110.000 T/yıl kapasiteli tesisinde yılda 90.GÖÖ ton sepiyolit üretmektedir., Bu da. tüm grup üretiminin % 20 si demektir., Cevhere sonra;

- Üç aşamalı öğütme
- İki aşamalı sınıflandırma
- Elekleme

işlemi uygulanır. Uygun olanlar silolanırken 8 mm., den büyükler geri işleme gönderilir. Bu arada 60p-8 mm. arasında olanlara 150°C ve 220°C de iki aşamalı bir seri kurutma daha uygulanarak nem içeriği % 3 e düşürülür. Ve bu kuru ürün depolanır,

Şirket üretiminin % 80 i hayvan yaygısı olacak iriliktedir. Hefran 1991 yılı başında ta ürününü ambalajlamak için bir makine edinmiştir. Son ürünleri için de yeni bir depo inşa etmektedir. Hefran markasını taşıyan hayvan, yaygısı için önemli pazarlar italya,, Fransa ve Portekiz'dir.

**SEPIOLSA:** Madrid-Toledo bölgesindeki sepiyolit varlığını işleten Sepiol. S.A. (Sepiolsa) 1985 de kurulmuş bir şirket olup (bu yatak eskiden Tolsa'ya ait idi) tamamıyla Minerals Y Productos Derivados S.A.'nm bir yan. kuruluşudur ve Guadalajara'daki 130.000 T/yıl, kapasiteli tesisi besleyebilecek 200.000 T/yıl üretime sahiptir.,

Sepiolsa 4 ile 400 mesti arası derecelerde, değişik amaçlı ürünler üretmektedir.

|             |  |
|-------------|--|
| 4/30 mesh.  | .. hayvan yaygısı ve yağ absortdayıcısı  |
| 15/30-30/60 | ... özellikle bitki böcekleri, ve hayvan öldürücü ilaçların taşıyıcılarında ve aynı zamanda da yağ absorbiyıcısı |
| 60/100      | " ... . hayvan yemi için bağlayıcı eleman ..   |
| -100        | " ... ., hayvan, yeminde vitamin dengeleyicisi   |
| -200,-400   | " . . ağarda, topraklar, yağ filtresi ve sondaj çamurunda kullanılmaktadır.                                      |

Sepiolsa üretiminin % 70 ı hayvan yaygısı için pazarlanır. Sepiolsanın -faaliyeti özellikle batı **Avrupa'ya** ihracat içindir.,

MYTA (Mineria. Y Tecnologia de Arcillas):

1987 de kurulmuş bir şirkettir. İspanya'nın en büyük kömür şirketi olan, tanın, madencilik ve hatta inşaatla uğraşan ANGEL LUENGO' GROUP'un bir parçasıdır., Şirket faaliyetini **Zaragoza-ORERA'daki** işletmede ve sepiyolit madenciliğinde odaklamıştır. Sepiyolit ve atapulgit üretimi yaz boyunca yapılarak cevherin nem oranının güneşte kurutulmayla minumuna inmesi sağlanır. Sonra faklı boyutlar oluşturulmak üzere öğütülür, eleklenir. Tozlar üç aşamada aspiratörlerle uzaklaştırılır. Sepiyolit ve atapulgit tanelin. 170.000 T/yıl kapasite ile 8 otomatik yoldan paketlenir.

MYTA ürünlerini genelde hayvan yaygısı pazarına adanmış ise de diğer uygulamalar için de satışı vardır.

1989 da 55.000 ton, 1990 da 75.000 ton olan ihracatın 1991 de 100.000 ton olması tahmin edilmektedir. Satışın % 85 i Avrupa, topluluğu, ülkelerine (EEC) yapılmaktadır,

ispanya'da ayrıca yılda 60.000 ton sepiyolit üreten BENESA (Bu üretimin % 7.5 i Avrupa Topluluğu ülkelerine hayvan, yaygısı olarak pazarlanmaktadır); 120.000 ton sepiyolit+atapulgit+palygorskit üreten MİPSA (Bu üretimin hemen hepsi hayvan yaygısı, olarak pazarlanmaktadır); MİNAS-VOLKAN (iki işletmeden yılda 25.000 ton. mikranize ve granül sepiyolit üretilmektedir., Üretim genelde yurt; içi tüketim, içindir, ihracat payı % 15 seviyesindedir) gibi üreticilerden de söz edilebilir.

ispanyanın 1978 de 146.433 ton.,, 1980 de 281.401 ton, 1984 de 375.000 ton. olan toplam. sepiyolit üretimi 1988 de 507.782 ton olmuştur.

ABD: Ülkenin tek. sepiyolit üreticisi 1989 da INDUSTRIAL MINERAL VENTURFnin işletmeciliğini devralan FLÖREDEN Corp. dir. Tesis, Nevada-California sınırında., Las Vegas'm 100 mil kuzeybatısındadır. Sepiyolit, Saponit yatakları (bir montmorillonit minerali) arasında oluşmuştur. Bu iki kil mineralinin oluşumunda jeokimyasal parametreler, zaman, ve ısı farklılıklar' vardır.. **Horidin** şirketi AMARGOSA VADİSİ yatağından elde ettiği seyrek 'bulunan mineral bileşimini İMV den alınan LATHROP WELLS tesislerinde hekonit ve bentonit ile beraber işlemektedir., Bu tesisin, toplam **40.000 T/yıTlik** üretimin % 80 i sepiyolit; % 20 si saponittir.

Üretilen sepiyolit sıvı gübrelerde süspansiyon ajanı ve hayvanlar için sıvı gıda katkısı olarak, kullanılır.. Şirket üretiminin önemli miktan Çin, Japonya gibi uzak doğu tikelere satılmaktadır. Japonya ileri uygulamalar için. bu. sepiyoliti inşaat sektöründe asbest ikamesi amacıyla kullanılmaktadır.

### TÜRKİYE'DE TABAKALI SEPIYOLİT (SEPIYÖLİTİK KİL)

Türkiye'nin ekonomik olarak, değerlendirilebilecek sepiyolitik kil (sanayi tipi veya katmansız sepiyolit) yatakları, Eskişehir, Çanakkale, Bursa, Kütahya ve İsparta'da bulunmaktadır.,,

#### REZERV

Eskişehir dolayında Neojen yaşlı, göl fasiyesinde sedimanter olarak oluşan sepiyolit yataklarının tabanında, sedimanter manyezit tabakası, üzerinde de ardalanmalı dolomit ve sepiyolit seviyeleri bulunmaktadır.

Bölgedeki tabakalı sepiyolit. oluşumlarına ait yayılım. alanı, cevherin, tabaka kalınlığı ve yoğunluk 2 kabul edildiğinde mümkün sepiyolit rezervi şöyledir:

|             | Yayılım alanı (m <sup>2</sup> ) | Tabaka kalınlığı (m) | Mümkün rezerv (TON) |
|-------------|---------------------------------|----------------------|---------------------|
| Yörükçayır  | 1.300.000                       | 1.80                 | 4.680.000           |
| Kepeztepe   | 800.000                         | 2.00                 | 3.200.000           |
| Çerkezkireç | 8.000.000                       | 2.00                 | 32.000.000          |
| Söğütlük    | 7.000.000                       | 1.20                 | 16.800.000          |
|             |                                 |                      | + _____             |
|             |                                 |                      | 56.680.000          |

Böylece tabakalı, sepiyolitlerin en yoğun olduğu yatak Yörükçayır'dır. Bu sepiyolitlerin saflığını bozan, imprute oranı düşüktür. Yörükçayır ekonomik sepiyolit damarının kalınlığı 1-6 m. arasında değişir. İçinde koyu kahverengi, siyah, yeşil renkli opal damarları vardır. Yataktan alınan örnek lületaşına göre daha gevşek yapıdadır ve suda dağılmaktadır. 1400°C de beyaz renkte pişer, seyrettik asille tepkime vermez.

Bölgedeki sepiyolitlerden alınan örneklerin kimyasal analizleri şöyledir:

|                                | Yörükçayır % | Kepeztepe % |
|--------------------------------|--------------|-------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 57.59        | 58.65       |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.80         | 4.07        |
| MgO                            | 25.90        | 18.14       |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.50         | 2.86        |
| CaO                            | 1.50         | 2.93        |
| TiO <sub>2</sub>               |              | 0.07        |
| A.Z.                           | 12.99        | 13.14       |

### ÜRETİM

Türkiye'de tabakalı sepiyolit madenciliği TURAN Madencilik. Sanayii ve Ticaret Ltd. tarafından yapılmaktadır, lapon Toyoda Tsusho Corpjnn önemli bir pay ile ortağı bulunduğu Turan. Madencilik, Eskişehir'in güney-doğusundaki yüzey depozitlerden üretim, yapmaktadır. Yıllık 3.000 ton olan üretim beyaz ve kahverengi olmak üzere iki. tiptir... Çıkarılan cevherdeki nem % 40 dolayında olup, güneş kurutması ile % 22 ye indirilir ve daha sonra uygulanan mekanik kurutma ile % 5 e düşürülür. Sepiyolitnin kahverengi görünümü içerdiği % 3 C dan gelmektedir. Bu tip ürün, jellerde, süspansiyon ajanı olarak, ve gübre eldesinde kullanılmaktadır. Beyaz renk ise içerilen az miktardaki dolomitten kaynaklanır ve kedi toprağı,, sondaj çamuru, katkısı ve absoıban olarak kullanıma da uygundur. Üretimin tamamına yakını ortağı Toyoda Tsusho Coıp.a satmaktadır.

Yurdumuzda ayrıca Kayaç Madencilik de Orta Anadolu'da tabakalı sepiyolit arama çalışmaları sürdürmektedir.,

### FİYAT

Turan Madenciliğın üretip, Japonya'ya sattığı tabakalı sepiyolit (hava kurutmah-yığın) 1991 yılı kaynakl.an.na FOB fiyatı. 65 \$/lon dur. Japonya'ya nakli, ton başına 45 \$ lık bir fiyat artışı getirir..

## KAYNAKÇA

- 1-MTA haberleri...
- 2- Maden dergisi-Ağustos 1991.
- 3- Metal Maden-Türkiye İhracat Dergisi Şub. 1992.
- 4- Endüstriyel Hammaddeler-IMMIB-Ekim 1990.
- 5- Endüstriyel Hammaddeler-S, Kınkoğlu, 1990.
- 6- Sivrihisar (Eskişehir) civarındaki sepiyolitik killerin jeolojisi N. Güngör.
- 7- Bolu-Kıbnscık sepiyolitinin Sivrihisar» Sedimanter sepiyoliti ile karşılaştırılm.ası T. İrkeç,.
- 8- Industrial Minerals June 1991.
- 9- Lületaşı (Sepiyolit) 6. Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu Raporu basılmamış,,
- 10- Industrial Minerals June 1991.
- 11- Industrial Minerals August 1986.
- 12- Industrial Minerals September 1985.
- 13- Eskişehir Bölgesi Lületaşı ve Magnezit Etüdları Raporu. Derleme 7181 Z. Öncel, F, Denizci 1982.

## RADYOAKTİVİTE, RADYASYON VE ÇERNOBİL SONRASI YAŞADIKLARIMIZ

Ernur ERDEN MTA Maden Analizleri ve Teknoloji Dairesi,, ANKARA

### Radyoaktivite

Toryum ve .Uranyum gibi elementler yavaş ancak devamlı parçalanarak kurşun (Pb) haline gelinceye kadar a alfa»  $\beta$  beta,  $\gamma$  gamma ışınlan çıkarırlar. Bu özelliğe- radyoaktivite adı verilir.,

1934 de radyoaktif olmayan elementlerden radyoaktif şekiller (radyoizotoplar) elde edildi\*

1945 de uranyum ve plütinyum, fisyonu. ile atom. bombası geliştirildi,. Japonya'ya atılan atom bombası ürünleri, atmosferin büyük bir kısmına yayıldı. Bu ürünlerin bir kısmı stratosfere kadar yükseldi,.. Aylar ve yıllar sonra radyoaktif yağışlar olarak tekrar yere indi,

Radyoaktif ürünlerin yaydıkları radyasyonun özelliklerini şöyle sıralayabiliriz: Radyasyon ışınlan kümülatiftir» yani birikiridir. Diğer bir deyişle, ister birkaç saniyede isterse birkaç yıl boyunca, alınsın, genellikle birkaç bin radyanlık bir radyasyon öldürücü olmaktadır.' Bir insanın zarar görmeden radyasyon dozu yaklaşık 250 radyan olarak belirlenmiştir. Yine bir kişi saatte 20 radyanlık radyasyon yayılan bir ortamda ancak iki saat kalabilir (1).

Radyasyonun yayılışı küreseldir, yani kaynaktan başlayarak her yöne eşit şekilde olmaktadır. Çevreye bırakılan uzun ömürlü radyoaktif maddelerin bir diğer özelliği 'de yüzlerce» binlerce yıl ışın yaymaya devam etmeleridir (2).

Radyasyonun güneş ışığından daha enerjik ve daha, zararlı olmasına karşın duyu organlarıyla algılanmaması bunun tehlikesini arttırmaktadır. ••

### Radyasyonun etkileri

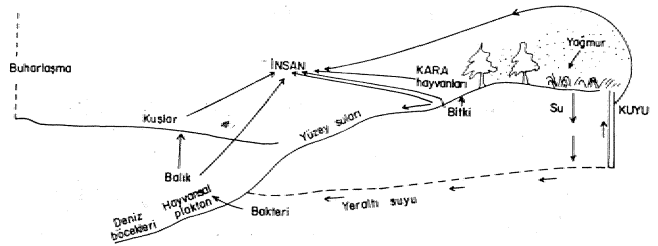
Günümüzde insanlar doğada varoldan çok daha konsantre ve enerjik radyasyon yapmayı başardılar. Yapay radyoizotopların çevremize her boşaltılışı fiziksel, ve biyolojik olarak birbirine

bağlı bir seri olayları başlatır.' Bütün, bunların sonunda serbest bırakılan, materyal atmosfer, toprak ve yeraltı suyu içerisinde hareket ederek çeşitli canlı organizmalara ve en son olarak da insana ulaşır (3), (Şekil 1).

Radyasyon, biri doğrudan diğeri dolaylı etkisi olan. bir zehir sayılabilir. Doğrudan etki kesin. darbedir. Vücuda indiği zaman 'yapılacak birşey yoktur... Dolaylı etki yavaş oluşur. Vücuda tam olarak yerleşmeden önleme olanağı vardır.

Biyolojik olarak, bir hücreye doğrudan çarpan radyasyon onu harabeder, hücre yaşamaya devam etse bile artık kendini yenileyemez., Eğer bu hücre yas.am.sal önem taşıyorsa dokularda -görev bozukluğu oluşur. Eğer ışınlama az yaşamsal moleküllü aktif iyonlara ayırırsa, bu taktirde dolaylı etki söz konusudur., Böylece radyasyonun neden olduğu zararlar .doza göre onarımı olanaklı birkaç önemsiz hücrenin ölümünden başlayıp kanser oluşumuna ve de ani ölümlere neden olabilmektedir (4).

Çok büyük, bir oranda doğrudan radyasyona uğrayan, insanın önce sinir sistemi işlevini kaybeder. Sonra kasılma, ve titreme ile ölür. Yine radyasyondan yüksek, düzeyde büyüyüp çoğalmaya başlar; işte bu isyan eden hücre kanser hücresidir. Eğer bu şekilde yeter sayıda hücrenin düzeni bozularsa dokular, organlar ve vücudun hepsi tahrip olur.,



Şekil 1 Radyoaktif trafik,..



Radyasyon yalnızca moleküllerde değil aynı zamanda molekülleri oluşturan atomların yapısında da değişiklik yaratır. Hücre kromozomlarına yüksek enerjili dalga ve partiküllerin çarpmasıyla hücredeki kimyasal bağlar kopar ve kromozomlar küçük parçalara ayrılır. Kromozom, kalan kısmıyla yetinse bile, kromozom üzerindeki genler hasar görmüş olabilir. Radyasyon ışınlarının vücudu delip geçme özelliğinden dolayı üreme organlarındaki hücrelere çarpan bir ışın sadece o insanda değil ondan sonraki nesillerde de istenmeyen karakterler (el ve ayakların gelişmemesi, kanın pıhtılaşmaması, eksik organlar, ölü doğumlar) oluşturur. Bu olaya mutasyon adı verilir,

Yapay radyasyonun ilk kurbanları

Amerikan Atom Enerjisi Komisyonu 1950 li yıllarda nükleer denemelerin sağlık açısından tehlike olmadığını, açıklayarak halkı bu tarihi olayı seyretmeye çağırdı,, Amerika'da bu denemeleri izleyen binlerce kişi kansere yakalandı» sakat doğumlar şaşırtıcı düzeye çıktı. Daha sonraki yıllarda ise atom denemelerinin atmosferde yapılması uluslararası düzeyde yasaklandı (5).

#### ÇERNOBİL OLAY\*

26 Nisan 1986 tarihinde Ukrayna'nın başkenti Kiev'in 140 km kuzeyindeki Çernobirde tarihin en büyük nükleer kazasında atom bombasının yakıtı, olarak bilinen plütonyumun santral kalbinden dışarı sızmasıyla çevreye, atmosfere bulaştı.

27 Nisan 1986 da kazadan bir gün sonra, rüzgar Karadeniz» Baltık denizi ve İskandinav ülkelerine radyasyon yüklü bulutlan getirmeye başladı,

28 Nisan 1986 günü ilk olarak İsveç yüksek oranda radyasyonu tesbit edince Moskova Televizyonu Çernobil kazasını dünyaya duyurmak zorunda kaldı.

29 Nisanda Amerikan uydusu Çernobil kazasının uzaydan fotoğrafını çekince olayın büyüklüğü anlaşıldı.

30 Nisanda Avrupa, besinler ve ithal edilen mallar üzerinde radyasyon denetimine başladı,

4 Mayıs 1986 da Edirne'de yağın yağmurla radyoaktif maddelerin toprağa düştüğü görüldü ve bir panik yaşandı. Edirne'de alınan birkaç önlemin

dışında önemli bir şey yok denildi.

24 Mayıs 1986 da Avrupa ülkelerinde hamile kadınlar arasında tedirginlik başladığı görüldü.

13 Haziran 1986 gün\* Sanayi ve Ticaret Bakanı. "Türkiye radyasyondan çok etkilenmemiştir, hiçbir gıdada insan sağlığına tehlike verecek oranda radyasyon bulunmamaktadır" açıklamasını yapıyordu.

15 Haziran 1986 da dönemin Atom Enerjisi Kurumu Başkanı ise "Ne bulursanız yiyecek, gıdalarda insan sağlığına zarar verecek ölçüde radyasyon bulunmamaktadır" şeklinde açıklama yapıyordu.

Tüm bu açıklamaların arkasından 13 Temmuz 1986 tarihinde ihraç edilen Türk çayının radyasyon oranının yüksek olması nedeniyle İngiltere'den geri gönderilmesiyle radyasyon yeniden tartışılmaya başlandı.

4 Eylül 1986 da Almanya» Hollanda, Belçika gibi ülkelere radyasyon oranı yüksek olduğundan Türk çayı ve fıncığı geri gönderildi.

2 Aralık. 1986 günü dönemin Sanayi ve Ticaret Bakanı "Ben her gün 7-8 bardak çay içiyorum. Biz radyasyonlu çayı. eski çaylarla, harmanladık ve radyasyonun oranını düşürdük" demesi bilim adamlarınca temiz çayların da kirlendiği şeklinde yorumlandı.

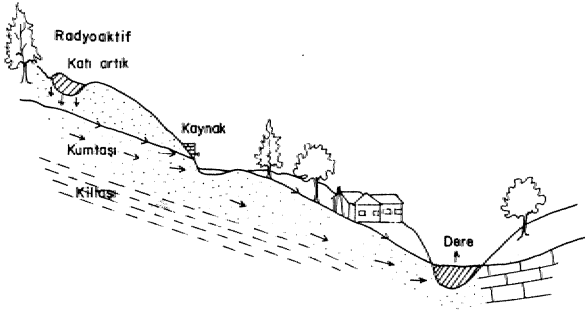
1986 yılı içinde Atom Enerjisi Kurumu yaptığı araştırmalarda çaydaki radyasyonun deme geçiş oranlarını % 1.66 - % 3 olarak, belirti iken, Bakanlık bu oranı % 2 olarak açıkladı. Aynı tarihlerde ODTÜ de Prof. Olcay Birgül başkanlığındaki öğretim üyeleri radyasyonun deme geçme oranının % 60 olduğunu, çayda radyasyonun tehlikeli boyutlarda olduğunu ve radyasyonu büyük bir kısmının deme geçtiğini açıkladılar.

Aradan 6 yıl geçtikten sonra dönemin Sanayi ve Ticaret Bakanı Cahit Aral'ın bir gazetede çıkan. "Radyasyonu gizledik, halktan özür diliyoruz" yolundaki, sözleri, radyasyon tartışmasını yeniden gündeme getirdi.. Konunun TBMM' de görüşüleceği belirtilirken. Sağlık Bakanı konuyla ilgili geniş çalışma başlatıldığını açıkladı.

Bu arada TV de Rize'de naylon torbalarla toprağa gömülen çayların naylon torbalarının

parçalandığı ve gömülen yerin alt seviyesindeki derenin renkli aktığı ve radyasyonun bu. dereye sızdığı derede hiçbir canlı kalmadığı belirtildi (6). Eğer bu iddia doğru ise söz konusu durumun o yöredeki insanlar için büyük tehlike oluşturacağı kesindir (Şekil 2).

Sonuç olarak radyasyonun esas etkisinin on yıldan, sonra görüldüğü bilindiğine göre radyasyonu uzun bir süre daha tartışacağız. Bizleri bu konu-



Su devrinin taradakil hareketinde Sırtı artık sızıntılarının «ayla birlikle» hareketi

Kaynak William Seheş ET  
Environminal Geology  
Pennsylvania., Ross (1975), p. 279

Şekil 2 Yaşamsal öemi olan yeraltı suyunun kirlenmesi.

da düşünmeye sevkeden yitirdiğimiz hocamız Prof, Dr. Olcay BiçüTü saygı ile anıyoruz.

#### DEĞİNİLEN BELGELER

- 1) Radyasyonun Genetik Etkileri, (Ankara: AEK, No: 6) s, 20-2.8.
- 2) Atom. Tabiat ve insan, (Ankara: AEK, 1.969), s. .22.
- 3) Radyoaktif Kalıntılar, (Ankara: AEK, 1968), s. 13.
- 4) Vücutumuz ve Radyasyon (Ankara: AEK, 1969), s, 43-53.
- 5) "Atom Bombasının Amerikalı Kurbanları" (Cumhuriyet, 24 Aralık, 1982), s. 1, sü. 5.
- 6) Ateş Hattı, "Radyasyon" Açıkoturumu.» TRT 1, 6 Ocak 1993 Çarşamba Saat 22.10.

#### KAYNAKÇA

Erden, E., Çevre Soranları Açısından Nükleer Enerji, Türkiye ve Orta Doğu Amme İdaresi Enstitüsü, Kamu Yönelim Lisans Üstü Uzmanlık Programı, Uzmanlık (Master) Tezi Ankara, 1983.

# MADEN TETKİK VE ARAMA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



GENEL MÜDÜRLÜK  
Tel: (4)-287 34 30 Telex: 42040 mta tr. Fax: (4) - 222 82 78 Adres: MTA 06520, ANKARA

## BÖLGE MÜDÜRLÜKLERİ

|  |  |  |   |  |   |
|--|--|--|---|--|---|
| <b>Adana</b><br>Tel: (71) 390472<br>Fax: (71) 390485 | <b>Balıkesir</b><br>Tel: (661) 12702<br>Fax: (661) 30822 | <b>Çorlu</b><br>Tel: (185) 12535<br>Fax: (185) 12981 | <b>Diyarbakır</b><br>Tel: (831) 13027<br>Fax: (831) 21523 | <b>İzmir</b><br>Tel: (51) 188181<br>Fax: (51) 184901 | <b>Kızılcahamam</b><br>Tel: (4531) 1250<br>Fax: (4531) 1251 |
| <b>Konya</b><br>Tel: (33) 132165<br>Fax: (33) 132813 | <b>Malatya</b><br>Tel: (821) 15486<br>Fax: (821) 15485   | <b>Sivas</b><br>Tel: (47) 212430<br>Fax: (47) 237281 | <b>Trabzon</b><br>Tel: (03) 115632<br>Fax: (03) 123144    | <b>Van</b><br>Tel: (061) 51174<br>Fax: (061) 51174   | <b>Zonguldak</b><br>Tel: (381) 14040<br>Fax: (381) 30946    |

İSTANBUL İRTİBAT MÜDÜRLÜĞÜ  
Tel: (1) 144 24 48 Fax: (1) 143 11 39

# Bartington

Bartington Instruments Ltd  
Spendlove Centre, Charlbury,  
Oxford OX7 3PQ, England.

Tel: +44 608 810657  
Fax: +44 608 811417

## Barfington Instruments Ltd

The high technology specialists in innovative magnetic measuring instruments



### **MS2** Magnetic Susceptibility System

The Meter **MS2** is used in conjunction with a variety of probes in the field and laboratory for measurements to a sensitivity of  $1 \times 10^{-6}$  cgs (approx. 0.0003% magnetite) in 1 second.

All sensors are interchangeable without any adjustments. A comprehensive range of IBM - compatible software is available..

The **MS2** system features high accuracy with very low measurement drift. With its wide range of applications the **MS2** will enhance the quality of your survey data,.

### **BSS02A** Borehole Magnetic Susceptibility System

The **BSS02A** is used for mineral prospection and stratigraphic correlation to depths of 6000 metres. It comprises a surface module and a 43mm diameter sonde which is calibrated for a 50mm borehole..

It operates over single conductor cable and can be run in tandem with other tools.. Output is in the form of a continuous sinewave and will not interfere with adjacent channels,

The **BSS02A** has a wide measuring range ( $10^5$  to  $10^7$  cgs) and offers high spatial resolution with very low measurement drift., it will operate to pressures of 10,000 psf and a temperature of 120° C.

For further information contact:

BO PAT Ltd  
Menekşe Sokak.  
No. 13/15 Kiz ilay 06440  
Ankara



Tel : Ankara (4) 417 07 16  
: Istanbul (1) 345 78 31

## **ANADOLULUN RENKLİ OLARAK BASILAN İLK JEOLOJİ HARİTALARI-II**

A) Kastamonu dolaylarının jeoloji haritası:

Kastamonu lisesi Almanca öğretmeni Mehmet Cemal Bey'in. Prof. Richard Leonarden incelemelerinden faydalanarak hazırladığı harita vilayet matbaası dizgicisi Kemal Efendinin yardımıyla 1910 yılında basılmıştır. Orjinal boyuûan 97,5 cm x 70,5 cm olup 1/400.000 ölçeklidir. Haritanın üzerinde Arap alfabesi ile aşağıdaki açıklama yer almaktadır:

Kastamonu,, Kengiraye, Zonguldak., Bolu vilayetlerini tamamen Sinop, Ankara, Eskişehir, Kocaeli vilayetlerini kısmen ihtiva eden ŞİMALİ ANADOLU'nun bir kısmına mahsus mufassal haritadır. İşbu harita Almanya'nın meşahir ulemasından doktor profesör Rişard Leonard'in bu havalide en son olarak yaptığı seyahatlerle esaslı tetkikat ve mesahatina istinaden o civardan getirdiği "paflagonya" nam-ı eserinde münderiç topoğrafik haritadan Kastamoni Lisesi Almanca muallimi Mehmet Cemal bey tarafından aynen nakil ve vilayet matbaası sermürettibi Kemal Efendi tarafından istinsah olunmak suretiyle yapılmıştır.

B) Avrupa Uluslararası Jeoloji Haritasının 33-34-40-41 nolu paftaları:

G. Berg-tarafından düzenlenmiş ve 1911 yılında Almanya'da Berlin'de basılmıştır., Orjinal boyuûan 111 cm. x 104 cm. olup 1/1.500.000 ölçeklidir,

C) 1/800.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası (İstanbul Paftası):

tik basılan resmi Türkiye Jeoloji haritası 1/800.000 ölçekli olup 8 paftadan oluşur. MTA tarafından yayınlanan bu haritanın basım tarihi 1.942 yılı olup, orjinal. boyutları 71 cm. x 53,5 cm dir.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

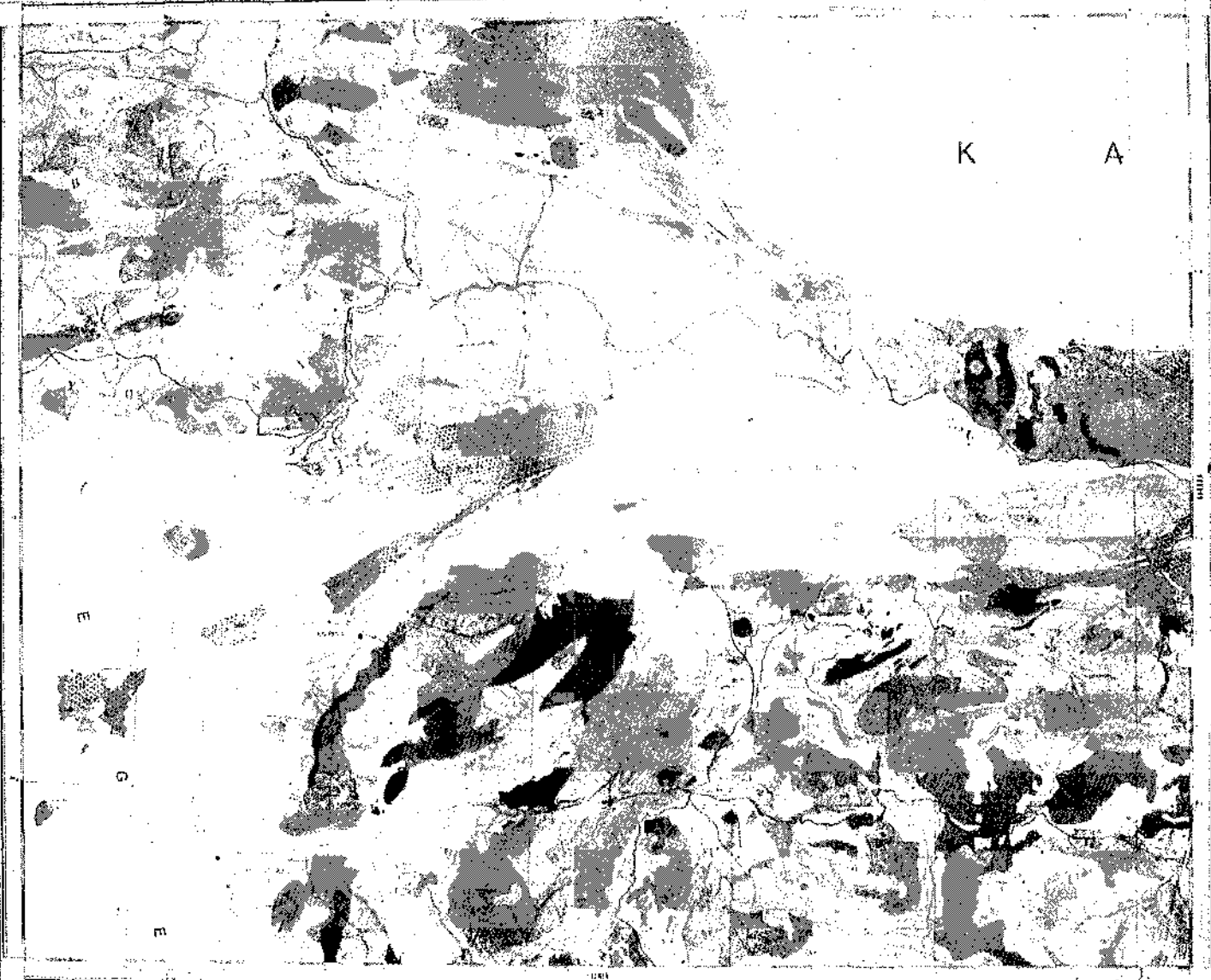
Carta geologica internacional de l'Europa



Yayınlanma Tarihi: 1947  
Yayınlayan Kurum: Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü  
Yayın Yeri: Ankara  
Yayın No: 1000/000

1/500,000 ölçekli jeolojik harita  
1/500,000 scale geological map

- LEGJEND**
- 1. Kuvaterner çökelti (Çökelti)
  - 2. Üst Paleosen (Üst Paleosen)
  - 3. Orta Paleosen (Orta Paleosen)
  - 4. Alt Paleosen (Alt Paleosen)
  - 5. Üst Eosen (Üst Eosen)
  - 6. Orta Eosen (Orta Eosen)
  - 7. Alt Eosen (Alt Eosen)
  - 8. Üst Miyosen (Üst Miyosen)
  - 9. Orta Miyosen (Orta Miyosen)
  - 10. Alt Miyosen (Alt Miyosen)
  - 11. Üst Pliosen (Üst Pliosen)
  - 12. Orta Pliosen (Orta Pliosen)
  - 13. Alt Pliosen (Alt Pliosen)
  - 14. Üst Kuaterner (Üst Kuaterner)
  - 15. Orta Kuaterner (Orta Kuaterner)
  - 16. Alt Kuaterner (Alt Kuaterner)
  - 17. Üst Pleistosen (Üst Pleistosen)
  - 18. Orta Pleistosen (Orta Pleistosen)
  - 19. Alt Pleistosen (Alt Pleistosen)
  - 20. Üst Holosen (Üst Holosen)
  - 21. Orta Holosen (Orta Holosen)
  - 22. Alt Holosen (Alt Holosen)



|    |     |      |      |
|----|-----|------|------|
| VI | VII | VIII | IX   |
| X  | XI  | XII  | XIII |

1/500,000 ölçekli harita



