



# JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

## Editörler

Kemal TÜRELİ  
Ferda ÖNER

## Sekreter

Ercan BAYRAK

## Jeoloji Panorama

Engin Ö. SÜMER  
Mine SÜMER

## Makale İnceleme Kurulu (Sayı 50)

Aydın ARAS (MTA)  
Zeki ÇAMUR (ODTÜ)  
Halis DOĞAN (MTA)  
Erdal HERECE (MTA)  
Hüseyin Avni ÖCAL (MTA)  
Sefer ÖRÇEN (MTA)  
Fuat ŞAROĞLU (TPAO)  
Erçin TÜRKEL (DSİ)

## Sahibi ve Yayın Sorumlusu

Hikmet TÜMER

## Yönetim Yeri

Bayındır Sokak No: 7/1 Kat:1  
Kızılay-ANKARA

## Yazışma Adresi

P.K.464 06424 Kızılay-ANKARA  
Tel : (0-312) 434 36 01  
Fax : (0-312) 434 23 88

[www.jmo.org.tr](http://www.jmo.org.tr)

e-mail: [tmmobj-o@tr-net.net.tr](mailto:tmmobj-o@tr-net.net.tr)

ISSN 1016 - 9172

# TMMOB JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI

## YÖNETİM KURULU

Hikmet TÜMER	Başkan
Tahir ÇEBİ	İkinci Başkan
Erçin TÜRKEL	Yazman
Aydın Bülent BAŞ	Sayman
Bahadır ŞAHİN	Mesleki Uygulamalar Üyesi
Erdem ÇÖREKÇİOĞLU	Yayın Üyesi
Oğuz DEMİRKIRAN	Sosyal İlişkiler Üyesi

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ TMMOB** Jeoloji Mühendisleri Odası yayınıdır. Yılda iki kez yayınlanır. Dergi Odanın amaç, ilke ve yayım koşullarına uygun bilimsel ve teknik yazılara açıktır. Yayımlanan yazılardaki fikir ve teknik sorumluluk yazarlara ait olup, Jeoloji Mühendisleri Odası ve Dergi sorumlu değildir.

## REKLAM FİYATLARI

Arka Dış Kapak (Renkli) .....	40.000.000.-TL.
Arka Dış Kapak (S/B) .....	25.000.000.-TL.
Arka İç Kapak (Renkli) .....	30.000.000.-TL.
Arka İç Kapak (S/B) .....	25.000.000.-TL.
İç Sayfa (S/B) .....	10.000.000.-TL.
1/2 Sayfa (S/B) .....	5.000.000.-TL.
1/4 Sayfa (S/B) .....	2.500.000.-TL.
Özel Renk .....	2.500.000.-TL.
Renk Süzümü .....	2.500.000.-TL.

Tescilli bürolara ve sürekli reklam yayımlanması isteminde % 10 indirim yapılır. Bu sayı 1000 adet basılmıştır.

*Teknik Hazırlık*  
Nitelik Reklam 0 (312) 419 35 46



# JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını

Dr. Mehmet TATAR  
Jeoloji Yük Müh.  
Dön. Ser. İşl. Müdürü

Jeoloji Mühendisliği Dergisi 50. sayısında

## İçindekiler

### Önsöz

### Makaleler

- 1 **Gazlıgöl (Afyon) termal ve maden sularının jeokimyasal özellikleri ve jeotermometre uygulamaları**  
*Halim MUTLU*
- 8 **Magmatik petrojenez çalışmalarında kısmi erime, magma karışımı-asimilasyon, fraksiyonel kristalleşme ve asimilasyon-fraksiyonel kristalleşme süreçlerinin jeokimyasal modellemesi**  
*Sibel TATAR ve Durmuş BOZTUĞ*
- 23 **Yeraltısuyu gözlem kuyularının sondajı ve tasarımı**  
*Hasan YAZICIGİL*
- 33 **Kum-çakıl ocaklarının doğal çevreye; özellikle yeraltısuyuna olumsuz etkilerine çarpıcı bir örnek: Mürted Ovası (Ankara)**  
*Ahmet APAYDIN, Orhan TANER, Tayfun KAVAKLI, Beyhan GÜNER*
- 39 **Manganez yataklarının köken tespitinde mineralojik ve kimyasal veriler**  
*Ali Haydar GÜLTEKİN*
- 47 **Gölbaşı atık sahası yeraltısularının hidrojeokimyası: İlk bulgular**  
*Füsun CANPOLAT, M. Zeki ÇAMUR, Hasan YAZICIGİL*
- 52 **1 Ekim 1995 Dinar depreminin yüzey çatlakları**  
*Hayrettin KORAL, Davut LAÇİN, Şakir ŞAHİN*
- 59 **<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr izotop kronostratigrafisi, yöntem ve yorumları**  
*Yeşim İSLAMOĞLU, Güler TANER*
- 71 **Eskişehir sepiolitinin özellikleri ve seramik bünyelerde kullanılması**  
*Güner SÜMER*
- 75 **“Uranyum serisi ile yaş saptama yöntemlerinin hidrojeolojide kullanım olanakları” hakkında (JMD, 1996 Mayıs, 48, 1-15)**  
*Tartışma: Erhan ALTUNEL, Rifat BOZKURT*  
*Yanıt: Mehmet EKMEKÇİ*
- 80 **“Jeoteknik çalışmalarda doğru adlandırmanın önemi” hakkında**  
*Yanıt: Ersin GİRBALAR*
- 81 **Dünya Periyodiklerinden (CD-Tarama)**
- 92 **Özler/Abstracts**
- 95 **Sempozyum/Seminer/Konferans**
- 104 **Yeni Yayınlar/Kitaplar**
- 109 **Jeoloji Takvimi**

### Tartışma

### Jeoloji Panorama

# **JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ**

**YAZI DİZİNİ (1977 - 1991)**

**DERLEYEN**

**JMO Bilimsel ve Teknik Kurul Üyesi**

**Jeoloji Y. Mühendisi**

**Dr. H. Yavuz HAKYEMEZ**

Ankara, 1991

**TMMOB**



**JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI YAYINLARI : 23**

## **Jeoloji Mühendisliği Dergisi 50. sayısında**

İlk olarak 1976 Şubat, 1. yıl, 1. sayısı ile yayın hayatına başlayan TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası yayın organı “Jeoloji Mühendisliği” dergisi Mayıs 1997, 50. sayısına ulaşmış bulunmaktadır.

Kendisini saygıyla andığımız ilk sayının editörü Sayın Prof. Dr. Gürol Ataman’ın önsözünde belirttiği “... en sağlam bilimsel ve teknik geleneklere dayalı, tarafsız ve özgürce yazmayı ve yayımlamayı amaç edindiğimiz...” tümcesini hatırlayarak; jeolojinin değişik disiplinlerine ait yeni görüş getiren özgün araştırmalar ve uygulamalar, derlemeler, çevirileri içeren yazılarla birlikte son sayılarımızda daha kapsamlı olarak jeoloji dünyasından haber, yayın ve toplantıları meslektaşlarımızın hizmetine sunmanın onuruyla bugünlere kadar geldik.

Sizlerinde görüş, eleştiri ve yazılarıyla daha nice elli’li sayılara ulaşmak dileğiyle; bugüne kadar özveriyle “Jeoloji Mühendisliği” dergisinde görev yapmış yayın kurulu ve makale inceleme kurulu üyeleri ile yazılarıyla katkıda bulunmuş değerli meslektaşlarımızı candan kutlar, meslek hayatlarında başarılar dileriz.

Saygılarımızla...

Jeoloji Mühendisleri Odası  
Yönetim Kurulu

# YER BİLİMLERİ

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayın Organı



1 yıl  
1 Şubat '76

Halim MUTLU

M.T.A. Genel Müdürlüğü, Maden Analizleri ve Teknoloji Dairesi, Ankara

## Gazlıgöl (Afyon) termal ve maden sularının jeokimyasal özellikleri ve jeotermometre uygulamaları

Sıcaklıkları 18.5 ile 64 °C arasında değişen Gazlıgöl termal ve maden suları Na ve HCO<sub>3</sub>'ça zengin bir karakter sergilerler. Sularda tespit edilen düşük sulfat derişimleri büyük olasılıkla bakteriyel sülfat indirgenmesi nedeniyle. Silika ve kation jeotermometreleri ile Gazlıgöl jeotermal sahası için elde edilen rezervuar sıcaklığı maksimum 120 °C dir. Akışkan-mineral denge modeli yardımıyla elde edilen rezervuar sıcaklıkları da bu sonucu desteklemektedir. Yaklaşık 100 °C'lik rezervuar sıcaklığının saptandığı entalpi-klor karışım modeli suların kimyasal bileşim ve sıcaklıklarındaki değişimin, kaynama, derin kökenli sıcak suyun kondüktif olarak soğuması ve bu suyun soğuk su ile karışımını içeren birtakım işlevlerin bir araya gelmesi ile açıklanabileceğini göstermektedir.

### Giriş

Afyon şehrinin yaklaşık 20 km kuzeyinde yer alan Gazlıgöl, bölgenin Ömer-Gecek'den sonra ikinci büyük sıcak su sahasıdır (Şekil 1). Gazlıgöl, çok sayıda sıcak su kaynaklarının yanı sıra, maden sularıyla da bilinmektedir. (Örneğin, Kızılay Maden Suyu).

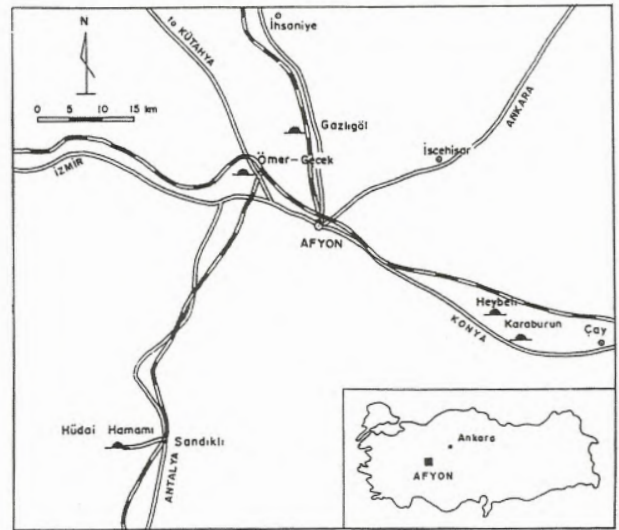
Gazlıgöl alanındaki sıcak su kaynaklarına ait ayrıntılı hidrojeolojik ve yüzey jeolojisi çalışmaları ilk olarak Gökalp (1970) ve Karaman (1972) tarafından yapılmıştır. Gülay (1972) ise, Gazlıgöl sahasındaki sıcak su potansiyelinin sondaj çalışmalarıyla ortaya çıkarılmasına yönelik araştırmalar yapmıştır. Gülay (1972) elde edilen 6 ile 10 ohm-m lik düşük resistivite değerlerini değerlendirerek sıcak su anomalisinin varlığını belirlemiştir.

Alanda toplam 10 adet sıcak su kaynağı tespit edilmiş olup bunların sıcaklıkları 30 ile 40 °C arasında değişmektedir. Bu kaynaklarının çoğu kaptajlanarak banyolara ulaştırılır. Gökalp (1970) bazı kaynak sıcaklıklarının sondaj çalışmalarından önce 70 °C'ye kadar vardığını belirtmektedir.

Gazlıgöl'deki sondaj çalışmaları 1974 yılında MTA tarafından başlatılmış ve sırasıyla G-1, G-2 ve G-3 olmak üzere toplam üç adet jeotermal kuyusu delinmiştir. Bunlardan G-2 kuyusu düşük su debisi nedeniyle kapalı tutulmaktadır. Bu kuyulara ait bazı bilgiler Tablo 1'de verilmiştir. Bunlara ilaveten, GB (Başak kuyusu), GGW (Güngörler kuyusu), GKH (Köy Hizmetleri kuyusu) gibi bazı özel şahıs ve devlet kuruluşları tarafından açılan kuyular da mevcuttur.

Jeotermal kuyuların yanı sıra, Gazlıgöl'de toplam 2 adet maden suyu kuyusu da açılmıştır. Bunlardan ilki, Kızılay Maden Suyu fabrikasının maden suyu gereksinimini karşılamak üzere 1973'de MTA tarafından açılan kuyudur (GMW) (Gökalp, 1973). Bir diğeri ise, Gazlıgöl Belediyesi tarafından halkın kullanımına sunulmak üzere delinmiştir (GMWW). Bunlara ilaveten, alanda iki adet de maden suyu kaynağı (GKOK ve GMWS) yer almaktadır.

Bu çalışma, mineral-akışkan ilişkilerine dayanarak Gazlıgöl'deki sıcak ve maden sularının jeokimyasal değerlendirme-



Şekil 1. Afyon jeotermal alanının bulduru haritası.

Örnek No.	Kuyu derinliği (m)	Üretim Seviyesi (m)	Rezervuar kayaç	Kuyu Başı Sıcaklığı (°C)	Debi (lt/san)	Yıl	Ref.
G-1	138.0	n.d.a.	kuvarsit-kalk şist	67.0	6.0	1974	a
G-2	300.1	n.d.a.	v.y.	51.0	0.428	1990	a
G-3	207.0	146.0	kuvarsit-kalk şist	74.0	28.0	1995	b

a)Demirel, 1990; b)Uzel, 1995; v.y.: veri yok.

**Tablo 1.** Gazlıgöl jeotermal kuyularına ait rezervuar verileri.

sini amaçlamaktadır. Bu çerçevede, suların kimyasal bileşimi ve mineral dengesini etkileyen işlevler belirlenmiştir.

## Jeoloji

Alandaki temel, başlıca muskovit ve serizitten oluşan Paleozoyik şistlerle temsil olunmaktadır (Şekil 2). Şistler genellikle, Alicin çayının batısındaki yüksek kesimlerde yüzeylenirler. Gökalp (1970), bunların daha batıdaki Menderes masifinin devamı olduklarını ileri sürmüştür.

Gökalp (1970), Gazlıgöl'deki Neojen çökellerini yaşlıdan gence doğru  $n_1$ ,  $n_2$  ve  $n_3$  olmak üzere üç farklı litolojik seviyeye ayırmıştır. Yaklaşık 15-20 m'lik bir kalınlık sunan, alta marnlarla başlayıp ve üste doğru kil ve kumtaşları ile devam eden  $n_1$  seviyesi alanın batısında metamorfik kayaçları uyumsuz olarak örtmektedir. İnce tuf bantları, killi kumtaşları ve kireçtaşlarıyla ara tabakalı marnlardan oluşan  $n_2$  seviyesi ise Alicin çayının doğusunda  $n_1$  seviyesinin üzerine uyumlu bir şekilde gelmektedir. Bu seviyenin kalınlığı 20 ile 30 m arasında değişmektedir. Kuvars ve gevşek çimentolu metamorfik kayaç çakıllarından oluşan ve kalınlığı yaklaşık 50 m olan  $n_3$  seviyesi, Şekil 2'de gösterilen alanın KD'sunda kalan Aydoğmuş tepesi civarında  $n_2$  seviyesini uyumlu olarak örtmektedir. Gökalp (1970) bütün bu birimler için Pliyosen yaşı öngörmüştür.

Alandaki Kuvaterner yaşlı allüvyonlar Alicin çayı boyunca çökelmişlerdir (Şekil 2). Gazlıgöl sahasında iki ana traverten oluşumu mevcuttur. Bunlar, irili ufaklı normal faylar yardımıyla yüzeye ulaşan sıcak suların çökerek oluşmuşlardır. Travertenlerden bir tanesi 300 m uzunlukta ve birkaç m genişlikte olup KD-GB doğrultulu iki normal fayın arasında bulunmaktadır. Bir diğeri ise, ilkinin hemen 200 m G-GB'sında yerleşmiş olup KKD-GGB doğrultulu bir başka fay boyunca çökelmiştir.

## Su kimyası

### Örneklerin toplanması

Gazlıgöl alanının jeokimyasal incelemesi 1995 yılının Temmuz ayında gerçekleştirilmiştir. Alandan toplam 11 adet kuyu ve kaynak suyu toplanmıştır (MTA kuyusu dışındakiler yazar tarafından adlandırılmıştır). Toplam yedi kuyudan örnek alınmıştır. Bunlar; GB (Başak kuyusu), GGW (Güngörler kuyusu), GKH (Köy Hizmetleri kuyusu), G-3 (MTA kuyusu), GMWW (Gazlıgöl maden suyu kuyusu), GMW (Kızılay

Maden Suyu kuyusu) ve IMW (İscehisar maden suyu kuyusu) kuyusudur (Şekil2). İscehisar Gazlıgöl'e 20 km kadar uzak olmasına karşın, bu bölgeden alınan örnek (IMW) aralarında genetik bir ilişki olabileceği gerekçesi ile Gazlıgöl maden sularıyla beraber değerlendirilmiştir. Gazlıgöl sahasından sıcak su kaynakları olarak ilçe merkezindeki çamaşırhane (GWH) ve Alicin çayı ile tren yolu arasında bulunan doğal bir kaynak (GS) örneklenmiştir. Ayrıca, sahanın kuzeyinde Kokarca olarak adlandırılan maden suyundan (GKOK) ve yine Kızılay Maden Suyu fabrikası yakınındaki bir maden suyu kaynağından (GMWS) örnek alınmıştır. Son olarak, sahadaki soğuk su bileşimini belirlemek amacıyla, G-3 kuyusu yakınındaki soğuk su çeşmesinden de numune (GCS) alınmıştır (Şekil 2).

### Analitik metodlar

Su örnekleri 500 ml polietilen kaplara filtrelenmek suretiyle toplanmıştır. Herbir örnek iki kısım halinde alınmış olup, katyon analizleri yapılacak olana 5 ml konsantre HCl ilave edilmiştir. Anyon analizleri için toplanan partiye ise bir işlem uygulanmamıştır. Silika konsantrasyonunun 100 mg/l (ppm) üzerinde olabileceği şüphelenilen örnekler ise saf su ile 1/1 oranında karıştırılarak toplanmıştır. Bu tür bir işlem silikanın jel şeklinde çökmesini önlemiştir. Sıcaklık ve pH ölçümleri örnek alın yerlerinde gerçekleştirilmiştir.

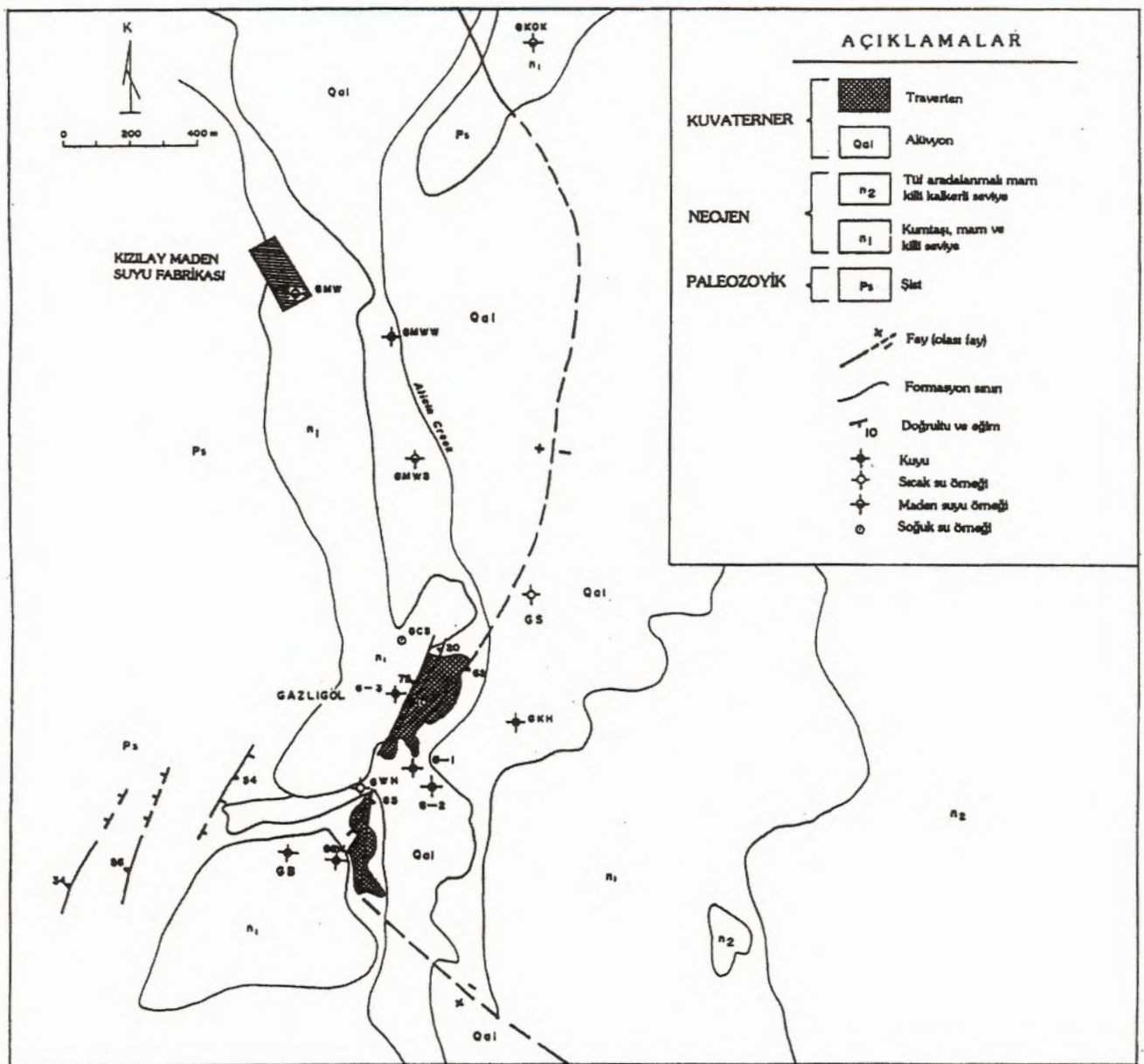
Suların kimyasal analizleri MTA Genel Müdürlüğü Laboratuvarlarında U.S.G.S. (1989)'un standart metodları kullanılarak yapılmıştır. Na ve K konsantrasyonları alev fotometresi ile belirlenmiştir. Ca, Mg, C, ve alkalinite ( $\text{HCO}_3$ ) analizleri için titrasyon metodu kullanılmıştır.  $\text{SO}_4$  konsantrasyonu ise iyon kromatograf ile tayin edilmiştir. Fe, Al,  $\text{SiO}_2$  ve Li analizleri atomik absorpsiyon ile belirlenmiştir. Son olarak, B konsantrasyonları ise spektrofotometri ile elde edilmiştir. MTA laboratuvarları analiz sonuçları için herhangi bir doğruluk ve kesinlik ölçütü rapor edilmemiştir. Fakat, analiz edilen sulara ait yük-denge (charge-balance) oranlarının genellikle %5'den az oluşu nedeniyle (Tablo 2), sonuçlar güvenilir olarak kabul edilmiştir.

### Suların kimyasal özellikleri

Gazlıgöl sularına ait kimyasal analiz sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. pH değerleri 6.1 ile 7.45 arasında değişen sular genel olarak nötr bir karakter sergilerler. Maden suları ise 6.2 civarındaki pH değerleri ile sahanın geneline göre biraz daha asidiktirler. Gazlıgöl sularının toplam çözünmüş madde içeriği (GCS örneği hariç) 2295 ile 4625 mg/l (ppm) arasında değişmektedir (ortalaması 3691 mg/l). Termal kaynaklar en fazla 41.5 °C'lik bir sıcaklığa (GWH) erişirler. Sondaj kuyularından alınan suların sıcaklıkları ise 64 °C'ye kadar (G-3 kuyusu) ulaşabilmektedir. 18.5 ile 31 °C arasında bir sıcaklığa sahip Gazlıgöl maden sularını ise ılık sular olarak nitelemek mümkündür.

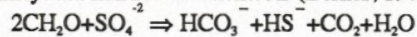
Tablo 2'de verilen su derişimleri Langelier-Ludwig (1942) diyagramına yerleştirildiğinde, tüm Gazlıgöl sularının Na ve





Şekil 2. Gazlıgöl jeotermal sahasının jeoloji haritası. Gökalp (1970)'den basitleştirilmiştir.

HCO<sub>3</sub>'ça zengin oldukları görülmüştür (Şekil 3). Gazlıgöl sularındaki baskın HCO<sub>3</sub> derişimlerinin kökeninin CO<sub>2</sub>'çe zengin sularla olan karışım olduğu söylenebilir. Bu görüş, arazide gözlenen gaz kabarcıkları ile de uyumluluk arz etmektedir. Gazlıgöl'de yapılan ölçümlerde H<sub>2</sub>S gazı saptanmadığından, söz konusu bu kabarcıklar büyük olasılıkla CO<sub>2</sub> gazı olmalıdır. Düşük SO<sub>4</sub> derişimleri de (G-3, GKOK ve GCS, örnekleri hariç, <10 mg/l) gözönüne alındığında, HCO<sub>3</sub>'ın bir diğer kaynağının bakteriyel sülfat indirgenmesi olduğu sonucuna varılabilir. Bu tür indirgenme aşağıda verilen reaksiyonla kontrol edilmektedir (Berner, 1971):



Bu yüzden, sülfat indirgenmesi doğal sularda beklenmedik

şekilde düşük SO<sub>4</sub> derişimlerine sebep olabilmektedir. Gazlıgöl'ün muhtelif kesimlerinden toplanan yüzey sedimanlarında X-ray difraktometre yöntemiyle tespit edilen ince trona (doğal soda) çökelleri (0.5-1 cm) sülfat indirgenmesi görüştüğü güçlendirmektedir. Yukarıda verilen reaksiyon neticesinde açığa çıkan HCO<sub>3</sub> ve CO<sub>3</sub>, ortamda en fazla bulunan katyon olan Na ile birleşerek trona (NaHCO<sub>3</sub>.Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.2H<sub>2</sub>O) ve diğer çözümler sodyum karbonat minerallerini (termonatrit, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, gibi) oluşturmaktadır. Arazide yapılan ölçümlerde H<sub>2</sub>S gazı saptanamaması, kükürtün, sondaj çamuru kırıntılarında (tüm kayacın yaklaşık % 5'i) ve korozyona maruz kalmış sondaj borularında da gözlenebilen piriti (FeS<sub>2</sub>) oluşturmak üzere demir ile bileşiğe girmesi nedeniyledir.

**Tablo 2.** Gazlıgöl jeotermal sahasından toplanan suların kimyasal analiz sonuçları (ppm). Bütün CO<sub>2</sub> konsantrasyonları 0.01 ppm'in altındadır. TÇM: Toplam çözünmüş madde. Y.D.: Suyun yük dengesi. +kuyu, Δkaynak, \*maden suyu.

Örnek No.	T °C	pH	K	Na	Ca	Mg	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Fe <sub>T</sub>	Al	SiO <sub>2</sub>	B <sub>T</sub>	Li	TÇM	Y.D.
GB*	43.5	6.70	43.0	580	87.0	20.0	1696	<10	93	<0.1	<0.02	20	7.5	1.0	2548	3.05
GGW*	42.0	6.45	34.0	464	98.8	23.6	1523	<10	97.8	4.2	<0.02	33	4.2	0.8	2295	0.46
GQR1*	63.0	7.45	80.2	940	37.0	15.3	2471	<10	225	2.2	<0.02	36	12.0	1.9	3821	0.83
GMWS*	11.5	6.55	78.0	920	53.0	16.6	2672	<10	158	<0.1	<0.02	48	12.4	1.9	3960	2.39
GSA*	32.0	6.55	80.2	920	64.0	15.5	2611	<10	158	<0.1	<0.02	60	12.0	1.9	3923	0.73
G-3*	64.0	7.05	88.0	1088	40.0	15.6	2934	15.8	157	0.6	<0.02	61	14.8	1.9	4417	0.28
GKOKA*	22.0	6.10	61.0	666	40.0	12.0	1781	35.0	127	0.8	<0.02	144	9.0	1.2	2877	0.32
GMWSA*	18.5	6.20	91.9	1080	97.8	19.2	3103	<10	167	<0.1	<0.02	38	14.0	1.9	4625	0.25
GMWW*	31.0	6.20	93.8	1041	100.6	16.0	3012	<10	157	<0.1	<0.02	23	16.0	1.8	4474	0.25
GMW*	26.8	6.20	70.0	840	102.0	18.5	2593	<10	127	1.6	<0.02	75	10.8	1.6	3840	1.24
BM*	21.5	6.35	86.0	850	97.4	42.0	2605	<10	83	1.3	<0.02	51	8.0	1.8	3826	2.89
GCSA	18.0	6.40	10.6	32.4	50.8	8.0	170	48.9	38	<0.1	<0.02	71	0.4	<0.1	430	0.21

Gazlıgöl'deki maden suları sıcak sulara nazaran daha soğuk olmalarına rağmen daha yüksek toplam çözünmüş madde içeriğine sahiptirler (özellikle GMWS ve GMWW örnekleri). Bu durum, CO<sub>2</sub> gazının maden sularının bileşimine olan etkisiyle açıklanabilir. Ortamdaki yüksek CO<sub>2</sub> miktarı bu suların pH değerlerini göreceli olarak düşürmektedir (yaklaşık 6.2). Maden suları sıg kökenli olduklarından, olası bir karışımdan önceki pH değerleri muhtemelen mevcut ölçülen pH değerlerinden daha da düşüktür (CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O ⇒ HCO<sub>3</sub>+H<sup>+</sup>).

Termal sulara göre daha asidik olan bu sular, yüksek HCO<sub>3</sub> derişimlerinden kaynaklanan anyon fazlalığını dengelemek üzere çevre kayaları çözerek Na ve K gibi katyonları bünyelerine alırlar. Aşırı HCO<sub>3</sub> oluşumuna neden olan CO<sub>2</sub>'in bu etkisi sadece maden sularıyla sınırlı kalmayıp muhtemelen sıcak sular da içermektedir.

## Jeotermometre uygulamaları

Gazlıgöl jeotermal sahasındaki rezervuar sıcaklığını tespit etmek amacıyla çeşitli jeotermometre metodları kullanılmıştır. Bunlar, sırasıyla jeotermometre hesaplamaları, entalpi-klor diyagramı ve akışkan-mineral denge modelleridir.

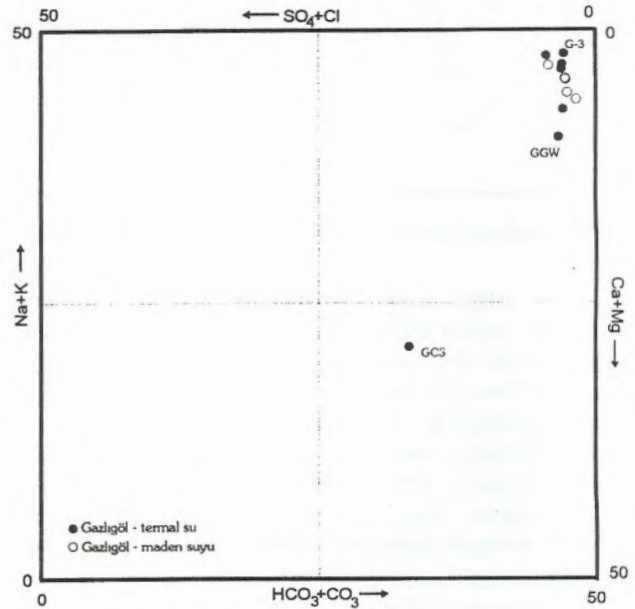
### Jeotermometre Hesapları

Çeşitli silika ve katyon jeotermometrelerinin kullanılmasıyla Gazlıgöl jeotermal sahası için elde edilen rezervuar sıcaklıkları Tablo 3'de verilmiştir. Fournier ve Potter (1982) ve Arnórsson (1985)'ün kuvars jeotermometreleri ile elde edilen rezervuar sıcaklıkları 63 ile 159 °C arasındadır. Fournier (1977) ve Arnórsson ve diğ. (1983b)'nin kalsedon jeotermometresi kullanılarak hesaplanan yüksek sıcaklık, ya örnekleme sırasında ortaya çıkan bir kirlilikten ya da analitik bir hatadan kaynaklanan bir silika anomalisiyle açıklanabilir (144 mg/l lik bir SiO<sub>2</sub> derişimi). Aynı şekilde, GB ve GKH örneklerinden hesaplanan düşük sıcaklıklar (31 ve 56 °C) da belirsizdir. Bunun nedeni, bu suların yüzeye çıkışları sırasında silika çökeltmeleri veya seyreltik soğuk sularla karışmaları olabilir.

Kuvars jeotermometreleri ile hesaplanan rezervuar sıcaklıkları kalsedon jeotermometreleri ile hesaplananlardan daha yüksektir (Tablo 3). Fournier (1991)'in de belirttiği gibi 180 °C'nin altındaki sıcaklıklarda silika çözünürlüğü kuvarstan çok kalsedon ve bazı durumlarda bu her iki mineral

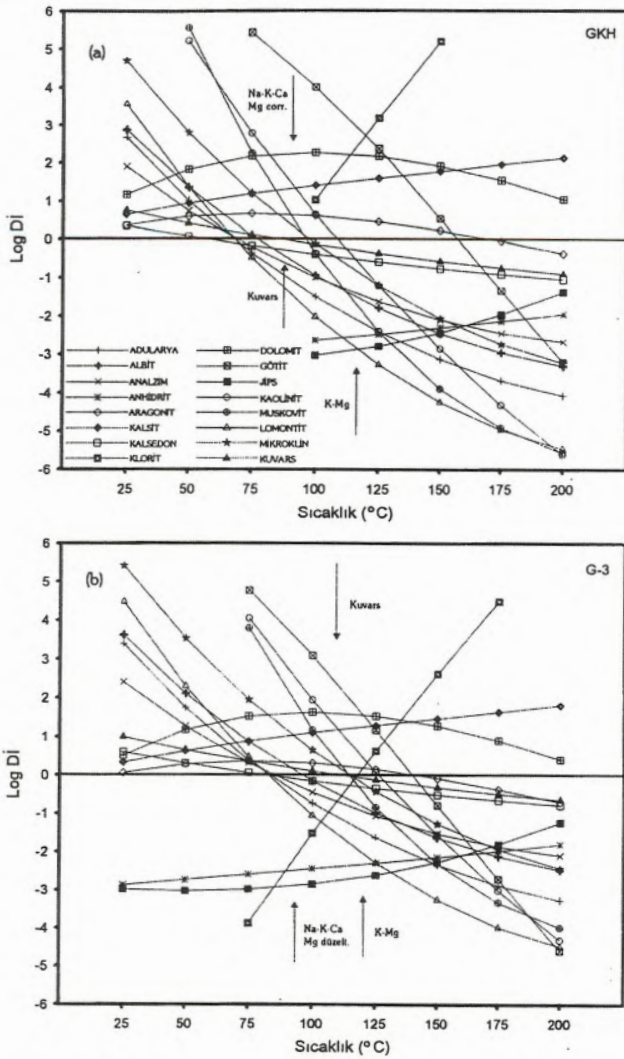
tarafından kontrol edilmektedir. Bazı örnekler için kalsedon jeotermometreleri kullanılarak hesaplanan rezervuar sıcaklıklarının, ya ölçülen sıcaklıktan daha düşük (GB ve GKH) ya da bu sıcaklığı az olarak aşan (GGW) sonuçlar vermesi nedeniyle, Gazlıgöl sahası için kuvars jeotermometrelerinin rezervuar sıcaklıklarını daha iyi yansıttığı söylenebilir. Fakat bu sını katyon jeotermometreleri ile de test edilmelidir.

Katyon jeotermometrelerinden her bir örnek için hesaplanan rezervuar sıcaklıkları, genelde silika jeotermometreleri ile hesaplananlardan daha yüksektir. Giggenbach (1988) ve Arnórsson ve diğ. (1983b)'nin Na-K jeotermometresi ile elde edilen rezervuar sıcaklıkları 165 ile 233 °C arasındadır (Tablo 3). Giggenbach (1988)'in K-Mg jeotermometresi ise 87-120 °C lik bir sıcaklık aralığı ile Na-K'a göre daha gerçekçi gözükmektedir. Na-K jeotermometresi üzerindeki Ca derişimlerinin etkisini azaltmak için Fournier ve Truesdell (1973) tarafından geliştirilen Na-K-Ca jeotermometresi kullanıldığında alınan sonuçlar silika ve K-Mg jeotermometrelerinden hesaplanana göre daha yüksektir (126-198 °C) (Tablo 3). Bunun nedeni, CaCO<sub>3</sub> çökmesidir. Sıvı haldeki Ca<sup>2+</sup> kaybı, Na-K-Ca jeotermometresi için genellikle yüksek sıcaklıklar vermektedir. Na-K-Ca jeotermometresi Mg'ca zengin sulara uygulandığında elde edilen sonuçlar çok yüksek çıkmaktadır. Fournier ve Potter (1979) bunun önlenmesi için, sıcaklık düzeltilmesi olan R gibi bir hesaplanan değer için Na-K-Ca jeotermometresinden çıkartılması gerektiğini savunarak Na-K-Ca-Mg jeotermometresini geliştirmişlerdir. Bu jeotermometrenin Gazlıgöl sularına uygulanmasıyla elde edilen yeni rezervuar sıcaklık aralığı 66-120 °C'dir (Tablo 3).



**Şekil 3.** Gazlıgöl suları için Langlier-Ludwig diyagramı.





Şekil 5. Gazlıgöl suları için mineral denge diyagramları: a) GKH, b) G-3

biri olan WATSPEC (Wigley, 1977) kullanılmıştır. Yüksek sıcaklıklarda daha güvenilir sonuçlar alabilmek için, bu programın termodinamik veri tabanı, Arnórsson ve diğ. (1982)'nin çeşitli mineraller ve bileşiklere ait sıcaklık bağımlı çözünürlük katsayılarının hesaplanmasına ilişkin verdiği denklemlerle değiştirilmiştir.

Özellikle alüminyum silikat minerallerin doygunluk indekslerinin hesaplanmasında, Tablo 2'de verilen 0.02 ppm'den küçük Al değerleri yerine daha kesin Al derişimlerinin kullanılması zorunlu olmakla birlikte, söz konusu bu değer kullanılması ile elde edilecek sonuçların Gazlıgöl jeotermal sahası için maksimum rezervuar sıcaklıklarını vereceği de bir gerçektir (Mutlu, 1996).

Gazlıgöl'deki GKH ve G-3 kuyu sularına mineral-akışkan dengesi metodunun uygulanmasıyla elde edilen sıcaklık-doygunluk indeksi diyagramları Şekil 5'de verilmektedir. Değişik minerallere ait eğrilerden belirlenen doygunluk durumları, bu

minerallerin kimyasal jeotermometreler (özellikle kuvars, K-Mg ve Na-K-Ca-Mg jeotermometreleri) ve entalpi-klor diyagramından elde edilen sıcaklık aralıklarında jeotermal akışkanla denge halinde olduklarını göstermektedir. Başka bir ifadeyle, GKH ve G-3 kuyularına ait su kompozisyonları için farklı minerallere ait doygunluk eğrileri, denge çizgisini ( $\log DI=0$ ) jeotermometreler ve entalpi-klor diyagramından bulunan benzer sıcaklıklarda (sıcaklık aralığında) kesmektedir.

## Sonuçlar

Gazlıgöl termal ve maden suları Na ve  $HCO_3$ 'ça zengin bir bileşime sahiptir. Sahanın hemen hemen tamamında gözlenen Na-karbonat oluşumları ve bu sulara ölçülen düşük sülfat derişimleri bakteriyel bir sülfat indirgenmesine işaret etmektedir.

Jeotermometreler, entalpi-klor karışım modeli ve akışkan-mineral denge modeli kullanılarak Gazlıgöl jeotermal sahası için elde edilen rezervuar sıcaklığı 100 °C civarındadır. Ancak bu tür hesaplamaların, sadece yüksek sıcaklıktaki veya karışımından hiç veya çok az etkilenmiş sulara uygulanacağı da göz ardı edilmemesi gereken bir gerçektir.

## Katkı Belirtme

Bu çalışma, yazarın Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde Doç. Dr. Nilgün Güleç'in danışmanlığı altında gerçekleştirilmiş olan doktora tezinin bir parçasıdır. Yazar, MTA Genel Müdürlüğü'ne doktora çalışmaları sırasında sağladığı katkılarından dolayı teşekkürü bir borç bilir.

## Değinen Belgeler

- Arnórsson, S., Gunnlaugsson, E., and Svavarsson, H., 1982, The chemistry of geothermal waters in Iceland-I. Calculation of aqueous speciation from 0° to 370 °C: *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 46, p. 1513-1532.
- Arnórsson, S., 1985, The use of mixing models and chemical geothermometers for estimating underground temperatures in geothermal systems: *J. Vol. Geothermal Res.*, v. 23, p. 209-335.
- Arnórsson, S., Gunnlaugsson, E., and Svavarsson, H., 1983b, The chemistry of geothermal waters in Iceland-III. Chemical geothermometry in geothermal investigations: *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 47, p. 567-577.
- Berner, R. A., 19971, *Principles of Chemical Sedimentology*, McGraw-Hill Inc., 240 s.
- Çamur, M. Z., 1996, Doğal salamura sularında mineral çökeltim ve çözünümünün termodinamik değerlendirimi için bilgisayar programı: *Jeol. Müh.*, sayı. 48, s. 40-56.
- Demirel, Z., 1990, Gazlıgöl G-2 Sondajı kuyu bitirme raporu: M.T.A. Raporu, No. 9016.
- Fournier, R. O., 1977, Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems: *Geothermics*, v.5, p. 41-50.
- Fournier, R. O., 1991, Water geothermometers applied to geothermal energy. In D'amore, F., Co-ordinator, Application of

- Geochemistry in Geothermal Reservoir Development, UNITAR, United States of America, p. 37-69.
- Fournier, R. O. and Truesdell, A. H., 1973, An empirical Na-K-Ca geothermometer for natural waters: *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 37, p. 1255-1275.
- Fournier, R. O. and Potter, R. W., II, 1979, Magnesium correction to the Na-K-Ca chemical geothermometer: *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 43, p. 1543-1550.
- Fournier, R. O. and Potter, R. W., II, 1982, A revised and expanded silica (quartz) geothermometer: *Geotherm. Resourc. Coun. Bull.*, v. 11, n. 10, p. 3-12.
- Giggenbach, W. F., 1988, Geothermal solute equilibria Derivation of Na-K-Ca-Mg geothermometers: *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 52, p. 2749-2755.
- Gökalp, E., 1970, Gazlıgöl (Afyon) sıcak suları etüd raporu: M.T.A. Raporu, No. 4366.
- Gökalp, E., 1973, Türkiye Kızılay Derneği Afyonkarahisar madensuyu KMS I ve II nolu madensuyu kuyuları bitirme raporu: M.T.A. Raporu, No. 5046.
- Gülây, A., 1972, Afyon, Ömer-Gecek-Afyon Ovası, Gazlıgöl, Çobanlar, Heybeli, Çay yöreleri jeotermik enerji araştırmaları rezistivite etüdüleri raporu: M.T.A. Raporu, No. 4852.
- Henley, R. W., Truesdell, A. H., Barton, P.B., and Whitney, J.A., 1984, Fluid-Mineral equilibria in hydrothermal systems: *Reviews in Economic Geology-Volume 1*, Society of Economic Geologists, 267 p.
- Karamandereci, İ. H., 1972, Afyon K 24-b paftası detay jeoloji etüdü ve jeotermal alan olanakları hakkında rapor: M.T.A. Raporu, No. 5733.
- Langelier, W. and Ludwing, H., 1942, Graphical methods for indicating the mineral character of natural waters: *J. Amer. W. W. Assoc.*, v. 34, p. 335-352.
- Mutlu, H., 1996, Afyon jeotermal alanındaki termal suların jeokimyasal değerlendirilmesi: Jeotermometre uygulamaları ve akışkan-mineral dengesi: Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 169 s.
- Nordstrom, D. K. and Munoz, J. L., 1986, *Geochemical Thermodynamics*, Blackwell Scientific Publications, 477 s.
- Tole, M. P., Armannsson, H., Zhong-He, P., and Arnórsson, S., 1993, Fluid/mineral equilibrium calculations for geothermal fluids and chemical geothermometry: *Geothermics*, v. 22, n.1, p. 17-37.
- Truesdell, A. H. and Fournier, R. O., 1975, Calculation of deep temperatures in geothermal systems from the chemistry of boiling spring waters of mixed origin: *Proc. Second U.N. Symposium on Geothermal Resources*, San Francisco, CA, p. 837-844.
- U.S.G.S., 1989, Methods for determination of inorganic substances in water and fluvial sediments. In: M.J. Fishman and L.C. Friedman (Eds.), *Techniques of water-resources investigations of the U.S.G.S. Book 5, Chapter A1*, 545 p.
- Uzel, Ö. F., 1995, Afyon-Gazlıgöl Kaplıcası G-3 sıcaksu kuyusu bitirme raporu: M.T.A. Raporu.
- Wigley, T.M.L., 1977, WASTPEC: a computer program for determining the equilibrium speciation of aqueous solutions: *Brit. Geomorph. Res. Group Tech. Bull.*, 20, 48 p.

Sibel TATAR ve Durmuş BOZTUĞ  
Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Sivas

# Magmatik petrojenez çalışmalarında kısmi erime, magma karışımı-asimilasyon, fraksiyonel kristalleşme ve asimilasyon-fraksiyonel kristalleşme süreçlerinin jeokimyasal modellenmesi

*Magmatik kayalar, bilindiği gibi, herhangi bir katının çeşitli etkilerle (sıcaklık artışı, ortama uçucu bileşen ilavesi, basınç ferahlaması) kısmi erimeye uğraması sonucu oluşan sıvıların katılaşması ile meydana gelmektedir. Aynı katı kaynak malzemenin farklı erime tipi ve farklı erime yüzdeleri sonucu, farklı magmatik eriyiklerin oluştuğu bilinmektedir. Bu kısmi erime tipleri başlıca iki değişik şekilde gerçekleşmektedir. Bunlardan birincisi, Rayleigh/fractional (Rayleigh/fraksiyonel) erimesi olup, özellikle üst manto peridotitlerinin kısmi erimesi sırasında oluşan sıvının hemen ortamı terk etmesi prensibine dayanmaktadır. Diğer kısmi erime tipi, ise kabuksal kayaların kısmi erimesi sonucu oluşan sıvının ortamı hemen terk edemeyip, ancak belirli bir miktara ulaştıktan sonra ortamdaki uzaklaşabilmesi ve bu miktara ulaşabilmesi için geçen süre zarfında da kalıntı katı ile reaksiyona girerek bileşimini değiştirmesi esasına dayanır ki bu erime tipine de batch/equilibrium (yığın/denge) erimesi denmektedir. Ayrıca, bu her iki tip erime de kendi arasında modal erime ve non-modal erime olmak üzere iki alt tipe ayrılmaktadır. Bu erime tiplerinden herhangi birisiyle oluşan bir magmatik sıvının katılaşması sırasında sıvının ilksel bileşimini değiştiren ve böylece mineralojik-jeokimyasal bileşimleri farklı kayaların oluşumunu sağlayan bir takım süreçler etkin olabilmektedir. Bunlar, başlıca magma karışımı-asimilasyon, fraksiyonel kristalleşme ve asimilasyon-fraksiyonel kristalleşme süreçleridir.*

## Giriş

Üst mantoda ve kabukta değişik oranlardaki farklı kısmi erime süreçleri (batch/equilibrium melting; Rayleigh/fractional melting) ile oluşan magmalar, magma odala-

rında birikme, diyapirik yükselme, katılma ve yeryüzüne ulaşmaları sırasında karışma (mingling/mixing) ve asimilasyon (kirlenme), fraksiyonel kristalleşme (FC), asimilasyon-fraksiyonel kristalleşme (AFC) gibi değişik süreçlerden etkilenmektedir.

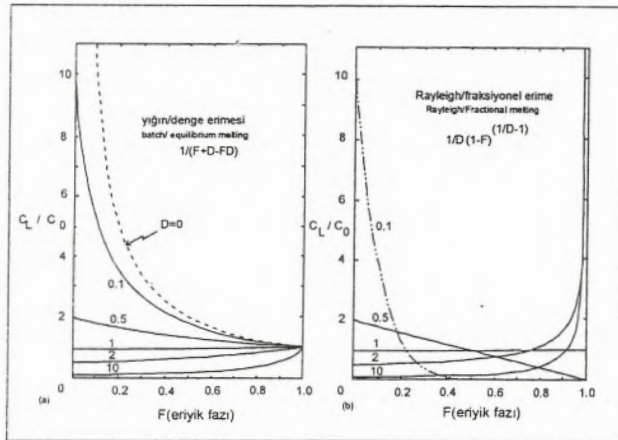
1970'li yıllarda, magmatik petrojenez çalışmalarında, bu tür süreçlerin, kalitatif olarak varlıklarının belirlenmesinin yanısıra kantitatif modellemelerine de yaklaşımda bulunulmaya başlanılmıştır (Gast, 1968; Shaw, 1970; Wright ve Doherty, 1970; Wood ve Fraser, 1976; Allégre ve Minister, 1978). 1980'li yılların başlamasıyla birlikte, artık, hemen hemen tüm magmatik petrojenez çalışmalarında bu tür modelleme çalışmalarına rastlamak olanaklı olmuştur (O'hara ve Mathews, 1981; De Paolo, 1981; Albaréde, 1983; Sparks ve diğ., 1984; Turner ve Campbell, 1986; Wilson, 1989; Albaréde, 1996). Örneğin, herhangi bir magmatik kayaç kütesinin magma kaynağının oluşumu açıklanırken, "üst manto/alt kabuk malzemesinin kısmi erimesi sonucu oluşan magma kaynağı" terimi kullanılırken; kısmi erime tipinin (batch/equilibrium melting veya Rayleigh/fractional melting olup olmadığı) ve erime yüzdesinin modellenmesi de göz önüne alınmıştır. Diğer taraftan, "herhangi bir magmanın katılaşması sırasında etken olan fraksiyonel kristalleşme ve kabuksal kirlenme" gibi süreçlerden bahsedilirken de benzer şekilde hangi minerallerin % kaçlık bir fraksiyonlanması ve ne tür bir kabuk malzemesinin (alt, orta veya üst kabuk olup olmadığı) % kaçlık bir asimilasyonunun gerçekleştiği de artık modelleme çalışmalarıyla ortaya konulmaktadır.

Ülkemizde yürütülmekte olan magmatik petrojenez çalışmalarında ise henüz bu konularda kantitatif modelleme çalışmaları yapılamamaktadır. Bunun önemli nedenleri, bu konudaki eğitim eksikliği başta olmak üzere özellikle mineral kimyası çalışmaları yapılabilecek elektron mikroprob analiz (EMA) ve tümkayaç REE analizleri yapabilecek laboratuvar olanaklarının hemen hemen yok denecek düzeydeki eksikliğidir.

Bu derleme çalışmasının amacı, ülkemizde göze çarpan bu eksikliğin giderilmesine katkıda bulunmak ve bundan sonra yapılacak olan magmatik petrojenez çalışmalarında bu tür konuların kullanımını tartışmaya açmaktır.

### Farklı süreçlerin farklı elementlerle incelenmesi

Magma oluşumu ve oluşan magmanın katılaşması sırasında etkin olan süreçlerin jeokimyasal modelleme çalışmaları için uygun jeokimyasal elementlerin seçimi gereklidir. Örneğin, kısmi erime olayları modellenirken, daha çok, katı faz içerisinde kalmayıp bir an önce sıvı faza geçmeye eğilimli elementlerin gözönüne alınması gerekirken; bunun tam tersine, sıvı özellikteki bir magmanın katılaşması sırasında ise sıvıda kalmaktansa oluşan katı fazların bünyesine girerek magmadan uzaklaşmaya eğilimli elementler gözönüne alınmalıdır (Albarède, 1996). Bunun için, element-mineral ayrılma katsayısının (D) (partition coefficient) bir fonksiyonu olarak ortaya çıkan **uyumlu element** veya **uyumsuz element** kavramları değerlendirilmektedir. Buna göre, herhangi bir elementin mineraldeki konsantrasyonu/sıvıdaki konsantrasyonu >1 ise bu element, bu mineral için uyumludur denilir. Bunun tam tersi durumunda ise uyumsuzdur denilir. Örneğin eser elementlerden Ni elementi, bazaltların ana kayaç oluşturan bileşenlerinden olivin için, Cr elementi ise klinopiroksen için uyumlu element durumundadır. Oysa Yb ve Rb ise her iki mineral için de uyumsuzdur. Bu nedenle, herhangi bir kaynak kayacın kısmi erime sonucu magmaya dönüşmesi sırasında, kaynak kayacı oluşturan minerallerin bünyelerinde kalmayıp da bir an önce sıvı faza geçmek isteyen uyumsuz elementler sıvı fazda, diğer bir deyişle oluşan magmada zenginleşirken, uyumlu elementler ise kalıntı katı malzemede (residual solid) zenginleşecektir (Şekil 1). Bunun tam tersine, magmanın katılaşması sırasında etkin olan fraksiyonel kristalleşme sürecinde



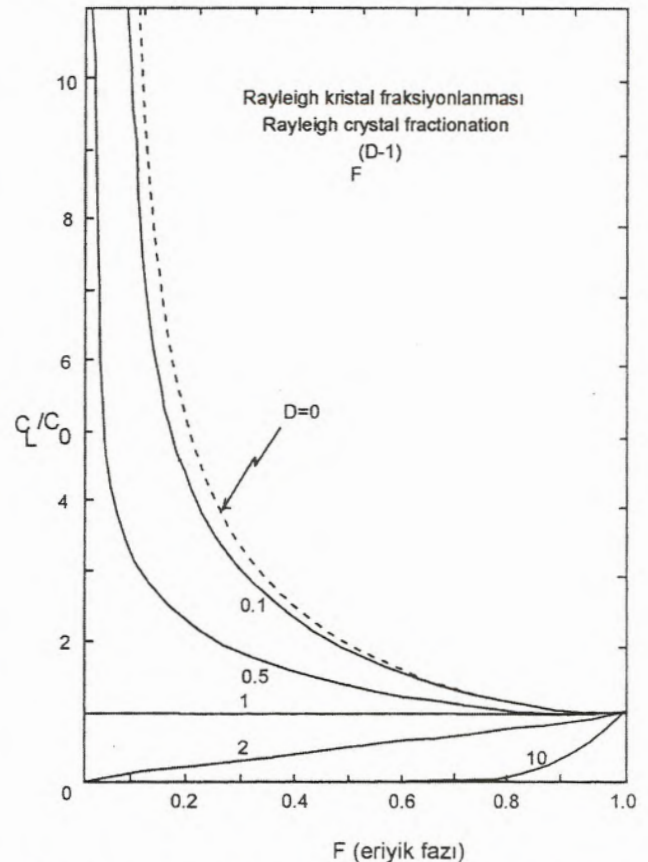
**Şekil 1.** Herhangi bir kaynak kayacın kısmi erime sonucu magmaya dönüşmesi sırasında, kaynak kayacı oluşturan minerallerin bünyelerinde kalmayıp da bir an önce sıvı faza geçmek isteyen uyumsuz elementler (D değeri küçük olanlar) sıvı fazda, diğer bir deyişle oluşan magmada zenginleşirken, uyumlu elementler (D değeri büyük olanlar) ise kalıntı katı malzemede (residual solid) zenginleşecektir (Cox. ve diğ. 1984, s. 340.).  
a. Denge/yığın erimesi  
b. Rayleigh/fraksiyonel erime

ise, magmanın katılaşması sırasında etkin olan fraksiyonel kristalleşme sürecinde ise, magmanın katılaşması sırasında ilk oluşan minerallerin bünyesine girerek tüketilme eğiliminde olan uyumlu elementler minerallerin bünyesine girerek ortamdaki uzaklaştırılırken, uyumsuz elementler ise kalıntı sıvıda (residual liquid) zenginleşecektir (Şekil 2). Bu yüzden, gerek kısmi erime olayında, gerekse bunun tam tersi bir fiziksel olay olan fraksiyonel kristalleşme olayında hangi malzemenin hangi element tarafından daha iyi temsil edilebileceği gözönüne alınarak modelleme çalışmaları yapılmalıdır. Bilindiği gibi,  $\alpha$  ve  $\beta$  mineral fazlarındaki  $i$  eser elementinin ayrılma katsayısı (partition coefficient)

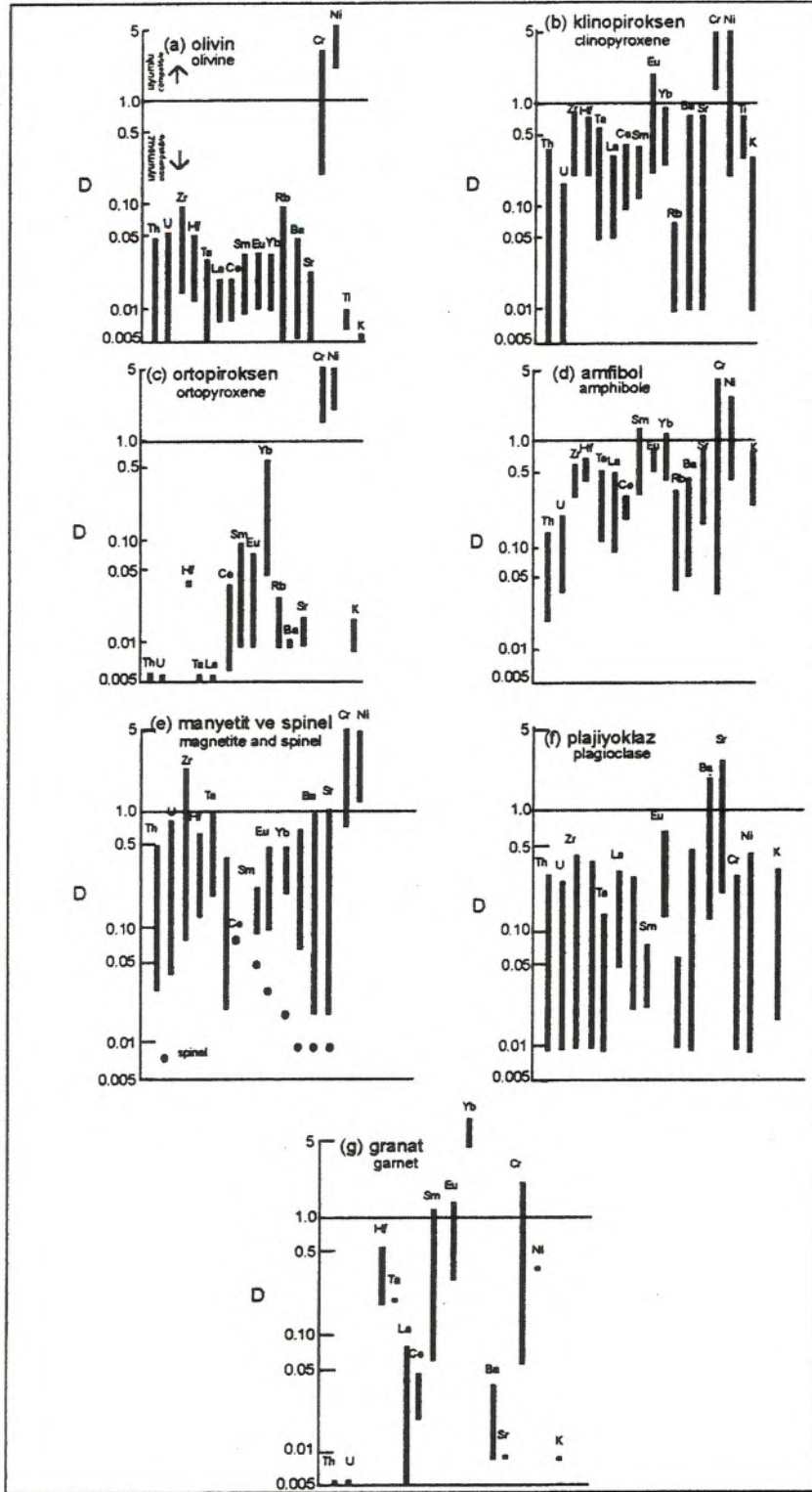
$$C_{\beta}^i/C_{\alpha}^i = K_{\beta/\alpha}^i(T,P)$$

formülü ile ifade edilmektedir.

Bu formülden kolayca anlaşılacağı gibi, ayrılma katsayısı, sıcaklık ve basınca bağımlı bir parametredir. Bu nedenle, çeşitli bileşimlere sahip magmalarda element-mineral ayrılma katsayıları (D), değişik fiziksel ve kimyasal koşullar altında değişik değerler alabilmektedir (Wilson, 1989). Manto bileşimini karakterize eden kayaçların ana minerallerinin (oliv, cpx, opx, amfibol, manyetit-spinel, plajiyoklaz, granat) değişik elementlere göre hazırlanmış D değerleri Şekil 3'de verilmektedir.



**Şekil 2.** Magmanın katılaşması sırasında etkin olan Rayleigh/fraksiyonel kristalleşme sürecinde magmanın katılaşması sırasında ilk oluşan minerallerin bünyesine girerek tüketilme eğiliminde olan uyumlu elementler (D değeri büyük olanlar) minerallerin bünyesine girerek ortamdaki uzaklaştırılırken, uyumsuz elementler ise kalıntı sıvıda (residual liquid) zenginleşecektir (Cox. ve diğ. 1984, s. 341).



**Şekil 3.** Manto bileşimini karakterize eden kayaların ana minerallerinin (olivine, cpx, opx, amfibol, manyetit-spinel, plajiyoklaz, granat) değişik elementlere göre hazırlanmış  $D$  değerleri (Wilson 1989, s. 418-421)



## Kısmi erime

Herhangi bir katı kayacın çeşitli nedenlerden dolayı (sıcaklığın yükselmesi, ortama uçucu bileşen ilave edilmesi ve basınç ferahlaması) eriyerek belli bir miktarda sıvı oluşturma olayı kısmi erime veya anateksi olarak tanımlanabilmektedir. Kısmi erime olayı başlıca iki değişik tipte meydana gelebilmektedir (Gast, 1968; Shaw, 1970; Greenland, 1970; Albarede ve Bottinga, 1972; Wood ve Fraser, 1976). Bunlar batch/equilibrium melting olarak tanımlanan ve yığın/fractional melting olarak tanımlanan ve Rayleigh (distilasyon sırasında kütle ayrılmasının etkilerini formülize eden ünlü fizikçi Rayleigh'nin adına izafeten; Cox ve diğ., 1984) veya fraksiyonel erime olarak Türkçeleştirilebilecek erime tipleridir.

### Yığın/küme erimesi (Batch/equilibrium melting)

Kaynak kayacın kısmi erimeye uğraması sırasında oluşan sıvı faz, diyapirik olarak yükselmeye başladığı ana kadar devamlı olarak kayaç içerisindeki diğer katı faz ile reaksiyona girerek dengelenir. Eriyik miktarı ancak belli bir çokluğa eriştiğinde, magma, kaynağından itibaren ayrılarak yukarıya doğru yükselmesine (yoğunluk farkından dolayı diyapirik olarak yükselme) başlayabilir (Wood ve Fraser, 1976; Wilson, 1989).

Bu erime tipi kendi arasında "modal" (yaygın olmayan erime türü) ve "non-modal" (yaygın olan erime türü) olmak üzere iki alt tipe ayrılmaktadır. Bunlardan mineraller, ilksel modal mineralojik bileşimi ile orantılı olmaktadır. Örneğin, % 40 olivin (fo), : 40 cpx (di) ve % 20 opx (en) minerallerinden oluşan bir manto peridotiti modal erimeye uğradığında, eriyiğe geçen olivin, cpx ve opx mineralleri ilksel modal mineralojik bileşimdeki miktarlarla doğru orantılı olarak erimektedir. Oysa, bu tür kayaçların erime faz denge diyagramları incelendiğinde, yaygın olarak rastlanan durumun böyle olmadığı, eriyiğin kotektik bileşimde olduğu ve her bir bileşenin eriyiğe geçme miktarının erime sıcaklığı ile ilgili olduğu görülmüştür. Örneğin, yukarıdaki örnekte verilen manto peridotitinin erime faz denge diyagramı incelendiğinde, kotektik bileşimli eriyiğin % 70 cpx (di), % 20 opx (en) ve % 10 olivin (fo) bileşiminde olduğu görülmüştür (Wilson, 1989). Bu tür erimeye ise **non-modal** erime denilmektedir. Böylece, doğada modal erimeden ziyade daha çok non-modal erime koşullarının gerçekleştiği kabul edilmektedir (Wood ve Frase, 1976; Wilson, 1989; Rollinson, 1993).

### Modal Batch erime modellemesi

Herhangi bir katı kaynak kayacın modal yığın/denge erimesi türünden kısmi erimeye uğraması durumunda, meydana gelen eriyikteki çeşitli element konsantrasyonlarının kantitatif modellemesinde kullanılan formül şöyledir:

$$C_L / C_0 = 1 / (F + D - FD)$$

Buradaki değerlerden

$C_L$  = Elementin sıvıdaki konsantrasyonu,

$C_0$  = Elementin ilksel katı kaynak malzemedeki konsantrasyonu

$D = \sum X_\alpha D_\alpha$  değeridir ( $X_\alpha$  değeri, erime sonucu oluşan eriyiğin katı kaynak malzemedeki diyapirik olarak yükselmeye başladığı anda kalıntı katı kaynaktaki  $\alpha$  mineral fazının yüzdesidir.  $D_\alpha$  değeri ise ilgili elementin bu mineral için kristal-sıvı ayrılma katsayısı olan partition coefficient parametresidir).

### Non-Modal Batch erime modellemesi

Yukarıda da değinildiği gibi, kısmi erime sırasında eriyik fazına karışan minerallerin, kayacın ilksel mineralojik bileşimindeki oranlarından farklı olması durumunda ki doğada yaygın olarak rastlanılan kısmi erime türü böyledir, eriyikteki element konsantrasyonu şu şekilde hesaplanır.

$$C_L / C_0 = 1 / [(D_0 + F(1 - P))]$$

Bu formülde yukarıdakinden farklı olan parametrelerden

$D_0 = \sum X_\alpha D_\alpha$  ( $X_\alpha$  değeri  $\alpha$  mineral fazının ilksel kayaçtaki oranını;  $D_\alpha$  ise ilgili elementin bu minerale göre olan ayrılma katsayısını gösterir).

$P = \sum p_\alpha D_\alpha$  ( $p_\alpha$  değeri, eriyiğe geçen  $\alpha$  mineral fazının oranını;  $D_\alpha$  ise ilgili elementin bu minerale göre olan ayrılma katsayısını gösterir).

### Fraksiyonel erime (Rayleigh/fractional melting)

Bu tip kısmi erimde, oluşan eriyik, herhangi bir çokluk miktarına ulaşmayı beklemeksizin, daha oluşur oluşmaz, kaynak malzemeyi terkeder ve diyapirik olarak yükselmeye başlar. Bunun nedeni ise, kısmi erime olayının meydana geldiği kesimlerdeki katı kaynak kayaçların geçirgenlik özelliğinde yatmaktadır (Maaloe, 1985). Örneğin, ortamın, oluşan sıvının diyapirik olarak yukarıya doğru çıkmasına izin verecek derecede geçirgen olması durumunda fraksiyonel erime gerçekleşebilmektedir. Ancak, bu geçirgenliğin yeterince uygun olmadığı ve sadece belli bir çokluğa erişmiş sıvının yükselebileceği özellikte olması durumunda ise yığın/denge erimesi (batch/equilibrium melting) olayı gerçekleşmektedir.

Tıpkı yığın/denge erimesinde olduğu gibi, fraksiyonel erimde de modal ve nonmodal erime tipi bulunmaktadır.

### Modal Rayleigh erime modellemesi

Modal tip fraksiyonel erime ile oluşmuş bir magmadaki herhangi bir elementin konsantrasyonu şu formülle modellenmektedir (Wood ve Fraser, 1976; Wilson, 1989).

$$C_L / C_0 = (1/D) X (1-F)^{(1/D-1)}$$

Bu formüldeki değerlerin açıklaması, yukarıdaki yığın/denge erimesinde verilen modal erime formülündeki değerlerin aynısıdır.

### Non-Modal rayleigh erime modellemesi

Tıpkı yığın/denge erimesinin non-modal tip erimesinde olduğu gibi, burada da ilksel kayacın mineralojik bileşimindeki oranlar ile erime sırasında eriyiğe geçen minerallerin oranları arasında fark bulunmaktadır. Bu tip erime sonucu oluşan bir magmanın herhangi bir element içeriği şu formül yardımıyla kantitatif olarak modellenmektedir.

$$C_L / C_0 = (1/D_0) X (1-PF/D_0)^{(1/P-1)}$$

Buradaki değerlerin açıklaması da yine yukarıda verilen non-modal yığın/küme erimesindeki değerlerin aynısıdır.

### Shaw (1970) Erimesi

Schilling ve Winchester (1967) tarafından tanımlanan kısmi erime denklemlerine dayanarak, kendi adıyla anılan bazı modelleme denklemleri ileri süren Shaw (1970), gerek yığın/denge erimesi (batch melting), gerekse fraksiyonel erime (Rayleigh/fractional melting) tiplerinde modelleme yöntemleri ileri sürmüştür. Shaw erime modellemesi olarak bilinen bu çalışmalarda, erime öncesi katı kaynak kayaçta bulunan mineraller için mineral-sıvı ayırılma katsayısının yanısıra, erime sonucu oluşan sıvının normatif mineralojik bileşimi de dikkate alınarak bu normatif mineraller içinde mineral-sıvı ayırılma katsayısı terimi tanımlanmaktadır. Buna göre, erime öncesi katı kaynak kayaçtaki mineral fazları için tanımlanan ayırılma katsayısı

$$D_i^0 = \sum K_j^i X_j^0$$

formülü ile bulunmaktadır. Bu formüldeki değerlerden

$K_j^i$  = Katı kaynak kayaçtaki j minerali için i elementinin ayırılma katsayısı (partition coefficient),

$X_j^0$  = katı kaynak kayaçtaki j mineralinin yüzdesi ( $\sum K_j^0$  değeri 1.00'a eşittir) olarak bilinmektedir.

Diğer taraftan, kısmi erime sonucu oluşan sıvının normatif mineralojik bileşimine ait mineraller için tanımlanan mineral-sıvı ayırılma katsayısı ise şöyle tanımlanmaktadır.

$$P_i = \sum [(X_j^0 - X_j) / F] (K_j^i)$$

Bu formüldeki değerlerden

$X_j$  = Sıvıyı oluşturan normatif j mineralinin yüzdesi

F = Erime yüzdesi

Bu formüllerden itibaren  $D_i$  değeri

$$D_i = (D_i^0 - F P_i) / (1 - F)$$

formülüyle elde edilir. Böylece, yığın/denge erimesi (batch melting) sonucu ortaya çıkan bir magmadaki herhangi bir elementin konsantrasyonu, Shaw modellemesinde şu formülle hesaplanır.

$$C_L^i = (C_0^i) / [D_i^0 + F (1 - P_i)]$$

Bu formüldeki değerlerden

$C_0^i$  = Erime öncesi katı kaynak kayaçtaki elementinin konsantrasyonunu gösterir.

### Örnek Problem 1.

Ni içeriği 2500 ppm, Cr içeriği 1500 ppm, Yb içeriği 0.2 ppm ve Rb içeriği ise 0.01 ppm olan bir manto peridotitinin % 10'luk modal yığın/denge kısmi erimesine uğraması sonucu geriye kalan artık katıda % 60 olivin ve % 40 cpx bulunduğu bilinmektedir. Bu şekilde oluşan magma kaynağının Ni, Cr, Yb ve Rb içeriklerini hesaplayınız.

Çizelge 1. Olivin ve cpx minerallerinin Ni, Cr, Yb ve Rb elementlerine göre olan D değerleri (Albarède 1996, 479s.)

	Ni	Cr	Yb	Rb
Olivin-sıvı	6	1	0.1	0
cpx-sıvı	1	8	0.3	0

$$D_i = \sum p_\alpha D_\alpha$$

formülü uyarınca,

$$D_{Ni} = 0.6 \times 6 + 0.4 \times 1 = 4$$

$$D_{Cr} = 0.6 \times 1 + 0.4 \times 8 = 3.8$$

$$D_{Yb} = 0.6 \times 0.1 + 0.4 \times 0.3 = 0.18$$

$$D_{Rb} = 0.6 \times 0 + 0.4 \times 0 = 0$$

Bu veriler,  $C_L/C_0 = 1/(F+D-FD)$  formülünde yerine konulduğunda;

$$C_L^{Ni} = 676 \text{ ppm}$$

$$C_L^{Cr} = 426 \text{ ppm}$$

$$C_L^{Yb} = 0.763 \text{ ppm}$$

$$C_L^{Rb} = 0.1 \text{ ppm olarak bulunur.}$$

Böylece, manto peridotitini oluşturan olivin ve cpx mineralleri için uyumlu element karakterinde olan Ni ve Cr elementleri, kısmi erime olayı sırasında eriyiğe geçmektense minerallerin bünyesinde kalmayı tercih etmişler (uyumlu element oldukları için) ve meydana gelen sıvıdaki Ni ve Cr konsantrasyonlarının ana kayaçtakinden daha az olmasına neden olmuşlardır.

Diğer taraftan, bu mineraller için uyumsuz element karakterinde olan Yb ve Rb elementleri ise kısmi erime sırasında minerallerde kalmaktansa oluşan sıvıya geçmeyi tercih etmişler (uyumsuz element oldukları için) ve meydana gelen sıvıdaki Yb ve Rb içeriklerinin artmasına neden olmuşlardır. Görüleceği gibi, bu artışlar Yb elementinde 3.5 kat; Rb elementinde ise 10 kattır. Çünkü, Rb elementinin D değeri, Yb elementinkinden daha düşüktür, yani diğer bir deyişle, Rb elementi, Yb elementine göre sıvıya geçme kabiliyeti bakımından daha yüksek değerlere sahiptir.

### Örnek Problem 2.

Yukarıdaki örnekte, ilksel kayacın eser element içerikleri ile kısmi erime sonucu (modal-batch) oluşan eriyiğin eser element içerikleri biliniyorsa, kısmi erime yüzdesi ve erimeden arta kalan kalıntı katı malzemenin yüzde miktarları da bulunabilmektedir. Albarède (1996) tarafından geliştirilen ve matris çözümü esasına dayandırılan bu modelleme çalışması şöyledir.

	Sıvı	ol	cpx				
	Ni	1x676	6x676	1x676	676	4056	676
A=	Cr	1x426	1x426	8x426	= 426	426	3409
	Yb	1x0.763	0.1x0.763	0.3x0.763	0.763	0.0763	0.229
	Rb	1x0.1	0x0.1	0x0.1	0.1	0.0	0.0
			1.854	-0.2761	-0.1972		
	(A <sub>T</sub> A) <sup>-1</sup> =	-0.2761	0.04112	0.02937			
		-0.1972	0.02937	0.02098			
		1.854	-0.2761	-0.1972	2328394	0.10	
	X <sub>0</sub> =(A <sub>T</sub> A) <sup>-1</sup> A <sub>T</sub> Y=	-0.2761	0.04112	0.02937	= 10744340	= 0.54	
		-0.1972	0.02937	0.02098	6802826	0.36	

Bu matris çözümü sonucu elde edilen verilerden birinci satırdaki değer erime yüzdesini (% 10), ikinci satırdaki değer ile üçüncü satırdaki değerlerin toplamı ise erimeden arta kalan katı kalıntı mineral yüzdesini gösterir. Bunlardan ikinci satır olivin, üçüncü satır ise cpx miktarını gösterir. Böylece 0.54 olivin ve 0.36 cpx'den oluşan katı kalıntı içerisinde % ol miktarı

$$0.54/(0.54+0.36) = \% 60 \text{ olivin}$$

şeklinde hesaplanır.

Benzer şekilde erimeden arta kalan katı kalıntı içerisindeki % cpx miktarı ise

$$0.36/(0.54+0.36) = \% 40 \text{ klinoproksen}$$

şeklinde hesaplanır.

### Örnek Problem 3.

% 80 olivin ve % 20 cpx'den oluşan bir peridotitin Ni içeriği 2500 ppm, Cr içeriği 1500 ppm, Yb içeriği 0.2 ppm ve Rb içeriği ise 0.01 ppm'dir. % 10'luk bir modal yığın/denge erimeye (modal batch melting) uğrayan böyle bir kayaçtan itibaren gelişen sıvının normatif bileşiminin % 40 olivin ne % 60 cpx'den oluştuğu bilinmektedir. Bu sıvıdaki element konsantrasyonlarını Shaw modelleme yöntemiyle hesaplayınız (Mineral-sıvı ayırılma katsayıları Çizelge 1. deki gibidir).

Erime öncesi katı kaynak kayaca ait mineral-sıvı ayırılma katsayıları şu şekilde hesaplanır.

$$D_{Ni}^0 = 0.8 \times 6 + 0.2 \times 1 = 5$$

$$D_{Cr}^0 = 0.8 \times 1 + 0.2 \times 8 = 2.4$$

$$D_{Yb}^0 = 0.8 \times 0.1 + 0.2 \times 0.3 = 0.14$$

$$D_{Rb}^0 = 0.8 \times 0 + 0.2 \times 0 = 0$$

Erime sonucu oluşan sıvının normatif mineralleri için tanımlanan mineral-sıvı ayırılma katsayıları ise şu şekilde tanımlanmaktadır.

$$P_{Ni} = 0.4 \times 6 + 0.6 \times 1 = 3$$

$$P_{Cr} = 0.4 \times 1 + 0.6 \times 8 = 5.2$$

$$P_{Yb} = 0.4 \times 0.1 + 0.6 \times 0.3 = 0.22$$

$$P_{Rb} = 0.4 \times 0 + 0.6 \times 0 = 0$$

Bu değerler,

$$C_L^i = (C_0^i) / [D_i^0 + F \cdot (1 - P_i)]$$

formülünde yerine konulduğunda

$$C_{L}^{Ni} = 2500 / [5 + 0.1 \times (1 - 3.0)] = 521 \text{ ppm}$$

$$C_{L}^{Cr} = 1500 / [2.4 + 0.1 \times (1 - 5.2)] = 758 \text{ ppm}$$

$$C_{L}^{Yb} = 0.2 / [0.14 + 0.1 \times (1 - 0.22)] = 0.91 \text{ ppm}$$

$$C_{L}^{Rb} = 0.01 / [0 + 0.1 \times (1 - 0)] = 0.10 \text{ ppm}$$

olarak bulunur.

### Örnek Problem 4.

% 80 olivin ve % 20 cpx'den oluşan bir peridotitin Ni içeriği 2500 ppm, Cr içeriği 1500 ppm, Yb içeriği 0.2 ppm ve Rb içeriği ise 0.01 ppm'dir. % 10'luk bir modal fraksiyonel erimeye (modal Rayleigh/fractional melting) uğrayan böyle bir kayaçtan itibaren gelişen sıvının normatif bileşiminin % 40 olivin ve % 60 cpx'den oluştuğu bilinmektedir. Bu sıvıdaki element konsantrasyonlarını Shaw modelleme yöntemiyle hesaplayınız (Mineral-sıvı ayırılma katsayıları Çizelge 1.deki gibidir).

Erime öncesi katı kaynak kayaca ait mineral-sıvı ayırılma katsayıları şu şekilde hesaplanır.

$$D_{Ni}^0 = 0.8 \times 6 + 0.2 \times 1 = 5$$

$$D_{Cr}^0 = 0.8 \times 1 + 0.2 \times 8 = 2.4$$

$$D_{Yb}^0 = 0.8 \times 0.1 + 0.2 \times 0.3 = 0.14$$

$$D_{Rb}^0 = 0.8 \times 0 + 0.2 \times 0 = 0$$

Erime sonucu oluşan sıvının normatif mineralleri için tanımlanan mineral-sıvı ayırılma katsayıları ise şu şekilde tanımlanmaktadır.

$$P_{Ni} = 0.4 \times 6 + 0.6 \times 1 = 3$$

$$P_{Cr} = 0.4 \times 1 + 0.6 \times 8 = 5.2$$

$$P_{Yb} = 0.4 \times 0.1 + 0.6 \times 0.3 = 0.22$$

$$P_{Rb} = 0.4 \times 0 + 0.6 \times 0 = 0$$

Bu değerler,

$$C_{Si} = C_0^i [1 - (FP_i/D_i^0)]^{1/P_i} / (1 - F)$$

ve

$$C_L^i = [C_0^i - (1 - F) C_s^i] / F$$

formüllerinde (Albarède, 1996) yerine konularak işleme devam edilir. Bu formüldeki değerlerden

$C_s^i$  = i elementinin fraksiyonel erime sonucunda erimeden arta kalan katıdaki konsantrasyonu

$C_0^i$  = i elementinin fraksiyonel erime öncesi katı kaynak kayaçtaki ilksel konsantrasyonudur.

$C_L^i$  = elementinin fraksiyonel erime sonucu oluşan sıvıdaki konsantrasyonu

$$C_s^{Ni} = C_0^{Ni} [1 - (FP_{Ni}/D_{Ni}^0)]^{1/P_{Ni}} / (1 - F)$$

$$C_s^{Ni} = 2500 [1 - (0.1 \times 3 / 5)]^{1/30} / 1 - 0.1$$

$$C_s^{Ni} = 2721 \text{ ppm}$$

Benzer şekilde hesaplamalarla

$$C_s^{Cr} = 1590 \text{ ppm}$$

$$C_s^{Yb} = 0.10 \text{ ppm}$$

$$C_s^{Rb} = 0 \text{ ppm}$$

olarak bulunur.

Diğer taraftan, böyle bir erime sonucunda (modal fraksiyonel erime) oluşan sıvıdaki element konsantrasyonları ise şu şekilde bulunur.

$$C_L^{Ni} = [C_0^{Ni} - (1 - F) C_s^{Ni}] / F$$

$$C_L^{Ni} = [2500 - (1 - 0.1) 2721] / 0.1 = 511 \text{ ppm}$$

bulunur.

Benzer şekilde

$$C_L^{Cr} = 690 \text{ ppm}$$

$$C_L^{Yb} = 1.08 \text{ ppm}$$

$$C_L^{Rb} = 0.10 \text{ ppm}$$

olarak bulunur.

Sonuç olarak, Ni içeriği 2500 ppm, Cr içeriği 1500 ppm, Yb içeriği 0.2 ve Rb içeriği ise 0.01 ppm olan ve mineralojik bileşimi % 80 olivin + % 20 cpx'den oluşan bir peridotitin % 10'luk bir modal yığın/denge (modal batch melting) ve modal fraksiyonel erimeye (modal Rayleigh/fractional melting) uğraması sonucu açığa çıkan sıvının element içerikleri Shaw modellemesiyle hesaplandığında şu verilerin elde edildiği görülür (Çizelge 2).

## Magma Karışımı (Mingling/Mixing) ve Asimilasyon (Kirlenme)

Türkçe yerbilimleri literatüründe Yılmaz ve Boztuğ (1994) tarafından hazırlanan bir derleme çalışmasında oldukça ayrıntı

**Çizelge 2.** % 10'luk modal batch ve modal Rayleigh erimesine uğrayan bir manto peridotitinde erime sonucu oluşan sıvıdaki çeşitli element konsantrasyonlarının Shaw modellemesiyle elde edilen değerlerinin karşılaştırılması.

Element	İlksel katıdaki konsantrasyon	modal denge erimesinde element içeriği (batch)	modal fraksiyonel erimde element içeriği (Rayleigh)
Ni	2500 ppm	521 ppm	511 ppm
Cr	1500 ppm	758 ppm	6990 ppm
Yb	0.20 ppm	0.991 ppm	1.08 ppm
Rb	0.01 ppm	0.10 ppm	0.10 ppm

tılı bir şekilde verilen magma karışması, eş yaşlı (co-aval) mafik ve felsik magmaların, kendi fiziksel ve kimyasal özelliklerini koruyarak heterojen bir şekilde karışmaları (magma mingling) ve bu özelliklerini koruyamayarak homojen bir şekilde karışmaları (magma mixing) olaylarını tanımlamaktadır. Karışmanın heterojen veya homojen bir şekilde meydana gelmesindeki en önemli faktör, magmaların sahip olmuş oldukları viskozite özelliğinden kaynaklanmaktadır (Fernandez ve Barbarin, 1991; Didier ve Barbarin, 1991). Örneğin, viskozite özelliği bakımından Newtonian davranış aşamasında olan bir felsik magma ile visko-plastik davranış aşamasında olan mafik bir magma karıştığında, her iki magma da kendi özelliklerini koruyarak heterojen bir şekilde karışmaktadır (magma mingling). Bu tür bir magma karışması, sadece, arazide, felsik bileşimli granitoidler içerisinde cm-dm boyutlarına sahip olarak gözlenebilen mikrogranüler dokulu mafik magmatik enklavların varlığıyla tanımlanmaktadır. Bu derleme çalışmasının ana konularından birisini oluşturan ve jeokimyasal olarak modellenen magma karışması ise doğal olarak, viskozite özellikleri bakımından Newtonian davranış aşamasında olan felsik ve mafik magmaların homojen karışımı (magma mixing) şeklinde gelişen ve başlıca özel mikroskopik dokuların (Hibbard, 1991; 1995) yanısıra jeokimyasal diyagramlar yardımıyla da tanımlanabilen magma karışmasıdır ki aynı zamanda magma mixing olarak da bilinmektedir (Yılmaz ve Boztuğ, 1994). Böyle bir magma karışması mekanizmasında, felsik ve mafik magmaların her biri kendi fiziksel ve kimyasal özelliklerini kaybetmekte ve ortaya hibrid karakterli yeni bir magma kaynağı çıkmaktadır.

Asimilasyon (kirlenme) terimi ile viskozite özelliği bakımından Newtonian aşamasında olan herhangi bir magmanın, diyapirik olarak yükselmesi sırasında katı haldeki yan kayaçları (eğer bu yan kayaçlar magmatik kayaçlar ise, bunlar, diğer bir deyişle viskozite özelliği bakımından plastik evrede olan magmatik ürünler olarak da tanımlanabilir) bünyesine alıp tamamen özümseyerek kendi ilksel bileşimini değiştirmesi olayını tanımlamaktadır. Böylece, magma mixing olayı ile asimilasyon olayı arasındaki fark, magma mixing sürecinde her iki magmanın da Newtonian viskoziteye; asimilasyon sürecinde ise yan kayaçların magmatik olması durumunda plastik viskoziteye ve bunları özümseyerek kendi ilksel bileşimini değiştiren

magmanın da Newtonian viskoziteye sahip olmalarıdır. Magma mixing sürecinin ve bu şekilde tanımlanması durumunda asimilasyon sürecinin benzer olaylar oldukları ve aynı jeokimyasal modellerle formülleriyle incelenebilecekleri Cox ve diğ. (1984; 356-357s.) tarafından da zaten belirtilmektedir.

Diğer süreçlerde olduğu gibi, magma karışması ve asimilasyon süreçlerinin jeokimyasal modelleme çalışmalarına da kabaca 1970'li yıllarda başlanılmıştır. Başlangıçta, U-Th-Pb sistemlerine dayandırılan radyometrik yaş tayini çalışmalarında tanımlanan (Steiger ve Wasserburg, 1966) magma karışması ve asimilasyon olaylarının, daha sonra yapılan çalışmalarda (Vollmer, 1976; Langmuir ve diğ., 1978; Juteau ve diğ., 1986) eser element/eser element varyogramlarında hiperbolik trend vermesiyle karakteristik olduğu ortaya konulmuştur (Cox ve diğ., 1984; Wilson, 1989; Albarède, 1996).

Yukarıda özetlenen verilerden dolayı, bu derleme çalışmasında, bundan böyle, gerek magma mixing, gerekse asimilasyon süreçleri "karışım", "asimilasyon" veya "kirlenme" adı altında sadece bir terim olarak tanımlanacaktır.

n bileşenli bir karışımda,  $C^{ii}$  ve  $C^{i2}$  konsantrasyonlarına sahip iki türün oranı

$$(C^{i2} / C^{ii})_{\text{mix}} = \sum (C^{i2} / C^{ii})_j \phi_j^{ii}$$

formülüyle ifade edilmektedir (Albarède, 1996). Buradaki

$$\phi_j^{ii} = (C / C_{\text{mix}}^{ii}) f_j$$

olarak tanımlanmaktadır. Bu formüldeki değerlerden

$C_j^{ii}$  = fazındaki il elementinin (veya izotopunun) konsantrasyonu

$C_{\text{mix}}^{ii}$  = karışımdaki il elementinin (veya izotopunun) konsantrasyonu

$f_j$  = Karışımdaki j fazının yüzdesidir.

### Örnek Problem 5.

% 50 hamur, % 30 olivin ve % 20 cpx'den oluşan bir kayaçtaki FeO/MgO oranını hesaplayınız. Hamurun % 11'i FeO, % 10'u MgO; olivinin % 15'i FeO, % 45'i MgO; cpx'in % 4'ü FeO, % 18'i MgO'dan oluşmaktadır.

Bu veriler

$$(C^{i2} / C^{ii})_{\text{mix}} = \sum (C^{i2} / C^{ii})_j \phi_j^{ii}$$

formülünde yerine konulduğunda

$$(FeO/MgO)_{\text{karışım}} = (FeO/MgO)_{\text{hamur}} \phi_{\text{hamur}}^{MgO} + (FeO/MgO)_{\text{ol}} \phi_{\text{ol}}^{MgO} + (FeO/MgO)_{\text{cpx}} \phi_{\text{cpx}}^{MgO}$$

bağıntısı elde edilmektedir.

Bu bağıntıdaki  $\phi_{\text{hamur}}^{MgO}$ ,  $\phi_{\text{ol}}^{MgO}$  ve  $\phi_{\text{cpx}}^{MgO}$  değerlerinin elde edilmesi için öncelikle şu değerlerin hesaplanması gerekmektedir.

$$C_{\text{hamur}}^{MgO} f_{\text{hamur}} = 10 \times 0.5 = 5$$

$$C_{\text{ol}}^{MgO} f_{\text{ol}} = 45 \times 0.3 = 13.5$$

$$C_{\text{cpx}}^{MgO} f_{\text{cpx}} = 18 \times 0.2 = 3.6$$

Bu değerlerin toplamı  $5 + 13.5 + 3.6 = 22.1$  değeri olup, prensip olarak % 100'e eşit olmaktadır.

Bu değerleri kullanarak

Bu değerleri kullanarak

$$\varphi_j^{il} = (C_j^{il} / C_{mix}^{il}) f_j$$

formülü uyarınca her bir bileşen için (groundmass, olivin ve cpx için)  $\varphi_{gd}^{MgO}$ ,  $\varphi_{ol}^{MgO}$  ve  $\varphi_{cpx}^{MgO}$  değerleri şu şekilde hesaplanır.

$$\varphi_{gd}^{MgO} = 5 / 22.1 = 0.226 \% \rightarrow 22.6$$

$$\varphi_{ol}^{MgO} = 13.5 / 22.1 = 0.611 \% \rightarrow 61.1$$

$$\varphi_{cpx}^{MgO} = 3.6 / 22.1 = 0.163 \% \rightarrow 16.3$$

Bu veriler

$(FeO/MgO)_{rock} = (FeO/MgO)_{gd} \varphi_{gd}^{MgO} + (FeO/MgO)_{ol} \varphi_{ol}^{MgO} + (FeO/MgO)_{cpx} \varphi_{cpx}^{MgO}$  formülünde yerine konulduğunda  $(FeO/MgO)_{rock} = (11/10) \times 0.226 + (15/45) \times 0.611 + (4/18) \times 0.163 = 0.488$  olarak bulunur.

### Örnek Problem 6.

Sr içeriği 400 ppm ve  $^{87}Sr/^{86}Sr$  oranı 0.704 olan bir bazaltik magma, Sr içeriği 100 ppm ve  $^{87}Sr/^{86}Sr$  oranı 0.712 olan bir kabuksal gnaysı asimile ederek kirlenmiştir. Bu asimilasyon ve kirlenme süreci sonucunda ortaya çıkan hibrid bazaltın  $^{87}Sr/^{86}Sr$  oranı 0.705 olarak ölçülmüştür. Bu asimilasyon sürecine katılan bazaltik magma ile kabuksal gnaysın oranlarını bulunuz.

Bu veriler

$$(C^{il}/C^{il})_{mix} = \sum (C^{il}/C^{il})_j \varphi_j^{il}$$

formülünde yerine konulduğunda

$$(^{87}Sr/^{86}Sr)_{hyb} = (^{87}Sr/^{86}Sr)_{bas} \varphi_{bas}^{86Sr} + (^{87}Sr/^{86}Sr)_{gn} \varphi_{gn}^{86Sr}$$

Bu formülde  $\varphi_{bas}^{86Sr}$  değerlerinin tamamının toplamı 1.00 (yani % 100) olduğundan dolayı, yukarıdaki formül aynı zamanda

$$(^{87}Sr/^{86}Sr)_{hyb} = (^{87}Sr/^{86}Sr)_{bas} + [(^{87}Sr/^{86}Sr)_{gn} - (^{87}Sr/^{86}Sr)_{bas}] \varphi_{gn}^{86Sr}$$

olarak da ifade edilebilmektedir.

Buradan itibaren

$$\varphi_{gn}^{86Sr} = [(^{87}Sr/^{86}Sr)_{hyb} - (^{87}Sr/^{86}Sr)_{bas}] / [(^{87}Sr/^{86}Sr)_{gn} - (^{87}Sr/^{86}Sr)_{bas}]$$

$$\varphi_{gn}^{86Sr} = (0.705 - 0.704) / (0.712 - 0.704) = 1/8$$

Bu verileri elde ettikten sonra, 1 gr Sr atomundaki  $^{86}Sr$  izotopunun miktarını  $\alpha^{86}$  olarak göz önüne alalım. Bazalt ve kabuksal gnays arasındaki asimilasyon süreci sonucunda ortaya çıkan hibrid bazalttaki kabuksal gnays yüzdesi  $f_{gn}$  olarak alınırsa,  $1-f_{gn}$  değeri ise bazaltın yüzdesini verecektir. Böylece, bu değerlendirmelerin ışığında,

$$\varphi_{gn}^{86Sr} = (f_{gn} 100 \alpha_{gn}^{86}) - [(f_{gn} 100 \alpha_{gn}^{86} + (1-f_{gn}) 400 \alpha_{bas}^{86}] = 1/8$$

bağıntısı elde edilebilmektedir.

Diğer taraftan, Sr izotop jeokimyasından bilindiğine göre (Faure, 1986), Sr elementini oluşturan izotopların içerisinde bolluk oranı en büyük olan izotop  $^{88}Sr$  izotopudur. Çünkü, doğal olarak bulunan dört adet Sr izotopundan  $^{88}Sr$ ,  $^{87}Sr$ ,  $^{86}Sr$  izotoplarının bolluk oranlarının sırasıyla % 82.53, %7.04, %9.87 ve % 0.56 oldukları bilinmektedir (Faure, 1986; s. 118). Bu nedenle,  $^{86}Sr$  izotopunun miktarı tüm bileşenler için hemen hemen eşit olarak alınabileceğinden, yukarıdaki formülde ihmal edilebilecek bir parametre olarak değerlendirilmektedir.

Böylece, yukarıdaki formülden itibaren

$$800 f_{gn} = 100 f_{gn} + (1-f_{gn}) 400$$

bağıntısı elde edilmektedir. Buradan itibaren

$$f_{gn} = 400/1100 = 0.364 \rightarrow \% 36.4$$

$$f_{gn} = 1-f_{gn} = 700/1100 = 0.636 \rightarrow \% 63.3$$

sonucu elde edilmektedir. Diğer bir deyişle, böyle bir hibrid bazalttaki karışım oranında, ilksel bazaltik magmanın % 63.6 ve kabuksal gnaysın ise % 36.4 olduğu sonucuna varılmıştır.

## Fraksiyonel kristalleşme

Herhangi bir fazın, homojen bir ortamdan, kimyasal veya izotopik fraksiyonlanma ile progresif bir şekilde uzaklaşması durumunda, fraksiyonel kristalleşme (fractional crystallization, FC) modellemesi uygulanabilmektedir (Albarède, 1996). FC modellemesi, daha çok, katılaşmakta olan bir magma içerisinde meydana gelen eser element fraksiyonlanması ile ilgilenmekle birlikte, hidrotermal süreçleri veya bir gölde meydana gelen evaporasyon süreçleriyle de ilgilenmektedir. Bu durumda, fraksiyonlanmaya bağlı olarak ana magmanın bileşimi belli bir değişim gösterirken, aynı zamanda FC ile ortamdan uzaklaşan mineraller de zonlu doku göstermektedir. Magma içerisinde oluşan minerallerin, FC süreci ile magmadan ayrıldıkları anda hem kimyasal hem de izotopsal olarak denge halinde oldukları kabül edilmektedir (örneğin, bir bazaltik eriyik içerisinde kristalleşen bir plajiyoklazın Sr içeriği, magmanınkinden iki kat fazladır). Bu nedenle, FC sürecinin modelleme denklemlerindeki ana fikir, katı-sıvı ara kesitinde bir denge halinin mevcut olması kabül edilmesine dayandırılmaktadır.

Homojen bir magmadaki m adet elementin içerisinde i elementinin, katılaşan bir j minerali ile sıvı (L) arasındaki fraksiyonlanması göz önüne alındığında şu formüle ulaşılmaktadır (Albarède, 1996).

$$d \ln C_L^i = (D_i - 1) d \ln F$$

Bu formüldeki değerlerden

$C_L^i$  = i elementinin sıvıdaki konsantrasyonu

$D_i$  = Katı-sıvı arımlanma katsayısı (partition coefficient)

F = Kristalleşen mineral fazı yüzdesidir.

Diğer taraftan, herhangi bir kümülata kayacındaki i mineralinin toplam mineral-sıvı arımlanma katsayısı olan  $K_j^i$  ve kümülata oluşturan mineral yüzdeleri olan  $f_j$  parametrelerini göz önüne alarak, yukarıdaki formül şu şekilde da yazılabilmektedir.

$$d \ln C_L^i = \sum (K_j^i - 1) f_j d \ln F$$

Bu formül, sabit bir  $D_i$  değeri kullanılarak Rayleigh distilasyon formülüne uygulandığında

$$C_L^i = C_0^i F^{D_i - 1}$$

şekline dönüşmektedir. Burada

F = 1 olarak alınmaktadır.

$C_0^i$  ve  $C_L^i$  değerleri, sırasıyla, kristallenme öncesi ilksel magmadaki ve oluşan kristallerin FC süreciyle fraksiyonlanması sonucu geriye kalan sıvıdaki i elementinin konsantras-

yonlarını gösterir.  $D_i$  değerinin 0.1 ve 5 olması durumunda, bir magmanın FC sürecinin etkisi altında katılaşması sırasında,  $C_L/C_0^i$  değeri, yani bir diğer deyişle,  $i$  elementinin FC süreci sonunda arta kalan sıvıdaki zenginleşme/tüketilme derecesi Şekil 4'de görülmektedir. Magma içerisinde kristallenerek kendiliğinden ayrılan (gravitatif süreçler yardımıyla dibe çöken) herhangi bir katıdaki  $i$  elementinin konsantrasyonu olan ( $C_s^i$ ) değeri

$$C_s^i = D_i C_L^i = D_i C_0^i F_i^{D_i-1}$$

formülüyle belirlenir. Magmanın katılaşması sonucu meydana gelen kayacın  $i$  elementi için ortalama toplam konsantrasyonu  $ortC_s^i$  olarak kabul edilirse

$$C_0^i = F C_L^i + (1-F) ortC_s^i$$

veya

$$ortC_s^i = C_0^i (1-F_i^{D_i}) / (1-F)$$

formülü elde edilmektedir. Diğer taraftan,

$$C_L^i = C_0^i F_i^{D_i-1}$$

bağıntısını kullanarak

$$ortC_s^i = C_L^i (1-F_i^{D_i}) / [(1-F) F_i^{D_i-1}]$$

formülü elde edilir.

Yukarıda belirtilen FC modelleme denklemlerinden  $C_L^i = C_0^i F_i^{D_i-1}$  şeklinde gösterilen Rayleigh denklemi,  $D_i$  değerlerinin sabit olduğu varsayımına dayanmaktadır. Bu varsayım, Allégre ve diğ. (1977) tarafından ayrıntılı olarak tartışılmıştır. Albarède (1996) belirttiğine göre, bir kümülat kayacının FC süreci ile katılaşması sırasında gerçekleşen fiziko-kimyasal koşul-

lar (örneğin katı-sıvı faz sınırlarının yaklaşık olarak çizgisel olması gibi),  $D_i$  değerinin gerçekten sabit kalabileceğini işaret etmektedir. Böylece, Rayleigh denklemi, bir magmanın FC süreci ile katılaşması sırasında, aynı zamanda, eser element oranlarının birbirlerine göre olan değişiminin incelenmesinde de kullanılabilir. Buna göre, FC süreci sırasında magma-daki  $i$  ve  $j$  eser elementlerinin oranının evrimi

$$(C^i / C^j)_L = (C^i / C^j)_0 F^{D_i - D_j}$$

formülüyle hesaplanabilmektedir. Albarède (1996) tarafından belirtildiğine göre,  $D$  değeri çok küçük olan uyumsuz elementlerin konsantrasyonları  $F$  değeri ile ters orantılı olarak artmaktadır (Şekil 4). Diğer taraftan, bazaltlardaki uyumsuz element oranları (örneğin, Th/La, Nb/Zr, Ce/Yb), sıvıdan mineral ayrılması olayına karşı duyarsız olup, diferansiyasyona uğramış bazaltlarda dahi ana magmanın karakteristik bir parametresi olarak değerlendirilebilmektedir.

### Örnek Problem 7.

Hawaii'deki 1887 Mauna Loa lav akıntısı ana magmasının (PM, parent magma) ve bu magmanın katılaşmasıyla oluşan olivin fenokristallerinin ( $fo_{88}$ ) kimyasal bileşimleri Çizelge 3'te verilmiştir. Bu bileşimdeki olivin fenokristalinin % 5, 10 ve 15 fraksiyonlanması sonucu geriye kalacak artık eriyiğin (RL, residual liquid) bileşimini hesaplayınız.

Ana magmadaki  $i$  elementinin konsantrasyonu şu bağıntıya göre belirlenmektedir.

$$C_{PM}^i = f_{ol} X C_{ol}^i + (1-f_{ol}) X C_{RL}^i$$

$$C_{RL}^i = (C_{PM}^i - f_{ol} X C_{ol}^i) / (1-f_{ol})$$

Bu formüllerdeki değerlerden

$$C_{PM}^i = i \text{ elementinin ana magmadaki konsantrasyonu}$$

$$f_{ol} = \text{Olivin mineralinin fraksiyonlanma yüzdesi}$$

$$C_{RL}^i = i \text{ elementinin kalıntı eriyikteki konsantrasyonudur.}$$

Bu veriler, % 5 olivin fraksiyonlanması için

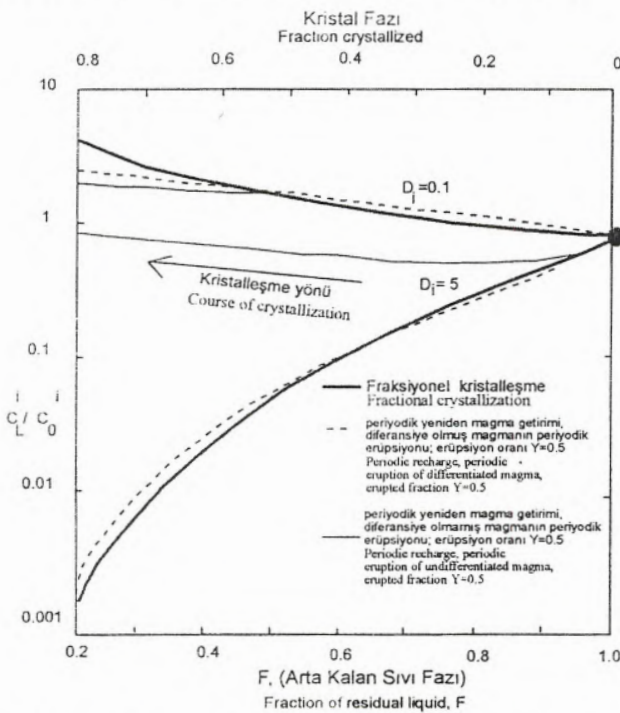
$$C_{RL}^{SiO_2} = (C_{PM}^{SiO_2} - f_{ol} X C_{ol}^{SiO_2}) / (1-f_{ol})$$

formülünde yerine konulduğunda

$$C_{RL}^{SiO_2} = (51.63 - 0.05 X 39.990) / (1 - 0.05)$$

$$C_{RL}^{SiO_2} = 52.25 \text{ bulunur.}$$

Benzer şekilde



Şekil 4.  $D_i$  değerinin 0.1 ve 5 olması durumunda, bir magmanın FC sürecinin etkisi altında katılaşması sırasında  $C_L^i/C_0^i$  değeri, yani bir diğer deyişle,  $i$  elementinin FC süreci sonunda arta kalan sıvıdaki zenginleşme/tüketilme (Albarède 1996, s. 493).

Çizelge 3. Hawaii'deki 1887 Mauna Loa lav akıntısı ana magmasının (PM, parent magma) ve olivin ( $fo_{88}$ ) fenokristalinin ana element bileşimi (Albarède 1996, 6s.).

Ana element oksiti (%)	Mauna Loa 1887	$fo_{88}$
SiO <sub>2</sub>	51.63	39.90
TiO <sub>2</sub>	1.94	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.12	0.00
FeO	10.80	11.70
MgO	8.53	47.80
CaO	9.97	0.28
Na <sub>2</sub> O	2.21	0.00
Na <sub>2</sub> O/TiO <sub>2</sub>	1.14	

$$C_{RL}^{TiO_2} = 2.04$$

$$C_{RL}^{Al_2O_3} = 13.81$$

$$C_{RL}^{FeO} = 10.75$$

$$C_{RL}^{MgO} = 6.46$$

$$C_{RL}^{CaO} = 10.48$$

$$C_{RL}^{Na_2O} = 2.33$$

Benzer şekilde % 10 ve 15 olivin fraksiyonlanması için ise aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

**Çizelge 4.** Hawaii'deki 1887 Mauna Loa lav akıntısı ana magmasının (PM, parent magma) ve olivin (fo88) fenokristalinin ana element bileşimi ile % 5, 10 ve 15 olivin fraksiyonlanması sonucu geriye kalan artık eriyiğin bileşimi (Albarède 1996, 6s.)

Ana element oksiti (%)	Mauna Loa 1887	fo <sub>88</sub>	f <sub>ol</sub> =0.05	f <sub>ol</sub> =0.10	f <sub>ol</sub> =0.15
SiO <sub>2</sub>	51.63	39.90	52.25	52.93	53.70
TiO <sub>2</sub>	1.94	0.00	2.04	2.16	2.28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.12	0.00	13.81	14.58	15.44
FeO	10.80	11.70	10.75	10.70	10.64
MgO	8.53	47.80	6.46	4.17	1.60
CaO	9.97	0.28	10.48	11.05	11.68
Na <sub>2</sub> O	2.21	0.00	2.33	2.46	2.60
Na <sub>2</sub> O/TiO <sub>2</sub>	1.14		1.14	1.14	1.14

Burada dikkati çeken bir nokta, Na ve Ti elementlerinin aynı oranda zenginleşmesinden dolayı tüm fraksiyonlama değerlerinde Na<sub>2</sub>O/TiO<sub>2</sub> değerinin sabit olmasıdır.

#### Örnek Problem 8.

Bir olivin gabro tümkayaç örneği (WR, wholerock) % 40 olivin (fo<sub>85</sub>), % 30 diyopsit (di) ve % 30 plajiyoklaz (An<sub>80</sub>) minerallerinden oluşmaktadır. Çizelge 5'te verilen mineral bileşimlerinden itibaren tümkayaç bileşimini hesaplayınız.

**Çizelge 5.** Bir olivin gabro tümkayaç örneğini oluşturan olivin (fo<sub>85</sub>), diyopsit (di) ve plajiyoklaz (An<sub>80</sub>) minerallerinin ana element bileşimleri (Albarède 1996, 7s.).

Ana Element oksiti (%)	fo <sub>85</sub>	di	An <sub>80</sub>
SiO <sub>2</sub>	40.01	54.69	48.07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	33.37
FeO	14.35	3.27	0.00
MgO	45.64	16.51	0.00
CaO	0.00	25.52	16.31
Na <sub>2</sub> O	0.00	0.00	2.25

Bu veriler

$$C_{WR}^{SiO_2} = f_{ol}^{SiO_2} + f_{di} C_{di}^{SiO_2} + f_{pl} C_{pl}^{SiO_2}$$

formülünde yerine konulduğunda

$$C_{WR}^{SiO_2} = 0.4 \times 40.01 + 0.3 \times 54.69 + 0.3 \times 48.07 = 46.83$$

bulunur.

Bu problemin çözümü, matris yöntemiyle de gerçekleştirilebilmektedir.

C <sup>SiO<sub>2</sub></sup>	40.01	54.69	48.07	46.83
C <sup>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></sup>	0.00	0.00	33.37	0.01
C <sup>FeO</sup>	14.35	3.27	0.00	0.4
C <sup>MgO</sup>	45.64	16.51	0.00	0.3
C <sup>CaO</sup>	0.00	25.52	16.31	0.3
C <sup>Na<sub>2</sub>O</sup>	0.00	0.00	2.25	0.68

#### Örnek Problem 9.

Bir okyanus ortası sırtı bazalt (MORB) magmasından % 20'lik bir kümülüt kayaca (cum) fraksiyonlandığında, geriye kalan kalıntı eriyiğin (RL) bileşimini hesaplayınız. Kümülat kayacının mineralojik bileşimi % 20 olivin (fo<sub>85</sub>), % 30 diyopsit (di) ve % 50 plajiyoklazdan (An<sub>80</sub>) oluşmaktadır. MORB, fo<sub>85</sub>, di ve An<sub>80</sub> kimyasal bileşimleri Çizelge 6'da verilmiştir.

**Çizelge 6.** MORB, fo<sub>85</sub>, di ve An<sub>80</sub> kimyasal bileşimleri (Albarède 1996, 8s.)

Ana Element oksiti (%)	MORB	fo <sub>85</sub>	di	an <sub>80</sub>
SiO <sub>2</sub>	49.799	40.01	54.69	48.07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.95	0.00	0.00	33.37
FeO	8.52	14.35	3.27	0.00
MgO	8.59	45.64	16.51	0.00
CaO	12.17	0.00	25.52	16.31
Na <sub>2</sub> O	2.61	0.00	0.00	2.25

Bu veriler

$$C_{cum}^i = 0.2 \times C_{fo}^i + 0.3 \times C_{di}^i + 0.5 \times C_{pl}^i$$

formülünde yerine konulduğunda,

$$C_{cum}^{SiO_2} = 0.2 \times 40.01 + 0.3 \times 54.69 + 0.5 \times 48.07$$

$$C_{cum}^{SiO_2} = 48.44$$

Benzer şekilde,

$$C_{cum}^{Al_2O_3} = 16.68$$

$$C_{cum}^{FeO} = 3.85$$

$$C_{cum}^{MgO} = 14.08$$

$$C_{cum}^{CaO} = 15.81$$

$$C_{cum}^{Na_2O} = 1.13 \text{ olarak bulunur.}$$

Bulunan C<sub>cum</sub><sup>i</sup> değerleri aşağıdaki formülde yerine konulursa,

$$C_{bas}^i = 0.8 \times C_{RL}^i + 0.2 \times C_{cum}^i$$

$$C_{RL}^i = (C_{bas}^i - 0.2 \times C_{cum}^i) / 0.8$$

$$C_{RL}^{SiO_2} = (49.79 - 0.2 \times 48.44) / 0.8$$

$$C_{RL}^{SiO_2} = 50.13$$

Benzer şekilde,

$$C_{RL}^{Al_2O_3} = 17.02$$

$$C_{RL}^{FeO} = 9.68$$

$$C_{RL}^{MgO} = 7.22$$

$$C_{RL}^{CaO} = 11.26$$

$$C_{RL}^{Na_2O} = 2.98$$

olarak bulunur.

**Çizelge 7.** MORB, fo<sub>85</sub>, di ve An<sub>80</sub> ile MORB'dan itibaren % 20 FC süreci ile oluşan kümülat kayacının (cum) ve geriye kalan sıvının (RL) kimyasal bileşimleri (Albarède 1996, 8s.)

Ana Element oksiti (%)	MORB	fo <sub>85</sub>	di	an <sub>80</sub>	cum	RL
SiO <sub>2</sub>	49.79	40.01	54.69	48.07	48.44	50.13
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.95	0.00	0.00	33.37	16.68	17.02
FeO	8.52	14.35	3.27	0.00	3.85	9.68
MgO	8.59	45.64	16.51	0.00	14.08	7.22
CaO	12.17	0.00	25.52	16.31	15.81	11.26
Na <sub>2</sub> O	2.61	0.00	0.00	2.25	1.13	2.98

### Örnek Problem 10.

Ni içeriği 150 ppm, Sr içeriği 100 ppm, Yb içeriği 3 ppm ve Rb içeriği 10 ppm olan bir bazaltik magmadan itibaren % 20 oranında FC süreci ile bir kümülat kayacı oluşmuştur. Bu kümülat kayacının mineralojik bileşimi % 30 olivin, % 20 cpx ve % 50 plajiyoklazdan oluşmaktadır. Bu kümülat kayacı ile fraksiyonlanma sonucu geriye kalan kalıntı eriyikteki her bir elementin konsantrasyonunu hesaplayınız.

**Çizelge 8.** Kümülat kayacını oluşturan olivin, cpx ve plajiyoklaz minerallerinin Ni, Sr, Yb ve Rb elementlerine göre olan D değerleri (Albarède 1996, 494 s.)

	Ni	Sr	Yb	Rb
Olivin-sıvı	15	0.0	0.05	0
cpx-sıvı	1	0.1	0.35	0
plj-sıvı	0	2.0	0.25	0

Bu veriler

$$D_i = \sum f_j K_j^i$$

denkleminde yerine konulduğunda,

$$D_{Ni} = 0.3 \times 15 + 0.2 \times 1 + 0.5 \times 0 = 4.7$$

$$D_{Sr} = 0.3 \times 0 + 0.2 \times 0.1 + 0.5 \times 2 = 1.02$$

$$D_{Yb} = 0.2 \times 0.05 + 0.2 \times 0.35 + 0.5 \times 0.25 = 0.21$$

$$D_{Rb} = 0.3 \times 0 + 0.2 \times 0.0 + 0.5 \times 0 = 0$$

olarak bulunur.

$$C_{RL}^i = C_o^i F^{D_i-1}$$

formülü ile şu şekilde bulunur.

$$C_{RL}^{Ni} = 150 (1-0.2)^{4.7-1} = 65.7 \text{ ppm.}$$

$$C_{RL}^{Sr} = 100 (1-0.2)^{1.02-1} = 99.6 \text{ ppm.}$$

$$C_{RL}^{Yb} = 3 (1-0.2)^{0.21-1} = 3.58 \text{ ppm.}$$

$$C_{RL}^{Rb} = 10 (1-0.2)^{0-1} = 12.5 \text{ ppm.}$$

Kümülat kayacındaki toplam konsantrasyon ise,

$$C_s^i = C_o^i (1-F)^{D_i} / [(1-F)^{D_i-1}]$$

bağıntısından,

$$C_s^{Ni} = 150 [1-(1-0.2)^{4.7}] / [1-(1-0.2)] = 487 \text{ ppm.}$$

$$C_s^{Sr} = 100 [1-(1-0.2)^{1.02}] / [1-(1-0.2)] = 102 \text{ ppm.}$$

$$C_s^{Yb} = 3 [1-(1-0.2)^{0.21}] / [1-(1-0.2)] = 0.699 \text{ ppm.}$$

$$C_s^{Rb} = 10 [1-(1-0.2)^0] / [1-(1-0.2)] = 0 \text{ ppm.}$$

şeklinde bulunur.

**Buna göre, herhangi bir bazaltik magmanın FC süreci etkisi altında katılaşması durumunda, uyumlu (compatible) elementlerin konsantrasyonlarındaki değişimler uyumsuz (incompatible) elementlerinkinden daha fazladır.**

Albarède (1996) tarafından belirtildiğine göre, Örnek Problem 10'daki verilerin tersinden de işlem yapmak mümkündür. Yani diğer bir deyişle, ana magma ile kalıntı eriyiğin kimyasal bileşimleri ile mineralojik bileşim verildiğine; eriyikten itibaren kristalleşen kümülatın fraksiyonu (% kaçlık kristalleşme olduğu) ve modal bileşimi hesaplanabilmektedir.  $\alpha$  bileşimli bir ana magmadan itibaren  $\beta$  bileşimli bir magmanın türemesi durumunda, modelleme çalışmalarında, Rayleigh denkleminin diğer bir alternatif şeklinin Albarède ve Provost (1977) tarafından test edildiği ve kullanışlı olduğu belirtilmektedir (Albarède, 1996).  $D_i$  değerinin sabit olduğu kabul edilerek

$$\ln C_\beta^i / C_\alpha^i = \sum (K_j^i - 1) f_j \ln (F_\beta / F_\alpha)$$

formülünü yazmak mümkündür. Bu formüldeki  $\alpha$  ve  $\beta$  indisleri, sırasıyla a ve b sıvılarını göstermektedir. Matris çözümü kullanıldığında,  $m \times n$  karakterli A matrisi  $a_j$  elementi tarafından

$$A_{ij} = K_j^i - 1$$

formülüyle tanımlanır.  $X_j$  bilinmeyeninin  $n$ -vektör X değeri

$$X_j = f_j \ln (F_\beta / F_\alpha)$$

ve  $y_i$  verisinin  $m$ -vektör Y değeri ise

$$y_i = \ln (C_\beta^i / C_\alpha^i)$$

formülüyle tanımlanır (Albarède, 1996). Bu verilerde  $m > n$  koşulları mevcut olduğundan, matris denklemi

$$y = Ax$$

bağıntısı en küçük kareler çözümü şeklinde de değerlendirilebilir ve böylece

$$x = (A^T A)^{-1} A^T y$$

formülü elde edilebilir. Diğer taraftan,  $\alpha$  ve  $\beta$  sıvılarının fraksiyonlanma derecelerini gösteren  $F_\beta / F_\alpha$  değeri ise

$$\ln (F_\beta / F_\alpha) = \sum x_j$$

formülüyle tekrar elde edilebilir.



### Örnek Problem 11.

Örnek problem 10'da verilen verileri kullanarak, problemi tersinden çözümlü.

Problem 10'da verilen değerler,

$$y_i = \ln (C_p^i / C_a^i)$$

denklemleri kullanılarak ilksel ve kalıntı sıvıların konsantrasyonları için  $y$  vektörü aşağıdaki şekilde elde edilir.

$$y = \begin{matrix} \ln (65.7 / 150) & = & -0.826 \\ \ln (99.6 / 100) & = & -0.004 \\ \ln (3.58 / 3) & = & 0.1768 \\ \ln (12.5 / 10) & = & 0.223 \end{matrix}$$

$$A_{ij} = K_j^i - 1$$

bağıntısından ise A matrisi

$$A = \begin{matrix} 15-1 & 1-1 & 0-1 \\ 0-1 & 0.1-1 & 2-1 \\ 0.05-1 & 0.35-1 & 0.25-1 \\ 0-1 & 0-1 & 0-1 \end{matrix}$$

şeklinde ifade edilir. Bu verilerden itibaren ara evreler olan

$$(A^T A)^{-1} = \begin{matrix} 0.7196 & -0.01587 & 0.02946 \\ -0.01587 & 0.5032 & -0.1422 \\ 0.2946 & -0.1442 & 0.4140 \end{matrix}$$

$$x = (A^T A)^{-1} A^T y = \begin{matrix} -0.06694 \\ -0.04463 \\ -0.1116 \end{matrix}$$

değerleri elde edildikten sonra, sonuç çözüm

$$\ln (F_B / F_a) = \sum x_j$$

denklemleri kullanılarak elde edilir. Böylece

$F_B / F_a = e^{-0.06694-0.04463-0.1116} = e^{-0.2232} = 0.8$  değeri elde edilmiş olur.

Bu verilerden itibaren, kümülat kayacını oluşturan her bir mineral fraksiyonu ise

$$X_j = f_j \ln (F_B / F_a)$$

formülü yardımıyla şu şekilde hesaplanır.

$$\begin{matrix} f_{ol} & 0.066994/0.2232 & 0.3 \\ f_{cpx} & 0.04463/0.2232 & 0.2 \\ f_{plag} & 0.1116/0.2232 & 0.5 \end{matrix}$$

Böylece, herhangi bir bazaltik magmadan itibaren FC süreciyle ayrılan kümülatın % 20'lik bir fraksiyonlanmaya uğradığı ve kümülat kayacını meydana getiren bileşenlerin ise % 30 olivin, % 20 cpx ve % 50 plajiyoklazdan oluştuğu sonucu elde edilir.

### Asimilasyon-Fraksiyonel kristalleşme (AFC)

Herhangi bir magmanın katılaşması sırasında, yan kayacın özümseyerek ilksel bileşimini değiştirmesi ve bu sırada ka-

tılaşmış olan bazı minerallerin magmadan ayrılmasının etkilerini birlikte inceleyen bir süreçtir. Böylece, magmanın katılaşması sırasında hem asimilasyon, hem de fraksiyonel kristalleşme süreçlerinin birlikte etkin olduğu durumlar (AFC) bu çalışma ile modellenilebilmektedir (Wilson, 1989). Magmaların evolüsyonları sırasında yan kaya asimilasyonunun termal ve kimyasal etkileri Bowen (1956)'dan beri bilinmekle birlikte, AFC sürecinin modellenmesinde önemli sayılabilecek gelişmeler ve uygulamalar, Allégre ve Minster (1978), Taylor (19980), DePaolo (1981, 1985), Powell (1984), Taylor ve Sheppard (1986), Hagen ve Neumann (1990) ve Albarède (1996) tarafından geliştirilen ve hem izotop hem de eser element verilerine dayandırılan AFC modellenmesi çalışmalarıyla yaygınlaşmıştır.

Prensip olarak, AFC modelleme denklemlerinin özü FC modellenmesinininkine benzemekle birlikte, aradaki tek fark, FC sırasında, aynı zamanda belli miktarda katının asimile (A) edilerek magmaya katılması ve bileşiminin değiştirilmesidir. Yukarıda tanımlanan diğer modelleme formüllerinde kullanılan parametrelere ilave olarak, asimile edilen malzemeyi göstermek üzere "a" indisi kullanılacaktır. Asimile edilen yan kayadaki i elementinin konsantrasyonu olan  $C_a^i$  değeri sabit olarak değerlendirildiğinde, kütlelenin sakınımı (mass balance) kanunu gereğince;

$$d M_L = d M_a - d M_s \text{ (toplam malzeme)}$$

$$d m_L^i = d m_a^i - d m_s^i \text{ (i elementi)}$$

formülleri yazılabilmektedir. Diğer taraftan,  $D_i$  ayrımlanma katsayısına (partition coefficient) sahip katı-sıvı denge fraksiyonlanması gözönüne alındığında

$$(d m_s^i / d M_s) = D_i (m_L^i / M_L)$$

formülü yazılabilmektedir. Ayrıca, yukarıda verilen formüller birbirlerine bölündüğünde,

$$(d m_L^i / d M_L) = (d m_a^i - d m_s^i) / (d M_a - d M_s)$$

ve daha sonra da

$$(d m_L^i / d M_L) = [(d m_a^i / d M_a) (d M_a / d M_a - d M_s) - (d m_s^i / d M_s) (d M_s / d M_a - d M_s)]$$

formülü elde edilir.

Asimilasyon ve kristalizasyonun oranı olan  $r$  değeri

$$r = d M_a / d M_s$$

formülü ile tanımlanır. Bu şekilde tanımlanan  $r$  parametresi yukarıdaki formüllerde yerine konulduğunda formülü ile tanımlanır. Bu formülde,  $M_a$ =magma tarafından asimile edilen katı miktarı,  $M_s$ =Magma içinde kristalleşen ve FC süreci ile ayrımlanan katı malzeme miktarı. Bu şekilde tanımlanan  $r$  parametresi yukarıdaki formüllerde yerine konulduğunda

$$(d m_L^i / d M_L) = [(d m_a / d M_a) (r/r-1)] - D_i [M_L^i / M_L] (1/r-1)$$

formülü elde edilir. Bu formül,

$$d M_L / m_L^i$$

değeri ile çarpıldığında

$$d m_L^i / m_L^i = C_a^i [(r/r-1)(d M_L / M_L)(M_L / m_L)] - D_i [(d M_L / M_L) (1/r-1)]$$

formülü elde edilir. Bu formüle, konsantrasyonun diferansiyel logaritma değeri uygulandığında ise

$dC_L/C_L^i = [(C_a^i/C_L^i) (r/r-1) (dM_L/M_L) - (dM_L) [(D/r-1)+1]]$   
denklemler bulunur. İlksel magma miktarı olan  $M_0$  değerine göre bağlı olarak geriye kalan kalıntı eriyiğin miktarı olan  $F$  değeri ise

$$F = M_L/M_0$$

bağıntısı ile elde edilmektedir. Böylece,  $F$  değeri yukarıdaki formülde yerine konulduğunda

$$dC_L^i = C_a^i [(r/r-1) (dF/F)] - [(r+D_i-1)/(r-1)] C_L^i (dF/F)$$

bağıntısına ulaşılır. Bu bağıntı kendi içinde yeniden düzenlendiğinde,

$$dC_L^i = C_a^i [(r/r-1) (dF/F)] - [(r+D_i-1)/(r-1)] C_L^i (dF/F)$$

formülü elde edilmiş olur. Bu eşitlikteki

$$(r+D_i-1)/(r-1)$$

değeri  $Z_i$  olarak tanımlanırsa, yani diğer bir deyişle

$$Z_i = (r+D_i-1)/(r-1) = 1 - (D_i/1-r)$$

değeri elde edilir. Bu denklem ise integral durumunda ifade edildiğinde

$$d \ln [C_L^i / [r/Z_i(r-1)] C_a^i] = d \ln F \cdot Z_i$$

formülü elde edilmiş olur.

Şu ana kadar sabit parametrelere ilişkin herhangi bir varsayım ileri sürülmemiştir. Eğer bir magma içerisinde FC süreci ile dibe çöken mineral miktarı, aynı magma tarafından asimile edilen malzemenin miktarı ile orantılı ise  $r$  parametresi sabit olmaktadır. İlksel sıvı durumunda  $F=1$ , diğer bir deyişle  $C_L^i = C_o^i$  iken,

$$C_L^i - [r/Z_i(r-1)] C_a^i = [C_o^i - r/Z_i(r-1) C_a^i] F^{-Z_i/1}$$

şeklinde ifade edilebildiği gibi,

$$C_L^i/C_o^i = F^{-Z_i} + [r/Z_i(r-1)] (C_a^i/C_o^i) (1 - F^{-Z_i})$$

şeklinde de yazılabilmektedir. Bu denklemin daha açık yazımı durumunda ise

$$C_L^i/C_o^i = F^{(D_i/1-r)-1} + [(r/r+D_i-1) (C_a^i/C_o^i)] (1 - F^{(D_i/1-r)-1})$$

halinede gelir. Bu formülde

$$\alpha = (1-r)^{-1}$$

olarak alındığında, Allégre ve Minster (1978) tarafından tanımlanan ve fraksiyonel kristalleşme sırasında özümseyen yan kayaç miktarını bulmaya yarayan denklem elde edilmiş olur ki, bu da zaten DePaolo (1981) tarafından tanımlanan

$$C_L^i/C_o^i = F^{(D_i/1-r)-1} + [(r/r+D_i-1) (C_a^i/C_o^i)] (1 - F^{(D_i/1-r)-1})$$

ACF formülüne eşittir.

Yukarıdaki formüllerde verilen parametrelerin bazı kombinasyonları, normal fraksiyonlanma trendlerinin tersinin elde edilmesini sağlayabilirler. Örneğin bazı kritik  $r$  değerleri için ( $r_c$ ) sabit  $C_L^i$  değeri elde edilebilir ki bu durumda  $F^{-Z_i}$  parametresi ihmal edilebilir. Bu durumda

$$1 = [r_c/(r_c+D_i-1)] (C_a^i/C_o^i)$$

veya

$$r_c = (1-D_i)/(1-(C_a^i/C_o^i))$$

formülleri elde edilir. Buradaki  $r_c$  parametresi, fraksiyonlanma ve kontaminasyonla kontrol edilen durumlar arasındaki ayrımı göstermektedir. Örneğin,  $0 < r < r_c$  (eğer  $r_c > 0$  ise) durumunda ilgili elementin konsantrasyonunun değişiminde basit

fraksiyonel kristalleşme (FC) süreci daha etkin iken;  $r > r_c$  durumunda ise asimilasyon (A) süreci daha etkin olmaktadır.

Bu modelleme formüllerinin izotop (veya uyumsuz element) oranlarına uyarlanmış şekilleri DePaolo (1981) tarafından tanımlanmıştır. Örneğin, aynı elementin farklı iki izotopu için  $i1$  ve  $i2$  indisleri kullanalım ve ayrıca bu izotopların ayrılma katsayıları ( $D_i$ ),  $r$  ve  $Z_i$  değerlerinin de birbirlerine eşit olduklarını kabül edelim. Bu durumda

$$C_L^i/C_o^i = F^{(D_i/1-r)-1} + [(r/r+D_i-1) (C_a^i/C_o^i)] (1 - F^{(D_i/1-r)-1})$$

formülü, il izotopuna karşılık gelen denklem tarafından  $i2$  izotopu için bölündüğünde,

$$[C_L^{i2} - (r/r+D_i-1) C_a^{i2}] / [C_L^{i1} - (r/r+D_i-1) C_a^{i1}] = [C_o^{i2} - (r/r+D_i-1) C_a^{i2}] / [C_o^{i1} - (r/r+D_i-1) C_a^{i1}]$$

denklemleri elde edilir. Diğer taraftan, bu denklemin sol tarafını  $C_L^{i1}$  ve sağ tarafını ise  $C_o^{i1}$  değerlerine böldüğümüzde

$$\frac{[C_L^{i2}/C_L^{i1}] - (r/r+D_i-1) (C_a^{i2}/C_a^{i1})}{[C_L^{i1} - (r/r+D_i-1) C_a^{i1}]} = \frac{[C_o^{i2}/C_o^{i1}] - (r/r+D_i-1) (C_a^{i2}/C_a^{i1})}{[C_o^{i1} - (r/r+D_i-1) C_a^{i1}]}$$

veya

$$(C^{i2}/C^{i1})_L = (C^{i2}/C^{i1})_o + [(C^{i2}/C^{i1})_a - (C^{i2}/C^{i1})_o] [1 - (r/r+D_i-1) (C_a^{i1}/C_o^{i1})] (1 - (r/r+D_i-1) (C_a^{i1}/C_o^{i1}))$$

denklemleri elde edilmiş olur.

Bu formülün sağ tarafındaki fraksiyon için ortaya çıkan en uç konsantrasyon değerlerinden sıfır (0) değeri tam kirlenmiş bir eriyiği gösterirken; bir (1) değeri ise herhangi bir kirlenmenin gerçekleşmediğini gösterir. Bu ilişkiler, AFC modellemesinde şöyle tanımlanabilecek basit bir davranış sergiler:  $(C^{i2}/C^{i1})_L$  izotop oranı,  $C_L^{i1}$  element konsantrasyonu ile ters orantılı bir çizgisel ilişkiye sahiptir. Böyle bir özellik, aynı zamanda, tüm toplam karışma modellerinde de görülebilmektedir. Böyle bir çizgisel ilişki, ilk kez Briquet ve Lancelot (1979) tarafından numerik çözümlere dayalı olarak ileri sürülmüşse de, daha sonra Fleck ve Criss (1985) ve Taylor ve Sheppard (1986) tarafından da gösterilmiştir.

$r$  parametresini elde etmek için her ne kadar ters çevirme tekniği (Mantovani ve Hawkesworth, 1990) kullanılabilirse de, bu parametre, daha çok  $(C^{i2}/C^{i1})_L$  değerinin  $1/C_L^{i1}$  değerine karşı işlendiği diyagramdaki AFC sıralanmasının kesişim noktasından ve/veya eğiminden itibaren elde edilebilmektedir.

$$(C^{i2}/C^{i1})_L = (C^{i2}/C^{i1})_o + [(C^{i2}/C^{i1})_a - (C^{i2}/C^{i1})_o] [1 - (r/r+D_i-1) (C_a^{i1}/C_L^{i1})] (1 - (r/r+D_i-1) (C_a^{i1}/C_o^{i1}))$$

formülünden  $1/C_L^{i1}$  değeri çıkarılırsa,  $S_{ii}^{i2}$  eğimi

$$S_{ii}^{i2} = [(C^{i2}/C^{i1})_o - (C^{i2}/C^{i1})_a] [r/r+D_i-1] (C_a^{i1}) / (1 - (r/r+D_i-1) (C_a^{i1}/C_o^{i1}))$$

formülü halinde ifade edilebilir. Bu formül, sağ taraftaki son terimin paydası ile çarpıldığında,

$$S_{ii}^{i2} = [(r/r+D_i-1) (C_a^{i1}/C_o^{i1}) S_{ii}^{i2}] - [(C^{i2}/C^{i1})_o - (C^{i2}/C^{i1})_a] [(r/r+D_i-1) (C_a^{i1})]$$

veya

$$r = (D_i-1) / (C_a^{i1}/C_o^{i1} - 1 - [(C^{i2}/C^{i1})_o - (C^{i2}/C^{i1})_a] (C_a^{i1}/S_{ii}^{i2}))$$

Formülleri elde edilir.

$(C^{i2}/C^{i1})_L$  değerinin  $1/C_L^{i1}$  değerine karşı işlendiği diyagramda, kirlenici ve ilksel magma arasındaki karışma çizgisinin  $S_m$  eğim değeri

$$S_m = [(C^{i2}/C^{i1})_o - (C^{i2}/C^{i1})_a] / [(1 - (C_o^{i1})) - (1/C_a^{i1})]$$

Formülüyle bulunur.  $r$  değeri ise

$$r = [(D_i-1) / (1 - S_m/S_{ii}^{i2})] (C_o^{i1}/C_a^{i1} - C_o^{i1})$$

Formülüyle hesaplanır. Bu  $r$  değeri, aynı zamanda, yukarı-

daki  $(C^{12}/C^{11})_L$  değerinin  $1/C_L^{11}$  değerine karşı işlendiği diyagramda AFC sıralanmasının  $i_{11}^{12}$  kesişiminden de elde edilmektedir ki, bu durumda

$$r = [C_0^{11} [i_{11}^{12} - (C^{12}/C^{11})_0] (D_i - 1)] / [i_{11}^{12} - (C^{12}/C^{12})_a] - C_0^{11} [C_a^{11} [i_{11}^{12} - (C^{12}/C^{12})_0]]$$

formülüne sahip olmaktadır.

### Örnek Problem 12.

$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ilksel oranı 0.703 olan bir bazaltik magmadan itibaren ayrılanma katsayısı (partition coefficient)  $D_i$  değeri 2 olan bir kümülat kayacı katılarak fraksiyonel kristalleşme (FC) süreci ile ayrılmıştır. Bu magmadan itibaren FC süreci ile kümülat kayacı fraksiyonlanırken, magma kaynağı, aynı anda,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ilksel oranı 0.712 ve normalleştirilmiş Sr konsantrasyonu  $C_a^{\text{Sr}}/C_o^{\text{Sr}} = 5C_L^{\text{Sr}}/C_o^{\text{Sr}}$  olan bir yan kayacı asimile (A) etmiştir. Böylece, AFC sürecinden etkilenen bu magmanın  $C_L/C_o$  normalleştirilmiş Sr konsantrasyonunu hesaplayınız.

Problemın çözümünde öncelikle F (arta kalan kalıntı eriyik fazı) ve r değerleri hesaplanarak, belli  $C_L/C_o$  değerlerine karşılık gelen eş konsantrasyon eğrileri F ve r parametrelerine göre çizilmiştir (Şekil 5). Diğer taraftan,

$$r_c = (1 - D_i) / (1 - (C_a/C_o)^i)$$

formülü uyarınca

$$r_c = (1 - 2) / (1 - 5) = 0.25$$

değeri bulunur.

İzotopik sonuçlar

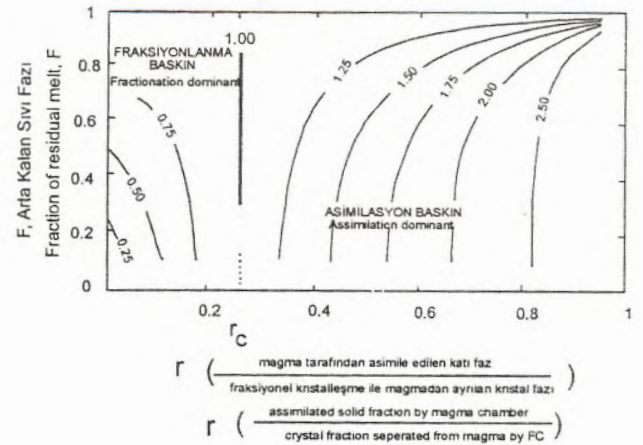
$$C_L/C_o = F^{-Z_i} + [r/Z_i(r-1)](C_a/C_o)^i(1-F^{-Z_i})$$

ve

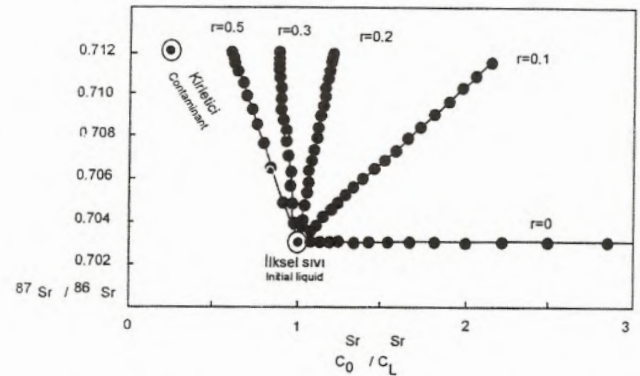
$(C^{12}/C^{11})_L = (C^{12}/C^{11})_a + [(C^{12}/C^{11})_0 - (C^{12}/C^{11})_a] [1 - (r/r - D_i)^i] (C_a^{11}/C_L^{11}) / (1 - (r/r + D_i)^i) (C_a^{11}/C_o^{11})]$  formüllerinden itibaren hesaplanmış olup Şekil 5'de verilmiştir. Bu şekilden de görüleceği gibi, r parametresi kritik r değeri olan  $r_c$  değerini aştığı andan itibaren, sistem FC sürecinden ziyade A sürecinin daha etkin olduğu bölgeye kaymaktadır (Albarède, 1996).

### Değinilen Belgeler

- Albarède, F. (1983). Inversion of batch melting equations and trace element pattern of the mantle. *J. Geophys. Res.*, 88, 10573/83.
- Albarède, F. (1996). Introduction to Geochemical Modelling. Cambridge University Press. 543 pp.,
- Albarède, F. and Bottinga, Y. (1972). Kinetic disequilibrium between phenocrysts and host lava. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 36, 141-56.
- Albarède, F. and Provost, A. (1977). Petrological and geochemical mass balance: an algorithm for least-squares fitting and general error analysis. *Comp. Sci.*, 3, 309-26.
- Albarède, C.J., Treuill, M., Minster, J.F., Minster, B., and Albarède F. 1977. Systematic use of trace elements in igneous processes. Part 1: Fractional crystallization processes in volcanic suites. *Contr. Mineral Petrol.*, 60, 57-76.
- Allegre, C.J. and Minster, J.F. 1978. Quantative models of trace element behavior in magmatic processes. *Earth Planet. Sci. Lett.* 38, 1-25.



Şekil 5. Ayrılanma katsayısı (partition coefficient)  $D_i$  değeri 2 ve  $C_a^i/C_o^i$  değeri 5 olan bir sistemin AFC modellemesi. "a" indisi kirleticiyi göstermektedir. r parametresi  $r = dM_a/dM_s$  formülünden hesaplanmıştır. r parametresinin kritik değeri olan  $r_c$  parametresi ise  $r_c = (1 - D_i) / (1 - (C_a^i/C_o^i)^i)$  formülünden hesaplanmış olup 0.25 değerine eşittir ve aynı zamanda FC sürecinin daha etkin olduğu bölgeyi A sürecinin daha etkin olduğu bölgeden ayırmaktadır. Eğriler üzerindeki rakamlar ise  $C_L^i/C_o^i$  değerlerini göstermektedir (Albarède, 1996; Şekil 9.9, s.509).



Şekil 6. Şekil 5'de görülen AFC modellemesinin izotop oranları. Şekil 6'da sabit r değerlerinde eğri biçimli olan AFC trendleri,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  değerinin  $C_o^{\text{Sr}}/C_L^{\text{Sr}}$  değerine karşı hazırlanan bu diyagramda ise düz doğrular halindedir. Buradaki düz doğrular trendlerin, kirlenmiş noktaları asla aşamadıkları görülmektedir. İlksel sıvı bileşiminden itibaren çizilen düz doğrular trendler üzerindeki her bir dolu daire simgesi % 5 kristalizasyon aralığını gösterir (Albarède 1996, s. 509).

- Bowen, N.L. (1956). The Evolution of the Igneous Rocks. Dover.
- Briqueu, L. and Lancelot, J.R. (1979). Rb-Sr systematics and crustal contamination models for calc-alkaline igneous rocks. *Earth Pla-*

- net. Sci. Letters, 43, 385-96.
- Cox, K.G., Bell, J.D., and Pankhurst, R.J., 1984. *The Interpretation of Igneous Rocks*. London: George Allen and Unwin, 450 p.
- DePaolo, D.J. 1981. Trace element and isotopic effects of combined wallrock assimilation and fractional crystallisation. *Earth Planet. Sci. Lett.* 53, 189-202.
- Didier, J. and Barbarin, B. (eds.), 1991a. *Enclaves and Granite Petrology: Developments in Petrology*, 13, Elsevier, Amsterdam, 625 p.
- Didier, J. and Barbarin, B. (eds.), 1991b. The different types of enclaves in granites-Nomenclature: In Didier, J. and Barbarin, B. (eds.), *Enclaves and Granite Petrology, Developments in Petrology*, 13, Elsevier, 19-24.
- Faure, G. (1986). *Principles of Isotope Geology*. New York: John Wiley.
- Fernandez, A.N. and Barbarin, B. 1991. Relative rheology of coeval mafic and felsic magmas: Nature of resulting interaction processes. Shape and mineral fabrics of mafic microgranular enclaves: In: Didier, J. and Barbarin, B. (eds), *Enclaves and Granite Petrology: Developments in Petrology*, 13, Elsevier, 263-275.
- Fleck, R.J. and Criss, R.E. (1985). Strontium and oxygen isotopic variations in Mesozoic and Tertiary plutons of Central Idaho. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 90, 291-308.
- Gast, P.W. (1968). Trace element fractionation and the origin of tholeiitic and alkaline magma types. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 32, 1057-86.
- Greenland, L.P. (1970). An equation for trace element distribution during magmatic crystallization. *Amer. Mineral.*, 55, 455-65.
- Hagen, H. and Neumann, E. R. (1990). Modeling of trace-element distribution in magma chambers using open-system models. *Comput. Geosci.*, 16, 549-56.
- Hibbard, M.J., 1991. Textural anatomy of twelve magma mixed granitoid systems: In Didier, J. and Barbarin, B (eds.), *Enclaves and Granite Petrology, Development in Petrology*, 13. Elsevier, 431-444.
- Hibbard, M.J., 1995. *Petrography to Petrogenesis*. Prentice Hall. 587 pp.
- Juteau, M., Michard, A. and Albarède, F. (1986). The Pb-Sr-Nd isotope geochemistry of some recent circum-Mediterranean granites. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 92, 331-40.
- Langmuir, C.H., Vocke, R.D., Hanson, G.N. and Hart, S.R. (1978). A general mixing equation with applications to Icelandic basalts. *Earth Planet Sci. Letters*, 37, 380-92.
- Maalque, S. 1985. *Igneous Petrology*. Berlin: Springer-Verlag, 374 pp.
- Mantovani, M.S.M. and Hawkesworth, C.J. (1990) An inversion approach to assimilation and fractional crystallization processes. *Contr. Mineral. Petrol.*, 105, 289-302.
- O'Hara, M.J. and Mathews, R.E. 1981. Geochemical evolution in an advancing, periodically replenished, periodically tapped, continuously fractionated magma chamber. *J.Geol. Soc. Lond.* 138, 237-77.
- Powell, R. 1984. Inversion of the assimilation and fractional crystallisation (AFC) equations: suites. *J. Geol. Soc. Lond.* 141, 447-52.
- Rollinson, H.R. 1993. *Using Geochemical Data: Evolution, Presentation, Interpretation*. John Wiley Sons. Inc. 352 pp.
- Schilling, J. G. and Winchester, J.W., (1967). Rare-earth fractionation and magmatic processes. In *Mantles OF Earth and Terrestrial Planets*, ed. S.K. Runcom, pp. 267-83. New York: Interscience.
- Shaw, D.M. (1970). Trace element fractionation during anatexis. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 34, 237-43.
- Sparks, R.S.J., Huppert, H.E. and Turner J.S. 1984. The fluid dynamics of evolving magma chambers. *Phil Trans R. Soc. Lond.* A310, 511-34.
- Steiger, R.H. and Wasserburg, G.J. (1966). Systematics in the Pb<sup>208</sup>-Th<sup>232</sup>, Pb<sup>237</sup>-U<sup>235</sup>, and Pb<sup>206</sup>-U<sup>238</sup> systems. *J. Geophys. Res.*, 71, 6065-90.
- Taylor, R.H., Jr. (1980). The effects of assimilation of country rocks by magmas on <sup>18</sup>O/<sup>16</sup>O and <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr systematics. *Earth Planet. Sci. Letters*, 47, 243-64.
- Taylor, H.P., Jr. and Sheppard, S.M.F. (1986). Igneous rocks: I. Processes of isotopic fractionation and isotope systematics. In *Rev. Mineral. 16: Stable Isotopes in High Temperature Geological Processes*, ed. J.W. Valley, H.P. Taylor Jr. and J.R. O'Neil, pp. 227-71. Washington: Mineral. Soc. Amer.
- Turner, J.S. and Campbell, I.H. 1986. Convection and mixing in magma chambers. *Earth Sci. Rev.*, 23, 255-352.
- Vollmer, R. (1976). Rb-Sr and U-Th-Pb systematics of alkaline rocks: the alkaline rocks from Italy. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 40, 283-95.
- Wilson, M. (1989). *Igneous Petrogenesis*. Oxford University Press. 466 pp.
- Wood, B.J. and D.G. Fraser 1976. *Elementary thermodynamics for geologists*. Oxford: Oxford University Press.
- Wright, T.L., and Doherty P.C. 1970. A linear programming and least squares computer method for solving petrologic mixing problems. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 81, 1995-2008.
- Yılmaz, S. and Boztaş, D., 1994. Granitoid Petrojenesinde Magma Mingling/Mixing Kavramı. *Jeoloji Mühendisliği*, 44-45, 1-20.

Hasan YAZICIGİL

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara

## Yeraltısuyu gözlem kuyularının sondajı ve tasarımı

*Yeraltısuyu gözlem kuyuları yeraltısularının fiziksel, kimyasal veya bakteriyolojik analizleri için örnekleme yapılması, yeraltısuyu seviyelerinin ölçülmesi ve zeminin hidrojeolojik parametrelerinin belirlenmesi amacıyla çeşitli yöntemler kullanılarak inşa edilen genelde küçük çaplı kuyulardır. Genel olarak yeraltısuyu gözlem kuyularının sondajı, teşhizi, ve inkişafı yeraltısuyu üretim kuyuları ile benzerlik göstermesine karşıt aralarında bazı önemli farklar bulunmaktadır. Bu yazıda yeraltısuyu gözlem kuyularının tasarımında ve inşa edilmesinde gözönüne alınması gereken önemli faktörlerden sondaj tekniği, çap, derinlik, teşhiz borusu, filtre, çakılama, tecrit ve geliştirme yöntemleri hakkında bilgi verilmiş ve Mogan-Eymir gölleri civarında yapılan uygulamalardan örnekler sunulmuştur.*

### Giriş

Yeraltısuyu gözlem kuyuları yeraltısularının fiziksel, kimyasal veya bakteriyolojik analizleri için örnekleme yapılması, yeraltısuyu seviyelerinin ölçülmesi ve zeminin hidrojeolojik parametrelerinin belirlenmesi amacıyla çeşitli yöntemler kullanılarak inşa edilen genelde küçük çaplı kuyulardır. Yeraltısuyu gözlem kuyularının tasarımında ve inşasında karşılaşılan en önemli problemler şunlardır:

1. Jeolojik ve hidrojeolojik ortama ve potansiyel kirleticilere uygun olmayan sondaj yönteminin seçilmesi kuyunun etkin bir şekilde inşa edilmesini engeller ve su ve formasyon örneklerinin kirlenmesine neden olur.

2. Hidrojeolojik ortam, potansiyel kirleticiler veya yeraltısuyu örnekleme programına uygun olmayan teşhiz borusu ve filtre kullanılması nedeniyle örneklerin kimyasal alterasyona uğraması veya kuyunun işlevini kaybetmesi.

3. Standartlara uygun olmayan filtreler kullanılması (örneğin arazide açılan yarıklar veya delikli teşhiz borusu) veya filtre yarıklarının yanlış seçimi kuyunun siltasyona uğramasına ve alınan örneklerin bulanık olmalarına neden olur.

4. Uygun olmayan filtre uzunluğu seçimi veya filtrenin yanlış yerleştirilmesi, belirli tabakalardan su seviyesi ve su kalitesi verilerinin elde edilmesini imkansız kılar.

5. Uygun olmayan kum-çakıl zarfı malzemesinin seçimi ve yerleştirilmesi, kuyunun siltasyona uğramasına, filtre yarıklarının tıkanmasına, su kalitesinin kimyasal alterasyonuna veya kuyunun işlevini kaybetmesine neden olur.

6. Uygun olmayan tecrit malzemesinin seçimi ve yerleştirilmesi, su örneklerinin kimyasal alterasyona uğramasına, kum-çakıl zarfının ve/veya filtrenin tıkanmasına ve uygun olmayacak şekilde tecrit edilmiş jeolojik katmanlardan kirliliğin kuyuya ulaşmasına neden olur.

7. Yüzey koruma önlemlerinin yetersiz oluşu, yüzey sularının kuyuya girmesine ve su örneklerinin kimyasal kalitesinin değişimine neden olur veya kuyunun kendisine hasar yaratabilir.

8. Kuyu geliştirme (inkişaf) işleminin yeterince yapılması kuyudan 'temsili' su örnekleri alınmasını engeller, verimi düşürür ve kuyu ile tabii formasyon arasındaki hidrolik iletişimi azaltır.

Yukarıda belirtilen problemlerden herhangi biri veya birkaçı kuyuyu 'temsili' yeraltısuyu örnekleri alınması için uygunsuz duruma getirebilir. Bu durumda kuyunun kapatılması ve yeni bir kuyu ile değiştirilmesi gereklidir. Bu ise hem masrafa hemde zaman kaybına neden olur.

### Yeraltısuyu gözlem kuyularının sondajı

Yeraltısuyu gözlem kuyularının sondajı üretim kuyularının sondajı ile benzerlik arzemesine karşıt su kalitesinin korunması ve 'temsili' su örneklerinin alınabilmesi için bazı aşamaların daha dikkatli yapılması gerekmektedir. Seçilen sondaj yöntemi ve ekipmanı aşağıda belirtilen hususları sağlamalıdır:

1. Tüm formasyon malzemelerini makul bir hızda delebilmeli,

2. Uygun çapta bir gözlem kuyusunun inşasına olanak sağlamalı,

3. Kirlilik yaratmamalı,

4. Delinen tüm formasyonların litolojileri hakkında güvenilir bilgiler sunabilmeli,

5. Sondaj sırasında çeşitli derinliklerden su örneklerinin alınabilmesine olanak sağlamalı,

6. Sirkülasyon sıvısı kayıpları, basınçlar, yanıcı ve toksik maddeler gibi problemlere karşı önlemler sunabilmeli,

7. Gözlem kuyusunun sondaj sırasında veya hemen akabinde inşa edilmesine olanak sağlamalı,

8. Düşük maliyet içermeli,

9. Sahaya ulaşım problemleri yaratmamalı,

10. İstenildiği takdirde jeofizik araştırma veya veri analizleri için kuyunun uzun bir süre açık kalabilmesini temin edebilmelidir.

Çizelge 1'de su üretim kuyuları sondaj yöntemlerinin yeraltı suyu gözlem kuyularının sondajı için kullanılabilir durumunda avantajları ve dezavantajları belirtilmiştir. Bu yöntemler hakkında detaylı bilgiler Driscoll (1986) ve Davis ve diğerleri (1991) tarafından sunulmuştur.

## Yeraltı suyu gözlem kuyularının tasarımı ve inşası

Yeraltı suyu gözlem kuyularının uygun bir şekilde tasarımı ve inşası, zemin koşullarına ait bilgiler ile kuyu tasarımı ve inşası ile ilgili yöntem ve pratik uygulamalara ait yeni bilgiler gerektirir. Zemin koşullarına ait bilgiler şunlardır:

- Yeraltı suyu izleme programının amacı (örneğin su kalitesinin veya su seviyesinin izlenmesi)

- Topoğrafya, drenaj, iklim ve mevsimsel değişimler ve sahaya ulaşım gibi bilgiler

- Bilinen veya tahmin edilen hidrojeolojik ortam, örneğin jeoloji (pekleşmiş/pekleşmemiş), akiferin fiziksel karakteristikleri (porozitenin cinsi, hidrolik iletkenlik), akiferin tipi (basınçlı/sərbest), beslenme ve boşalım durumları, yüzey-yeraltı suyu ilişkileri

- Bilinen veya tahmin edilen kirlenmelerin özellikleri, örneğin kimyası, yoğunluğu, viskozitesi, konsantrasyonu vb.

- İnsanların hidrolojik rejimde yarattığı değişiklikler

- Uygulanan yönetmelikler

Kuyu tasarımı ile ilgili gözönüne alınması gereken bilgiler şunlardır:

- Kapalı techiz boruları

- Filtreler

- Kum-çakıl zarfı

- Tecrit malzemeleri

- Yüzey koruması

## Gözlem kuyuları kapalı boru ve filtre malzemelerinin seçimi

Yeraltı suyu gözlem kuyularının kapalı boru ve filtre malzemelerini seçerken malzemenin fiziksel dayanımı (mukavemeti), kimyasal dayanımı ve yeraltı suyu ve/veya kirlenmelerle

Çizelge 1. Yeraltı suyu gözlem kuyuları için sondaj yöntemleri (Driscoll, 1986).

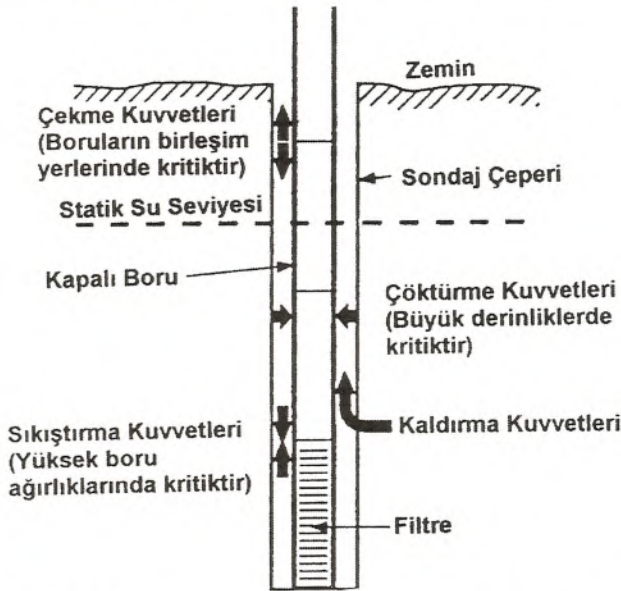
Sondaj Yöntemi	Avantajları	Dezavantajları
Oyuklu Burgu (Hollow-stem auger)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sondaj sıvısı kullanılmadığı için sondaj sıvısı katkı maddeleri ile kirlenme olasılığı yoktur</li> <li>• Sondaj sırasında filtreli burgu veya 'well-point' kullanılarak formasyon sularından örnekleme yapılabilir</li> <li>• Yarık tüp veya karotiyer ile alınan formasyon örnekleri çok güvenilirdir</li> <li>• Burgu içinde 'gamma ışıını' logları alınabilir</li> <li>• Burgu çekilmeden önce kapalı boru ve filtre yerleştirildiği için kuyunun göçmesi önlenemez</li> <li>• Hızlıdır</li> <li>• Makinenin taşınımı kolaydır</li> <li>• Genel olarak rotari ve darbeli sondaj yönteminden daha ucuzdur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sadece pekleşmemiş malzemelerde kullanılabilir</li> <li>• 30-45 m derinlikle sınırlıdır</li> <li>• Kabaran kumların kontrol altına alınması zordur</li> <li>• Jeofizik logların tümü yapılamaz</li> </ul>
Direkt Rotari (Direct Rotary)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pekleşmiş ve pekleşmemiş formasyonlarda kullanılabilir</li> <li>• Her türlü derinliğe kadar sondaj imkanı vardır</li> <li>• Karot örnekleri alınabilir</li> <li>• Açık kuyuda tüm jeofizik loglar alınabilir</li> <li>• Sondaj sırasında muhafaza borusu gerektirmez</li> <li>• Kuyu inşası için çok fazla seçenek imkanı sunar</li> <li>• Hızlıdır</li> <li>• Küçük sondaj makinelerinin birçok yere ulaşımı kolaydır</li> <li>• Oldukça ucuzdur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sondaj sıvısı gereklidir ve kirlenmeler sondaj sıvısı ile sirküle edilir</li> <li>• Sondaj sıvısı formasyon suyu ile karışır ve formasyona nüfuz eder</li> <li>• Bentonitlik sondaj sıvıları metalleri emebilir ve diğer parametreleri karıştırabilir</li> <li>• Organik bazı sıvılar bakteriyolojik analizlerde ve/veya organik parametrelerin ölçülmesinde karışıklık yaratabilir</li> <li>• Sondaj sırasında su tablasının konumu hakkında bilgi edinilemez ve su üreten formasyonlarla ilgili sadece kısıtlı bilgi alınabilir</li> <li>• Formasyon örnekleri doğru olmayabilir</li> </ul>
Havali Rotari (Air Rotary)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su-bazı sondaj sıvısı kullanılmadığı için katkı maddeleri tarafından kirlenme olasılığı yoktur</li> <li>• Pekleşmiş ve pekleşmemiş formasyonlarda kullanılabilir</li> <li>• Her türlü derinliğe kadar sondaj imkanı vardır</li> <li>• Sert ve kuru formasyonlarda örnekleme çok iyidir</li> <li>• Su ihtiva eden ilk tabakayı belirlemek mümkündür</li> <li>• Kuyudan fıskıran suyun arazide analizi ile su kalitesi hakkında bilgi edinilebilir</li> <li>• Hızlıdır</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su tablasının altında yumuşak ve göçebilen formasyonlarda sondaj sırasında muhafaza borusuna gerek vardır</li> <li>• Hidrostatik basınçların farklı olduğu birden fazla su ihtiva eden tabakalara karşılaşıldığı zaman sondaj sırasında ve kuyunun tecritinden önce tabakalar arası akım olabilir</li> <li>• Göreceli olarak diğer yöntemlerden pahalıdır</li> <li>• Küçük işler için ekonomik olmayabilir</li> </ul>
Kablolu darbeli (Cable Tool)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Az miktarda ve genelde katkı maddesi içermeyen su sondaj sıvısı olarak kullanılır</li> <li>• Pekleşmiş ve pekleşmemiş formasyonlarda kullanılabilir, çok geçirgen formasyonlarda uygundur</li> <li>• Her türlü derinliğe kadar sondaj imkanı vardır</li> <li>• Tecrübeli bir sondör tarafından güvenilir formasyon örnekleri alınabilir</li> <li>• Su seviyesindeki değişiklikler gözlenebilir</li> <li>• Tecrübeli bir sondör farklı zonların göreceli permeabilitelerini belirleyebilir</li> <li>• Sondaj makinesi bir çok yere ulaşabilir</li> <li>• Oldukça ucuzdur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimum kapalı boru çapı 4 inç olmalıdır</li> <li>• Çelik boru kullanılmalıdır</li> <li>• Jeofizik logların tümü yapılamaz</li> <li>• Genelde su örneği alınmadan önce filtre yerleştirilmelidir</li> <li>• Yavaşdır</li> </ul>

reaksiyona girme potansiyeli gözönüne alınmalıdır. Gözlem kuyuları için kullanılan kapalı boru ve filtre malzemeleri dört

grupta toplanabilir: termoplastik malzemeler (PVC ve ABS), fluoropolimer malzemeler (PTFE); metalik malzemeler (karbon çelik, düşük karbonlu çelik, galvanize çelik, paslanmaz çelik), ve fiberklas kuvvetlendirilmiş epoksi malzemelerdir (FRE). Aşağıda bu malzemelerin fiziksel ve kimyasal dayanımları ve yeraltı suyu ile kimyasal etkileşimlerine ilişkin bilgiler özet olarak sunulmuştur. Bu malzemelere ilişkin detaylı bilgiler Nielsen ve Schalla (1991) tarafından sunulmuştur.

### Kapalı boru ve filtrelerin fiziksel dayanımı

Yeraltı suyu gözlem kuyuları kapalı boru ve filtrelerinin, montaj aşamasında ve çevreleyen jeolojik malzeme tarafından uygulanan kuvvetlere karşı, dayanıklı olmaları zorunludur. Kapalı boru ve filtrelerin üç önemli dayanımları: çekilme dayanımı, sıkışma (kolon) dayanımı ve çökme dayanımıdır (Şekil 1). Gözlem kuyuları için kullanılan küçük çaplı kapalı boruların çekilme ve çökme dayanımları Çizelge 2'de gösterilmiştir. Kapalı boruların birleşim yerlerindeki çekilme dayanımları bu çizelgede verilen değerlerden daha düşüktür. Çekilme dayanımları malzemenin kompozisyonuna, üretim yöntemine, birleşme cinsine ve boru ebatlarına (çap ve et kalınlığı) göre değişir. Yeraltı suyu gözlem kuyularında kullanılan kapalı boruların minimum çekilme dayanımları hava ile dolu bir kuyuya yüzeyden kendi ağırlıkları ile asıldığında bu ağırlığı taşıyabilecek kadar olmalıdır. Maksimum teorik yerleştirme derinliği seçilen malzemeye ait çekilme dayanımını borunun ağırlığına bölerek elde etmek mümkündür. Boruların birleşme yerleri genelde en zayıf noktalar olduğu için birleşme yerlerinin çekilme dayanımları borunun kendi çekilme dayanımından daha önemlidir. Sıkışma (kolon) dayanımı malzemenin özelliğine (yenilme dayanımı ve rijidlik) ve et kalınlığına bağlıdır.



Şekil 1. Yeraltı suyu gözlem kuyuları kapalı ve filtreli borularına montaj sırasında uygulanan kuvvetler (Nielsen ve Schalla, 1991).

Çizelge 2. Kapalı boru malzemelerinin dayanımları (Nielsen ve Schalla, 1991).

Malzeme	Çekilme Dayanımı (lb)		Çökme Dayanımı (lb/in. <sup>2</sup> )	
	2-inç nominal	4-inç nominal	2-inç nominal	4-inç nominal
Termoplastik (PVC)	7500	22000	307	158
Termoplastik (ABS)	8830	22000	Veri yok	Veri yok
Fluoropolimer (PTFE)	3800	Veri yok	Veri yok	Veri yok
Metalik (Paslanmaz Çelik)	37760	92000	896	315
Fiberklas epoksi (FRE)	22600	56500	330	250

Çökme dayanımı malzemenin boyutlarına, özellikle et kalınlığına bağlıdır. Et kalınlığındaki az bir artış çökme dayanımında önemli miktarda artış sağlar. Birleşme dayanımları hariç, kapalı boruların tüm dayanımları delikli filtre haline dönüştürüldükleri zaman azalır.

### Termoplastik malzemeler

Termoplastik malzemelerin (PVC, ABS) dayanımları, rijiditeleri ve ısı rezistansları bu malzemelerden yapılan boru ve filtrelerin yüklemeye, taşıma ve montaj sırasında normal olarak karşılaşılan kuvvetlere karşı dayanıklıdır. Ayrıca rijid ve sertleştirilmiş termoplastikler galvanik ve elektrokimyasal korozyona karşı tam dayanıklı, sürtünmeye karşı çok dayanıklı, yüksek dayanım-ağırlık oranı, hafif olmaları, birçok tabii yeraltı suyu ortamlarında duraylı olmaları, az bakım gerektirmeleri, çalışma rahatlığı sağlamaları ve düşük maliyetli olmaları bu malzemeleri yeraltı suyu gözlem kuyuları uygulamalarında ideal bir malzeme haline getirmiştir. Bu malzemeler ayrıca birçok asitlere, oksitleyicilere, tuzlara, alkalilere ve yağlara karşı dayanıklıdır. Bununla beraber yüksek konsantrasyonlu organik çözücülere karşı hassastırlar. Termoplastik malzemelerin hassas oldukları bazı kimyasallar ketonlar, aldehidler, aminler, klorlu alkenler ve alkanlardır. Bazı araştırmacılar (Parker ve diğerleri, 1990; Miller, 1982; Reynolds ve Gillham, 1985) termoplastik malzemelerden yapılan kapalı boruların kurşun ve bazı organik maddeleri (örneğin 1,1,2,2-tetrachlorethane, bromoform, hexachloroethane ve tetrachloroethylene) emerek su örnekleri analizlerinde doğru olmayan sonuçlar yarattığını ifade etmişlerdir. Bu nedenle, örnekleme yapılmadan önce, kuyuda uzun süre bekleyen yeraltı suyu boşaltılmalı ve kuyuya jeolojik ortandan yeni su akışı sağlanarak 'temsili' örnek alınmalıdır.

### Fluoropolimer malzemeler

Bu malzemeler plastik malzemelere benzer ise de onlardan çok farklı özellikler sergilerler. Bu malzemeler çok konsantre ve agresif asitlere karşı (hidroflorik, nitrik, sülfürik, hidroklorik) ve organik çözücülere karşı tümüyle dayanıklıdır. Bu malzemeler ayrıca biyolojik reaksiyonlara, oksidasyona, bozunma ve ultraviyole radyasyona karşı dayanıklı olup, yüksek ısı aralığına (-240 °C-287 °C), yüksek dielektrik, düşük sürtünme ve yüksek ısı genleşmesi katsayılarına sahiptirler. Genelde üretildikleri ülkelere göre çeşitli ticari isimlerle adlandırılan bu malzemelerden en yaygın olarak bilineni Du Pont tarafından üretilen Teflon'dur. Çekilme ve sıkışma dayanımları termop-

lastik malzemelere göre daha düşüktür. Ayrıca termoplastik ve paslanmaz çelikten daha pahalıdır.

### Metalik malzemeler

Metal kapalı ve filtreli borular karbon çelik, düşük karbon çelik, galvanize çelik ve paslanmaz çeliklerdir. Bu malzemelerden yapılan kapalı borular termoplastik, fluoropolimer veya fiberglas kuvvetlendirilmiş epoksi malzemelerden yapılan borulardan daha kuvvetli daha rijid ve ısıya karşı daha az duyarlıdır. Fakat bu malzemeler korozyona karşı duyarlı olup dayanıklılıkları etkilenebilir. Korozyon sonucu ortaya demir ve mangan oksitleri ile çeşitli metal sülfürler çıkar. Karbon ve düşük karbonlu çelik boruların galvanize edilmeleri hernekadar korosif dayanımı artırsa da bu iyileşme az ve kısa ömürlüdür. Galvanize çelik boruların korozyona uğraması demir, mangan, çinko ve kadmiyum ortaya çıkarır. Bu maddeler yeraltı suyu örneklerinde karışıklık yaratır ve analiz sonuçları yanlış olur. Bu nedenle, karbon çelik, düşük karbon çelik ve galvanize çelik borular ve filtreler yeraltı suyu kalitesinin izlendiği yeraltı suyu gözlem kuyularında kullanılmamalıdır. Bu malzemelerden yapılan kuyular sadece yeraltı seviyelerinin gözlenmesi veya metal ve organik bileşiklerin izlenmediği yeraltı suyu örneklemesi için kullanılabilirler. Buna karşın, paslanmaz çelik oksitleyici ortamlarda korozyona karşı çok dayanıklıdır. A.B.D. de gözlem kuyuları için en yaygın olarak kullanılan paslanmaz çelik 304 ve 316'dır. Bu malzemelerin kimyasal kompozisyonu Çizelge 3'de gösterilmiştir. 304 çeliğe yüksek miktarda nikel ve % 2-3 molibden katılması 316 çeliği sülfür ihtiva eden maddelere ve sülfürik asit solüsyonlara karşı daha dayanıklı hale getirmekte olup redüksiyon ortamlarında da daha iyi bir performans göstermelerine neden olmaktadır. Fakat her iki malzeme de uzun süre korozif şartlarda korozyona uğrayabilir ve yeraltılarında krom ve nikel kirliliği yaratabilir.

### Fiberglas kuvvetlendirilmiş epoksi malzemeler

Bu malzemeler metalik ve termoplastik malzemelerin en iyi özelliklerini ihtiva ederler. Paslanmaz çelik kadar kuvvetli olup PVC kadar da hafiftirler. Hernekadar yeraltı suyu gözlem kuyularında yaygın olarak kullanılmaları da hafif olmaları, yüksek dayanımları ve birçok kimyasal ortamlara karşı duraylı olmaları gelecekte bu malzemelerin daha yaygın olarak kullanılmasında tercih nedeni olacaktır.

Çizelge 3. Paslanmaz çelik kapalı boru/filtre malzemelerinin kompozisyonu (Nielsen ve Schalla, 1991).

Kimyasal Bileşken	Paslanmaz Çelik - 304	Paslanmaz Çelik - 316
Karbon	0.08	0.08
Mangan	2.00	2.00
Fosfor	0.04	0.045
Sülfür	0.03	0.03
Silikon	0.75	1.0
Krom	18.0-20.0	16.0-18.0
Nikel	8.0-11.0	10.0-14.0
Molibden	-	2.0-3.0
Demir	Arta kalan	Arta kalan

### Kapalı boru ve filtre çapları

Yeraltı suyu gözlem kuyularının kapalı boru ve filtre çaplarının seçiminde aşağıdaki faktörler gözönüne alınmalıdır:

1. Gözlem kuyusunun amacı (örnekleme, su seviyesi ölçümü, pompa testi vs.)
2. Kuyuya indirilecek cihazlar (limniğraf, beiler, jeofizik loging cihazlar vb)
3. Sondaj yöntemi
4. Kuyunun derinliği ve gereken dayanımlılık özellikleri
5. Kuyu geliştirme (inkışaf) yöntemi
6. Örneklemeden önce kuyudan boşaltılması gereken su hacmi
7. Kuyudaki su seviyesinin yükselme hızı
8. Maliyet

Yeraltı suyu gözlem kuyularının kapalı boru ve filtre çapları genelde üretim kuyularının çapından küçüktür. Yaygın olarak kullanılan boru ve filtre çapları 2 inç ve 4 inç olmasına rağmen 6 ve 8 inç çapında olanlar da vardır. Derin olmayan veya sadece su seviyesi ölçümleri için kullanılacak olan gözlem kuyularında 2 inç çapında olan boru ve filtreler yeterlidir. Fakat daha doğru örnekleme yapabilmek, iyi inkışaf, derin kuyular, bir çeşit pompa deneyi veya kuyu jeofiziği araştırmaları için boru ve filtre çapı en az 4 inç olmalıdır. Geniş çaplı (>4 inç) kuyulardan 'temsili' su örnekleri alınması küçük çaplı kuyulara nazaran daha zordur. Küçük çaplı kuyular için geliştirilen örnekleme pompaları genelde düşük kapasiteli pompalar olup geniş çaplı kuyularda efektif olarak çalışmazlar. Ayrıca geniş çaplı kuyularda su örnekleri alınmadan önce boşaltılması gereken kuyudaki su miktarı daha fazla ve su seviyesinin yükselmesi daha yavaştır. Bu da örnekleme yapılması için gereken zamanı artırır. Diğer taraftan düşük permeabiliteli formasyonlarda konuşlandırılan küçük çaplı kuyuların inkışafı daha zordur. Dolayısıyla kuyuda yeterince inkışaf yapılmadığı için 'temsili' su örnekleri alınması güçleşir. Bilindiği gibi kuyu çapı küçüldükçe sondaj ve inşaat maliyetleri azalır.

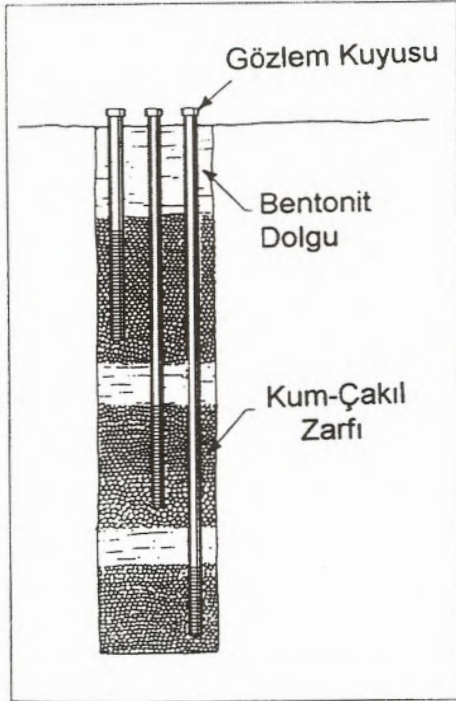
Çeşitli derinliklerden örnekleme yapabilmek için bazen geniş çaplı sondajlar yapılarak bunların içine farklı derinliklerde konuşlandırılmış kapalı boru ve filtreler yerleştirilir (Şekil 2). Küçük çaplı borular böyle bir sondaj kuyusu içine daha fazla sayıda gözlem kuyusu inşa edilmesine olanak sağladığı için sondaj maliyetlerini azaltır.

### Filtre

Gözlem kuyuları filtreleri aşağıda belirtilen özellikleri sağlamalıdır:

1. Filtre malzemeleri su ile kimyasal reaksiyona girmeyecek malzemelerden seçilmelidir,
2. Hızlı örnek alınımı kolaylaştırmak için açık alan yüzdesi artırılmalıdır,
3. Filtre yarı aralıkları kum-çakıl zarfının veya tabii jeolojik formasyonun belirli bir yüzdesini geçmemelidir ve kuyuya sediman girişini önlemlidir,





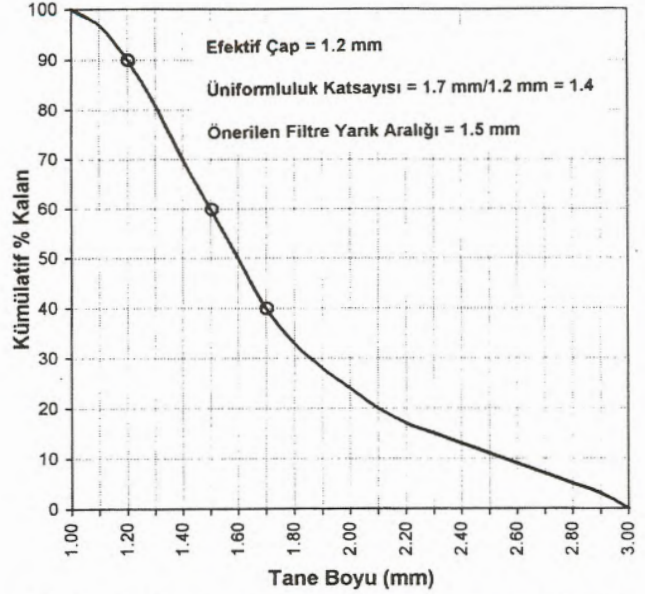
Şekil 2. Bir sondaj kuyusu içine farklı derinliklerde yerleştirilen yeraltı suyu gözlem kuyuları (Driscoll, 1986).

4. Filtre yarık aralıkları tıkanmaya imkan vermeyecek şekilde tasarlanmalıdır,

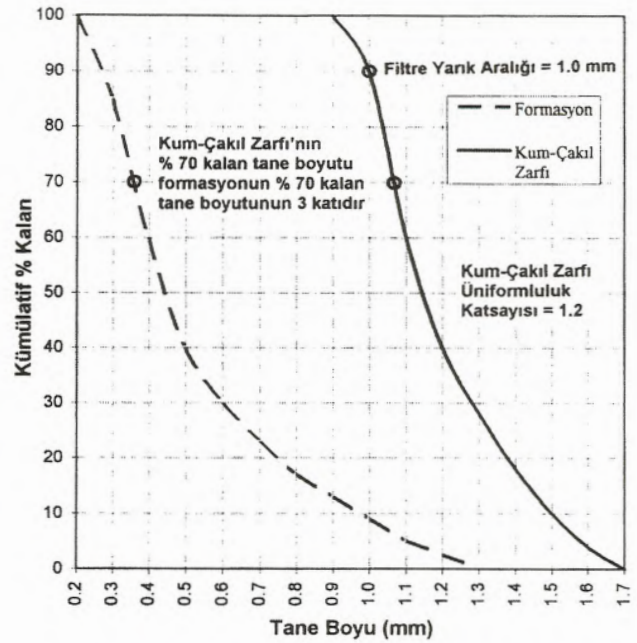
5. Filtre yarık aralıklarının genişliği, tasarımı, açık alan yüzdesi ve filtre çapı kuyunun efektif bir şekilde inkişafına imkan sağlamalıdır.

Filtre malzemeleri ile ilgili bilgiler daha önce verilmiştir. Filtre yarık aralıkları seçilirken filtre yapılacak formasyonun tane boyu dağılımı ve kum-çakıl zarfı kullanılıp kullanılmayacağı gibi faktörler gözönüne alınmalıdır. Kum-çakıl zarfı kullanılmayacak kuyularda filtre yarık aralıkları jeolojik formasyonun düzgünlük katsayısına (Uniformity coefficient) ve filtre seviyesinin üstündeki formasyonların göçebilme durumlarına göre filtrelenecek formasyonun % 40 ila % 60'ını tutabilmelidir (Şekil 3). Kum-çakıl zarfı kullanılacak kuyularda filtre yarık aralıkları kum-çakıl zarfının % 90 ila % 99'unu tutabilmelidir (Şekil 4). Bu şartlar gözönüne alınmaksızın piyasada mevcut bulunan yarık aralıklarının kullanılması kuyunun etkin bir şekilde inkişafına imkan sağlamayacağı gibi kuyuya sediman taşınımı gibi problemler de yaratabilir. Bu durum, özellikle su kalitesi için örnekleme yapılacak kuyularda örnekler için gerekli olan filtrasyon zamanını arttırabileceği gibi kimyasal analizlerde de doğru olmayan sonuçlar yaratabilir.

Filtre yarık aralıklarının boru eksenini etrafında düzgün bir şekilde dağılımı inkişafın etkin bir şekilde yapılmasını temin eder. Yarık aralıklarının kuyu merkezine doğru genişlemesi çakıl veya formasyon malzemesinin yarıkları tıkanmasını ve



Şekil 3. Pekleşmemiş zeminlerin elek analizi sonucuna göre çizilen tane boyu dağılım eğrisi.



Şekil 4. Formasyon ve kum-çakıl zarfı tane boyu dağılım eğrileri.

köprülleme oluşmasını engeller. Yarık aralıkları alanının toplam yüzey alanına oranı formasyonun veya kum-çakıl zarfının efektif porozitesine uygun olarak % 10-% 30 arasında değişmelidir. Bu durum 'temsili' örnekler alınması için gerekli zamanı ve kuyu inkişaf süresini azaltır. Yarıkların tıkanması açık alan yüzdesini azaltacağı için formasyondan 'temsili' örnek alınması için gerekli zamanı arttırır.

Yeraltı suyu gözlem kuyularının filtre uzunlukları üretim kuyularının aksine belirli zonlardan su örnekleri alınmasına

veya su seviyelerinin ölçülmesine imkan sağlayacak şekilde kısa olmalıdır (0.6 m-2 m). Kalın akiferlerde farklı derinliklerde son bulan filtreler inşa edilmelidir (Şekil 2). Kısa filtre uzunluğu su kalitesinin dikey dağılımı ve su seviyesi hakkında daha doğru bilgi verir. Su tablasının üzerindeki su kalitesinin izleneceği gözlem kuyularında filtre uzunluğu, su tablasının konumundaki beklenen mevsimsel dalgalanmalara göre, 3 m ile 6 m arasında olmalıdır. Filtrenin bir kısmı su tablasının üzerindeki suya doygun olmayan bölgede bulunmalıdır. Böylelikle serbest fazdaki hidrokarbonların veya volatil maddelerin izlenmesine olanak sağlanır.

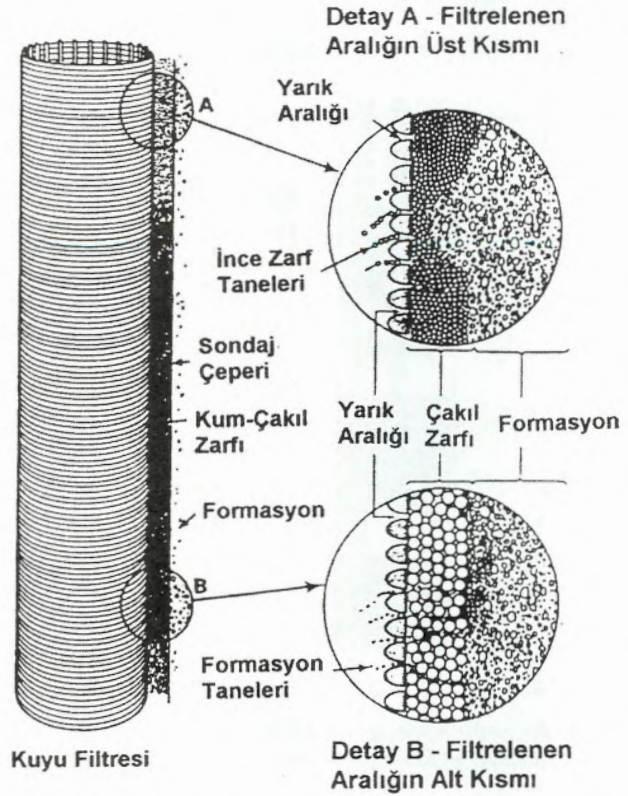
### Kum-çakıl zarfı

Yeraltı suyu gözlem kuyularında kum-çakıl zarfının kullanılıp kullanılmayacağına karar verebilmek için filtrelenecek formasyonun ince taneli tabakalarının tane boyu dağılımı (granülometre) eğrilerine gereksinim vardır. Tabii formasyonun % 50'sini tutabilmek için seçilen yarıklar aralığı 0.02 inç (0.5 mm) veya daha az ise, kum-çakıl zarfı kullanılmalıdır.

Kum-çakıl zarfının tasarımı için kum-çakıl tane boyutu, tane boyu dağılımı (granülometre) eğrisi, tane şekilleri, kum-çakıl zarfının kalınlığı ve uzunluğu, ve kum-çakıl zarfı malzemesinin özellikleri gözönüne alınmalıdır. Kum-çakıl zarfının % 70 kalan (% 30 geçen) tane boyutunu belirlemek için filtrelenecek formasyonun % 70 kalan (% 30 geçen) tane boyutu bulunarak 3 ile 6 arasında bir rakamla çarpılır. Formasyon ince taneli ve uniform ise 3, iri taneli ve uniform değilse 6 rakamı kullanılır. Bulunan bu ilk noktadan geçen ve uniformluk katsayısı 1-2.5 arasında olan düzgün bir tane boyu dağılımı eğrisi çizilir (Şekil 4). Kum-çakıl zarfının uniform olması önemlidir. Aksi takdirde kum-çakıl zarfı kuyuya (su içinde) yerleştirilirken iri taneli malzeme kuyu tabanına yakın kısımlarda ince taneli malzeme ise filtrenin üst seviyesine yakın kısımlarda yerleşerek kum-çakıl zarfında bölgesel bir tane ayrışmasına neden olur ve kum-çakıl zarfı işlevini büyük ölçüde kaybeder (Şekil 5). Kum-çakıl zarfı kuyunun tabanından başlayarak filtre seviyesinin en az 0.6 m-1.5 m üst seviyesine kadar uzanmalıdır (Şekil 6). Kum-çakıl zarfının kalınlığı 5 cm'den az 8 cm'den fazla olmamalıdır. Kum-çakıl zarfı malzemesinin taneleri yuvarlak ve küresel şeklinde olmalıdır. Aksi takdirde filtre yarıklarının tıkanmasına ve kum köprüleri oluşmasına neden olurlar. Kum-çakıl zarfı olarak kullanılacak malzemeler için silisli (kuvars) malzemeler seçilmeli ve silisli olmayan malzeme oranı % 5'den az olmalıdır. Bu malzemeler yıkanıp kurutulduktan sonra techiz borusu ile kuyu cidarı arasına çeşitli yöntemler (kürele dökme, çakıl borusu kullanmak, ters sirkülasyon yöntemi, geri yıkama) kullanılarak yerleştirilir.

### Tecrit

Yeraltı suyu gözlem kuyularında techiz borusu ile kuyu çeperi arasında kalan boşluk su ve/veya kirleticilerin dikey hareketleri için bir yol oluşturur. Dolayısıyla bu boşluğun efektif

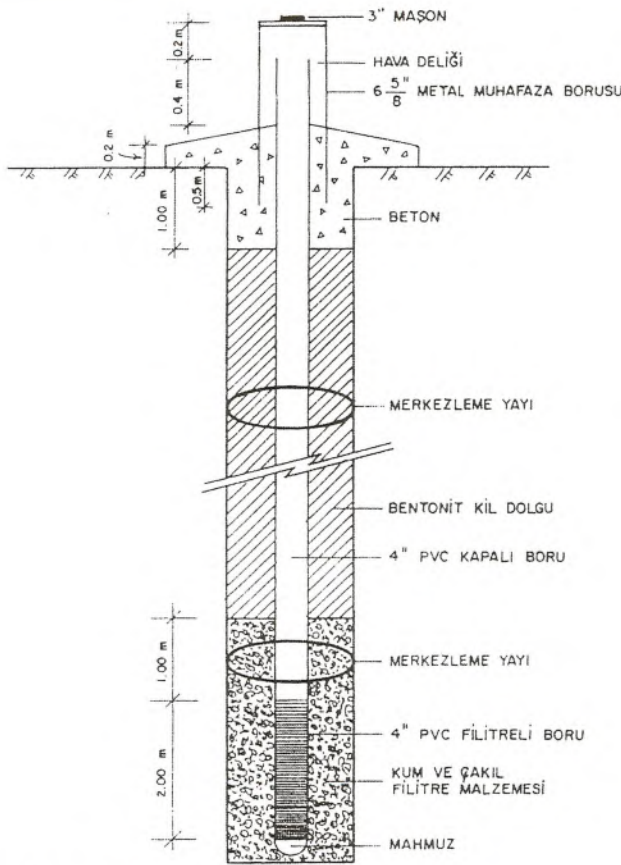


Şekil 5. Uniform olmayan kum-çakıl zarfı malzemesinde tane ayrışımı (Nielsen ve Schalla, 1991).

bir şekilde doldurulması gerekmektedir. Bu işleme 'tecrit' denir. Tecrit işlemi (1) yüzey sularının veya kirleticilerin yüzeyden kuyuya girmelerini engeller, (2) farklı örnekleme zonlarını hidrolik ve kimyasal olarak birbirinden ayırır, (3) suyun (farklı kalitede olabilir) bir akiferden diğerine veya yüksek hidrolik yüke sahip olan zonlardan düşük hidrolik yüke sahip olan zonlara olan dikey hareketini önler. Suyun bu tür dikey hareketleri 'temsili' yeraltı suyu örnekleri alınmasını veya hidrolik yüklerin doğru bir şekilde ölçülmesini engeller. Kuyu tecridi ayrıca kuyuyu harici korozyona veya kimyasal bozunmaya karşı koruyarak ömrünü artırır.

Tecrit malzemesi olarak bentonit (peletler, granüle, veya toz halinde) ve çimento yaygın olarak kullanılır. Kesinlikle sondaj kırntuları, kum, veya başka bir malzeme kullanılmamalıdır.

Bentonit kil minerali montmorillonit'den oluşan ve su içinde kuru hacminin 8-10 katı kadar genişleyen bir malzemedir. Pelet ve granüle bentonit kuyu cidarı boşluğuna kuru halde yerleştirilmelerine rağmen toz halindeki bentonitin enjeksiyon şerbeti şeklinde yerleştirilmesi gereklidir. Bentonit enjeksiyon şerbeti 7 kg ağırlığındaki kuru bentonitin 27 lt temiz su ile karıştırılması sonucu elde edilir. Bentonitin yüksek katyon değişirme kapasitesine ve yüksek pH (8.5-10.5) değerine sahip olması ve potansiyel bazı katkı maddeleri (organik ve inorga-



Şekil 6. Yeraltısuyu gözlem kuyusu tasarım detayı.

nik polimerler) içermesi temas ettikleri yeraltısuyu kalitesini etkileyebilir. Bu nedenle, bentonit kil dolgusu filtrenin üst seviyesinden en az 1-1.5 m yukarıdan başlamalıdır. Bentonitin efektif bir şekilde hidrasyona uğrayarak şişmesi için ortamda yeterli miktarda ve kalitede su bulunmalıdır. Bu nedenle suya doygun olmayan zonlarda veya yüksek klorür ve toplam erimiş katı maddeler (TDS>5000 mg/lit) içeren sulara kullanılmaları tavsiye edilmez (Nielsen ve Schalla, 1991). Bu durumlarda çimento şerbeti tecrit malzemesi olarak kullanılmalıdır.

Çimento şerbeti 50 kg portland çimentosu ile 30 lt temiz suyun kumsuz karışımı ile elde edilmelidir. Karışımdaki su miktarı çok önemlidir. Su miktarının 30 lt/50 kg'dan fazla olması çimentonun aşırı miktarda büzülmesi sonucu çatlakların ve çimento içinde su ihtiva eden boşlukların oluşmasına neden olur. Bu durum arzu edilmeyen bir tecrit malzemesi oluşturur. Çimentonun kuyuda aşırı miktarda büzülmesini önlemek veya prizlenme zamanını kısaltmak için çimento karışımına bentonit (% 3-% 8 hacim oranında), kalsiyum klorür (%1-%3), jips (%3-%6) veya alüminyum tozu (%1) gibi katkı maddeleri ilave edilebilir. Çimento enjeksiyonunun kum-çakıl zarfının hemen üzerinden başlayacak şekilde yapılmaması gerekir. Aksi takdirde çimento kum-çakıl zarfının içine infiltrate olur ve çakıl

zarfını ve filtreyi tıkayabilir. Buna ilaveten çimentonun yüksek pH içermesi su kalitesinde de yüksek pH değerleri ölçülmesine neden olur. Bu nedenlerle çimento kum-çakıl zarfının hemen üzerine yerleştirilmemelidir. Çimento ile ana kum-çakıl zarfı arasında 0.5 m kalınlığında çok ince taneli ikincil bir kum-çakıl zarfı veya 0.5 m-1.0 m kalınlığında bentonit yerleştirilmelidir.

### Yüzey koruması

Yüzey korumasının amacı yüzey sularının teçhiz borusu ile sondaj çeperi arasında kalan boşluktan kuyu tabanına doğru süzülmelerini önlemek ve kuyuyu dış etkenlere karşı korumaktır. Yüzey koruması için teçhiz borusu merkez olmak üzere kuyubaşı zemin kotunun en az 1 m altına kadar betonlanmalıdır. Kuyubaşı betonu teçhiz borusundan dışarıya doğru eğimli ve zemin kotundan en az 0.20 m yükseklikte olmalıdır. Teçhiz borusu kuyubaşı betonu üst seviyesinden en az 0.40 m çıkmalıdır. Kuyubaşı betonu prizlenmeden önce uygun çapta metal bir muhafaza borusu teçhiz borusu ile sondaj çeperi arasında, alt seviyesi zemin kotunun en az 0.5 m altında, üst seviyesi teçhiz borusunun üst seviyesinden en az 0.2 m yükseklikte olacak şekilde yerleştirilmelidir (Şekil 6). Metal muhafaza borusunun ağzına maşon veya menteşeli ve kilitli metal bir kapak takılmalıdır. Metal muhafaza borusuna en az dört adet hava delikleri açılmalıdır. Metal muhafaza borusu boyanmalı ve üzerine kuyu numarası yazılmalıdır.

### Yeraltısuyu gözlem kuyularının geliştirilmesi

Kuyu geliştirme (inkişaf) işlemi filtre civarındaki tabii jeolojik formasyondan ve kum-çakıl zarfından ince malzemeleri (silt, kil, ince kum) ve sondaj sirkülasyon sıvısı (çamuru) artıklarını dışarı atmak amacı ile yapılır. Ayrıca kuyu geliştirme işlemi filtre civarındaki malzemenin oturmasını ve stabilizasyonunu sağlar. Kuyu geliştirme işlemi (1) kuyudan ve çakıl zarfı veya tabii formasyondan yeraltısuyunun içeri ve dışarı hareketini sağlayarak ince malzemenin serbest kalmasına ve kuyuya çekilmesine olanak sağlamak üzere kuyuya yeterli miktarda bir enerjinin uygulanması ve (2) kuyuya getirilen bu ince malzeme ile kuyu civarındaki sondaj çamuru artıklarını dışarı atılması için pompaj yapılmasından müteşekkildir. Kuyu geliştirme işlemi

- (1) Maksimum verimi sağlar,
- (2) Kuyu ile tabii formasyon arasında hidrolik iletişimi sağlar,
- (3) Daha sonra yapılacak akifer deneylerinden elde edilen verilerin kalitesini artırır,
- (4) Kuyudan 'temsili' örnekler alınmasını sağlar,
- (5) Örneklemeden önce kuyudaki suyun boşaltılması ve/veya akifer deneyleri sırasında kullanılan pompaların tıkanmasını ve zarar görmesini önler.

Kuyu geliştirme yöntemleri ile ilgili literatürde bulunan bilgiler genelde su üretim kuyularının geliştirilmesine aittir. Su üretim kuyuları genelde 6 inç ve daha geniş çaplarda olup akiferden yüksek miktarda su alabilmek için filtre açık alan yüzdeleri daha fazladır. Buna karşıt gözlem kuyuları yüksek verim elde etmekten ziyade belirli derinliklerden veya zonlardan temsili su örnekleri almak ve su seviyeleri ölçmek amacıyla inşa edilirler. Gözlem kuyuları akifer niteliği göstermeyen düşük verimli elde etmekten ziyade belirli derinliklerden veya zonlardan temsili su örnekleri almak ve su seviyeleri ölçmek amacıyla inşa edilirler. Gözlem kuyuları akifer niteliği göstermeyen düşük verimli formasyonlarda da açılabilirler. Birçok gözlem kuyuları 2 inç ve 4 inç çaplarında genelde düşük açık alan yüzdesine sahip PVC filtreleri kullanılarak inşa edilmişlerdir. Bu nedenlerle, standard su üretim kuyuları geliştirme yöntemlerinin, gözlem kuyuları için bazı değişiklikler yapılmadan uygulanması doğru değildir.

Kuyu geliştirme işleminden önce kuyunun mümkünse aynı formasyon suyu ile yoksa kimyasal karakteri önceden belirlenmiş temiz bir su ile yıkanması gerekir. Geliştirme işlemi sırasında kuyudan deşarj edilen su miktarı yıkama sırasında kullanılan su miktarından az olmamalıdır.

Küçük çaplı (2 inç-4 inç) gözlem kuyularının geliştirilmesi için en uygun yöntemler şunlardır (Kraemer ve diğeri, 1991): (1) Basınçlı hava ile karıştırma/pompalama ile geliştirme, (2) Santirifuj pompa ile geliştirme, (3) Dalgıç pompa ile geliştirme, (4) Kapaklı ve hava delikli pistonla geliştirme, ve (5) Beiler ile geliştirmedir. Bu geliştirme yöntemlerine ilişkin bilgiler Kraemer ve diğeri (1991) tarafından sunulmuştur.

## Mogan-Eymir gölleri yeraltısu gözlem kuyuları

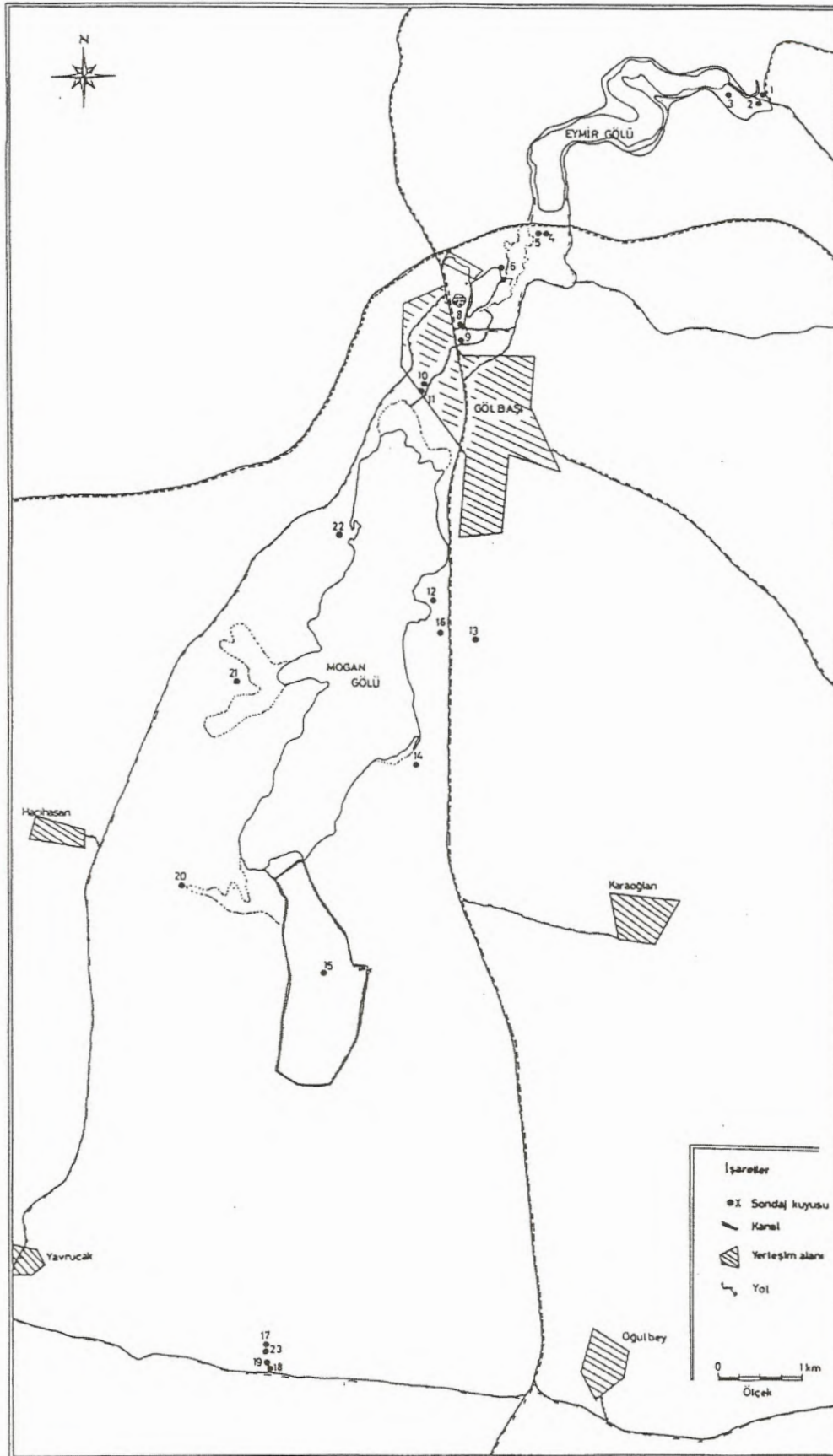
Orta Doğu Teknik Üniversitesi Rektörlüğü ile Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü arasında imzalanan bir protokolle Temmuz 1993-Temmuz 1995 tarihleri arasında yürütülen 'Gölbaşı Mogan-Eymir Gölleri için Su Kaynakları ve Çevre Yönetim Planı Projesi' kapsamında her iki göl civarında D.S.İ. 5. Bölge Müdürlüğü Sondaj Şubesi ekiplerince toplam derinliği 336 m olan 23 adet sondaj yapılmış ve bir tanesi dışında tümü yeraltısu gözlem kuyusu olarak techiz edilmiştir. Yeraltısu gözlem kuyularının amacı: (1) kuyuların açıldığı yerlerde zemin profillerinin tesbiti, (2) akifer özelliği gösteren litolojik birimlerin hidrolik parametrelerini belirlemek üzere pompa ve beiler deneylerinin yapılması, (3) yeraltısu akış hızını ve efektif poroziteyi belirlemek üzere izleme deneylerinin yapılması, (4) yeraltısu seviye ölçümlerinin yapılması ve (5) yeraltısu kalitesini belirlemek için su örneklerinin alınmasıdır.

Yeraltısu gözlem kuyuları Mogan ve Eymir gölleri civarında genelde ince taneli sedimanların egemen olduğu alüvyon

çinde açılmıştır (Şekil 7). Sondaj derinlikleri genelde 10-15 m civarında olup, dört lokasyonda ikişer adet değişik derinliklere sahip gözlem kuyuları yanyana açılmıştır. Böylece bu lokasyonlarda farklı derinliklerdeki yeraltısu sistemlerinin davranışını izlemek için olanak sağlanmıştır. Sondajlar rotari sondaj tekniği ile açılmış ve uçtan su püskürtmeli rokit kullanılmıştır. Sirkülasyon sıvısı olarak civarda aynı formasyon içinde bulunan bir kuyunun suyu kullanılmıştır. Techiz çapı 4 inç olan kuyularda sondaj çapı genelde 97/8 inç; 8 inç boru ile techiz edilen kuyularda ise sondaj çapı 12 1/4 inçdir. Böylelikle kuyu cidarı ile techiz borusu arasında kum-çakıl zarfının yerleştirilmesi için gerekli boşluk sağlanmıştır. Sondajlar sırasında sürekli olarak kuyu logları hazırlanmış, tüm litolojik birimler ayrıntılı bir şekilde tanımlanmış ve laboratuvarda elek analizleri için örnekler alınmıştır. Sondajların tamamlanmasından sonra gerekli görülen kuyularda SP ve Rezistivite logları alınmıştır.

Açılan 23 adet sondaj kuyusundan 22 adedi yeraltısu gözlemleri için techiz edilmiştir. 12 numaralı sondaj kuyusunda tümüyle yüksek plastisiteli kil kesildiği için techiz edilmemiştir. Yeraltısu gözlem kuyularının tasarım detayı Şekil 6'da gösterilmiştir. Tüm gözlem kuyuları PVC boru ve filtre ile techiz edilmiş olup, pompa deneyinin yapılmasına olanak sağlamak amacıyla sadece 17 numaralı kuyuda metal boru ve filtre kullanılmıştır. Techiz sırasında yarı aralıkları 2 mm olan 4 inç ve 8 inç çaplarında PVC filtreli boru kullanılmıştır. Filtrelerin uzunlukları tüm kuyular için 2 m olup, Gölbaşı Belediyesi tarafından çöp sahası olarak kullanılan bölgede konuşlandırılan 6 ve 7 numaralı kuyularda 3'er metredir. Boruların kuyu içinde merkezlenmesini temin amacı ile, bir tanesi filtrenin üst seviyesinden 0.5 m yükseklikte olmak koşulu ile her 6-7 m de bir merkezleme yayı kullanılmıştır. Kum ve çakıl zarfı kuyunun taban kotundan başlayarak filtrenin üst seviyesinden en az 1 m yüksekliğe kadar yapılmıştır. Kum-çakıl zarfının üst seviyesi ile zemin kotunun 0.5-1 m alt seviyesine kadar kuyu çeperi ile techiz borusu arasında kalan boşluk kil dolgu malzemesi ile doldurulmuştur. Kuyular temiz su ile yıkanarak kompresör ile kuyudan berrak su gelene kadar geliştirilmiştir. PVC techiz borusu merkez olmak üzere kuyubaşı toprak seviyesinden en az 0.2 m yüksekliğe kadar betonlanmıştır. Kuyubaşı betonu prizlenmeden önce 65/8 inç çapında metal bir muhafaza borusu PVC boru ile kuyu cidarı arasına, alt seviyesi zemin kotunun en az 0.5 m altında, üst seviyesi PVC borunun üst seviyesinden en az 0.2 m yüksekte olacak şekilde yerleştirilmiştir. Metal muhafaza borusunun ağzı 3 inç çapında maşonla kapatılmıştır. Metal muhafaza borusuna en az dört adet havalandırma deliği açılmış ve boyanarak kuyu numaraları yazılmıştır.

Şekil 7. Mogan-Eymir gölleri yeraltısu gözlem kuyuları lokasyon haritası.



Kuyuların tamamlanmasından sonra hidrolik parametreleri ve yeraltısuyu akış hızını belirlemek üzere seçilen kuyularda pompa ve yükselim deneyleri, beiler testleri, ve izleme deneyleri yapılmıştır. Yeraltısuyu gözlem kuyularından su kalitesini belirlemek amacı ile su örneklerinin alınması ve su seviyelerinin ölçülmesi Temmuz 1994'den beri devam etmektedir.

## Sonuç

Bu yazıda yeraltısuyu gözlem kuyularının tasarımında ve inşa edilmesinde gözönüne alınması gereken önemli faktörlerden sondaj tekniği, çap, derinlik, teçhiz borusu, filtre, çakılama, tecrit ve geliştirme yöntemleri hakkında bilgi verilmiş ve Mogan-Eymir gölleri civarında yapılan uygulamalardan örnekler sunulmuştur.

## Değınilen Belgeler

- Davis, H., Jehn, J., ve Smith, S., 1991, Monitoring well drilling, soil sampling, rock coring, and borehole logging, in Practical Handbook of Ground-Water Monitoring, Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI, 195-237.
- Driscoll, F. G., 1986, Ground water and wells, Johnson Division, UOP, Inc., St. Paul, MN.
- Kraemer, C.A., Shultz, J.A., ve Ashley, J. W., 1991, Monitoring well post-installation considerations, in Practical Handbook of Groundwater Monitoring, National Water Well Association, Worthington, Ohio, 236-245.
- Nielsen, D. M. ve Schalla, R., 1991, Design and installation of groundwater monitoring wells, in Practical Handbook of Ground-Water Monitoring, Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI, 239-331.
- Parker, L.V., Hewitt, A.D., ve Jenkins, T.F., 1990, Influence of casing materials on tracelevel chemicals in well water, Ground Water Monitoring Review, 10 (2), 146-156.
- Reynolds, G.W. ve Gillham, R.W., 1985, Adsorption of halogenated organic compounds by polimer materials commonly used in groundwater monitoring, Proceedings of Second Canadian/American Conference on Hydrogeology, National Water Well Association, Dublin, OH, 125-132.

Ahmet APAYDIN, Orhan TANER, Tayfun KAVAKLI, Beyhan GÜNER  
Devlet Su İşleri, V. Bölge Müdürlüğü, Ankara

## Kum-çakıl ocaklarının doğal çevreye; özellikle yeraltısuyuna olumsuz etkilerine çarpıcı bir örnek: Mürted Ovası (Ankara)

Bilindiği gibi, inşaat sektöründeki büyümeye paralel olarak sektör için temel gereç özelliğindeki kum-çakıl, stabilize ve benzeri malzemelere olan ihtiyaç son yıllarda önemli ölçüde artmaktadır. Bunun sonucu olarak, akarsu yataklarında yeni ocak açma ve mevcut ocakları genişletme-derinleştirme faaliyetlerinde artış görülmektedir. Bu durum, akarsu yataklarında bulunan regülatör, köprü gibi her türlü sanat yapısını tehdit etmekte; yeraltı ve yerüstü sularının miktar ve kalite yönünden olumsuz etkilenmesine, verimli tarım alanlarının elden çıkmasına neden olmaktadır. Kum-çakıl ocaklarının doğada yarattığı olumsuzluklara en çarpıcı örneklerden biri, Ankara'nın 25-30 km KB'sındaki Mürted ovasıdır. Mürted ovasında, Ovaçayı çevresinde 70 km<sup>2</sup> yayılım alanına, ortalama 25-30 m kalınlığa sahip olan ve bol miktarda yeraltısuyu taşıyan; bu özelliği ile başta Ankara kenti, Kazan ilçesi ve Yenikent beldesi ile yöre halkı için son derece önemli olan alüvyon, kum-çakıl ocaklarının yoğun faaliyetleri sonucu hızlı bir şekilde kazılarak ortadan kaldırılmaktadır. Ovada 20-25 yıldır faaliyet gösteren kum-çakıl işletmelerinin kazıları ile, bugün alüvyon rezervinin yarısı ortadan kalkmış; geri kalan kısmını da aynı hazin son beklemektedir. Özellikle son yıllarda yapılan büyük çaplı kazılarla yeraltısuyu seviyesi hızlı bir şekilde alçalmış; kuyu verimleri azalmış ve kazılarla açığa çıkan yeraltısuyu yoğun bir kirlenme ile karşı karşıya kalmıştır. Ayrıca, Ovaçayının akış rejimi bozulmuş, verimli tarım alanları tahrip edilmiştir. Ovadaki yeraltısuyu rezervinin korunması ve kum-çakıl ocaklarının doğal çevreye verdiği zararların bir ölçüde engellenmesi için, ocakların faaliyetlerinin acil olarak durdurulması ve ovada ıslah çalışmalarının bir an önce başlatılması gerekmektedir.

### Giriş

Bilindiği gibi, inşaat sektöründeki büyümeye paralel olarak sektör için temel gereç özelliğindeki kum-çakıl, stabilize ve benzeri malzemelere olan ihtiyaç son yıllarda önemli ölçüde artmaktadır. Bunun sonucu olarak, akarsu yataklarında yeni ocak açma ve mevcut ocakları genişletme-derinleştirme faaliyetlerinde artış görülmektedir. Bu durum, akarsu yataklarında bulunan regülatör, köprü gibi her türlü sanat yapısını tehdit etmekte; yeraltı ve yerüstü sularının miktar ve kalite yönünden olumsuz etkilenmesine, verimli tarım alanlarının elden çıkmasına neden olmaktadır.

Bu makalede, Ankara-Mürted ovasında faaliyet gösteren kum-çakıl ocaklarının doğada yaptığı tahribat gözler önüne serilecek; yeraltısuyu taşıyan alüvyonda derin ve geniş boyutlu kazıların özellikle yeraltısuyuna; ayrıca akarsulara ve tarım alanlarına olan olumsuz etkileri üzerinde durulacaktır.

### İnceleme Alanı

Mürted ovası Ankara'nın 25-30 km kuzeybatısında olup, Kazan ilçe merkezi bu ovada yer almaktadır. E-5 karayolu ve Ankara-İstanbul TEM otoyolu ova üzerinden geçmektedir (Şekil 1).

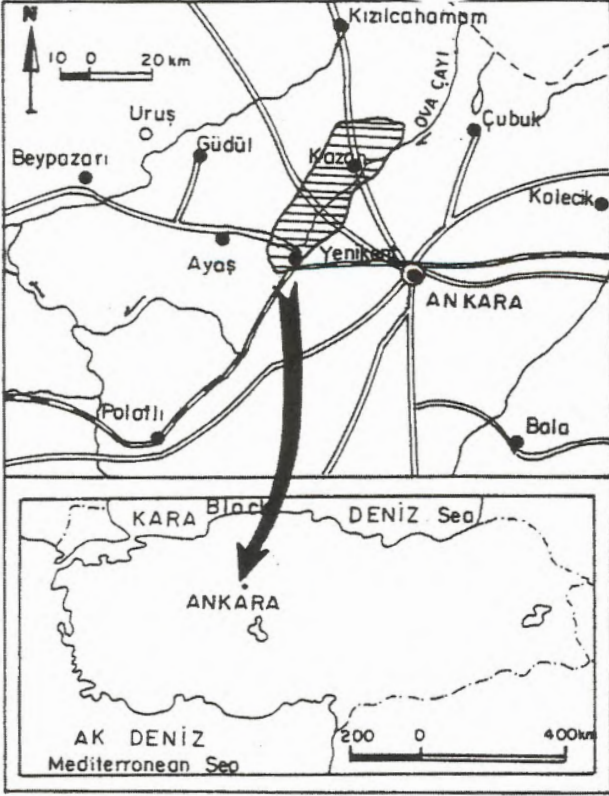
Toplam yağış alanı 1550 km<sup>2</sup> olan ovayı, kuzeyden güneye doğru akan Ovaçayı drene etmektedir. Ancak ovanın kuzeybatısında inşa edilmiş olan Kurtboğazi barajı (Ovaçayı regülatöründen aktarılanla birlikte), Ovaçayı debisinin büyük bir kısmını depolamakta; depolanan su, kapalı bir isale hattı ile Ankara'nın içme suyunu takviye etmektedir.

Bölgede karasal iklim egemen olup; yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlıdır. Etimesgut DMİ verilerine göre ovadaki 42 yıllık yağış ortalaması 368.6 mm; Ankara DMİ istasyonunun 70 yıllık verilerine göre ortalama sıcaklık 11.7 °C'dir.

### Hidrojeoloji

#### Yeraltısuyu taşıyan formasyonlar

Mürted ovasında, Ovaçayı ve Kurtderesi yatağı boyunca uzanan alüvyon bol miktarda yeraltısuyu taşımaktadır. Az kil-



Şekil 1. İnceleme alanının bulduru haritası.

li kum ve çakıllardan oluşan alüvyonun ovadaki toplam yayılım alanı 120 km<sup>2</sup>; kalınlığının en fazla olduğu ve en kaba taneli olduğu Ovaçayı ve Kurtderesi yatağında ise yaklaşık 70 km<sup>2</sup>'dir.

Ovaçayı regülatöründen Yenikent güneyindeki Zir boğazına kadar olan kısmı (Ovaçayı alüvyonu) 40 km, Kurtboğazi barajından Kazan'a kadar olan kısmı (Kurtderesi alüvyonu) 5 km olmak üzere ovada toplam 45 km uzunluğa sahip olan alüvyonun kalınlığı ortalama 25-30 m civarındadır.

Alüvyonun altında bulunan az çakıllı, kumlu, killi Pliyosen birimi mevzi ve zayıf akifer özelliğindedir. Birim içerisindeki kum-çakıl tabakaları ve mercikleri bazı bölgelerde basınçlı su taşımaktadır.

Ovada alüvyon ve Pliyosen birimini deiecek şekilde açılmış olan çok sayıda kuyuda pompa verimleri 10-50 l/s arasında değişmektedir. Ovadaki su sondaj kuyularına ait bilgiler Çizelge 1'de verilmiştir.

#### Yeraltısuyu rezervi ve yeraltısuyu kullanımı

Mürted ovası alüvyonunda, DSİ tarafından 1976 yılında tamamlanan hidrojeolojik etüt çalışmalarıyla 15x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/yıl yeraltısuyu rezervi tahmin edilmiştir. (Özbey, 1976).

Ovada kuyularla yeraltısuyu kullanımı 1970'li yıllarda başlamış; 1985 yılından itibaren talepler hızla artma eğilimine girmiştir (Çizelge 2, Şekil 2).

Ovadaki yeraltısuyu kullanımı içme-kullanma, sanayi suyu ve sulama suyu şeklinde incelenmiştir.

Çizelge 1. Mürted ovasındaki su sondaj kuyularına ait bilgiler.

KUYU NO	KUYU YERİ	DERİNLİK (m)	AKİFER KALINLIĞI (m)	STATİK SEVİYE (m)	DİNAMİK SEVİYE (m)	POMPA VERİMİ (l/s)
5263	Kazan	212	21	2.14	12.46	2.3
5282	Zir Atış Pl.	145	21	2.58	4.29	30
5330	Yılbant	317	19	1.44	19.12	10
5331	Ahurköy	171	52	1.23	4.56	32.5
5332	İçören	170	22	1.06	15.52	10
5333	Aydın	300	18	10.00	11.30	2
5334	Bitik	165	16	2.26	11.70	9
15030	DSİ Boru	38	17	3.15	16.45	17
15031	DSİ Boru	25	17	4.20	8.50	20
36023	İçören	51	43	3.00	17.00	30
36024	İçören	52	45	3.50	22.60	28
36025	İçören	48	44	3.45	20.90	35
36026	İçören	51	44	2.50	7.70	50
36027	İçören	51	45	2.00	8.00	50
36028	İçören	55	51	2.50	9.50	50
36029	İçören	52	46	2.00	6.00	35
36030	İçören	52	46	2.50	17.00	45
36031	İçören	50	44	2.50	9.30	38
36032	İçören	50	38	2.50	7.00	48
36033	İçören	50	38	2.90	10.90	48
36034	İçören	51	45	3.40	10.20	48
36035	İçören	49	39	2.20	8.20	43
42509	İçören	56	54	12.00	15.50	28
42510	İçören	50	47	11.50	15.69	25
42511	İçören	50	44	9.00	11.87	29
42512	İçören	50	46	9.50	13.41	27
42513	İçören	50	47	11.00	14.28	25
42514	İçören	50	44	10.50	13.74	25
42515	İçören	50	46	10.00	22.00	16
42516	İçören	50	42	7.00	11.24	15
42517	İçören	50	45	6.00	10.63	18
42518	İçören	50	42	5.50	12.14	14

#### a) İçme-kullanma suyu

Ovadaki içme-kullanma suyu kullanımının büyük bir bölümü ASKİ, Kazan Belediyesi ve Yenikent Belediyesi tarafından yapılmaktadır.

Özellikle kurak aylarda, Kurtboğazi barajında su rezervinin azaldığı zamanlarda Ankara'nın içme suyunu takviye etmek amacıyla, İçören ve Uçarı köyleri civarında DSİ tarafından açılan 24 adet sondaj kuyusu bulunmaktadır. Bu kuyulardan 13 adedi halen faal olup, Ovaçayı regülatöründen Kurtboğazi barajına su ileten kanala yılda yaklaşık 4x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> su pompalanmaktadır. Buradaki kuyulardan iki adedi ise Kazan Belediyesi tarafından işletilmektedir. Bu kuyulardan yılda ortalama 1010<sup>6</sup> m<sup>3</sup> yeraltısuyu çekilmektedir.

Ovanın mansabındaki Yenikent beldesi de su ihtiyacını Ovaçayı alüvyonunda açılmış olan sondaj kuyularından sağlamaktadır. DSİ tarafından 0.5x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/yıl yeraltısuyu tahsisi yapılmış olan beldede, hızlı bir kentleşme yaşanmakta olup, yetkililerce mevcut su kaynaklarının yetersizliğinden yakınılmaktadır.

Ovadaki büyük yerleşim merkezlerinin yanısıra bazı köylerin ve çeşitli işletmelerin içme-kullanma suları alüvyondaki sondaj kuyularından sağlanmaktadır.

#### b) Sanayi suyu

Mürted ovasında başta TUSAŞ, Mürted hava Üssü, Ankara Nükleer Araştırma gibi Kamu kuruluşlarından başka özel sektöre ait döküm, çelik, elektronik, mermer, madencilik ve izolasyon ürünleri alanında faaliyet gösteren birçok sanayi kuruluşu faaliyet göstermektedir.



**Çizelge 2.** Yıllara göre Mürted ovasında yeraltısuyu kullanım değerleri

KULLANIM ŞEKLİ	1975	1980	1985	1990	1996
İÇME	-	-	405 000	4 932 000	5 365 000
KULLANMA	40 000	100 000	1 038 000	1 168 000	1 790 000
SANAYİ	6 000	411 000	471 000	1 113 000	1 492 000
SULAMA	-	-	557 000	584 000	1 587 000
TOPLAM	46 000	511 000	2 471 000	7 797 000	10 234 000

Bu kuruluşların su ihtiyacı alüvyon ve Pliyosen biriminde açılmış olan sondaj kuyularından sağlanmaktadır. Bu kuruluşlara 1996 yılı itibarıyla yılda yaklaşık  $1.5 \times 10^6$  m<sup>3</sup> su tahsisi yapılmıştır.

### c) Sulama Suyu

Ovada Devlet eliyle inşa edilmiş olan yeraltısuyu sulama tesisi yoktur. Ancak çiftçilerin kendi olanaklarıyla açtıkları kuyularla tarımsal sulama yapılmaktadır. Ayrıca ova ve çevredeki sanayi kuruluşları ile küçük ölçekli işletmelerin bağbahçe ve yeşil alanları yeraltısuyundan sulanmaktadır. Ovada sulamaya tahsis edilen yeraltısuyu miktarı 1996 sonu itibarıyla yaklaşık  $1.6 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/yıl kadardır.

## Kum-çakıl ocakları

### Ocakların genel durumu

Ovaçayı regülatörünün menbaında Jandarma Genel Komutanlığı, Ankara Büyükşehir Belediyesi ve şahıslara ait 2 adet ocaktan başka, mansaptaki Mürted ovasında faaliyet gösteren birçok kum-çakıl ocağı bulunmaktadır. Ovanın mansabındaki Zir boğazından menbadaki Ovaçayı regülatörü ve Kurtboğazi barajı arasında neredeyse hiç boşluk kalmamış, alüvyonun yaklaşık yarısı kemirilerek ortadan kaldırılmıştır.

Ovadaki kum-çakıl ocaklarının dağılım haritası Şekil 2'de verilmiştir.

### Kazı özellikleri

Önce doğal zemin kazılarak yeraltısuyu seviyesine kadar (2-5 m) indirilmekte, daha sonra sallama kepçelerle su içerisinde 10 m derinliğe kadar malzeme alınmaktadır. Böylece geniş alanlarda yeraltısuyu gölleri oluşmaktadır. Daha sonra, göl çevresinde ikinci bir palye oluşturularak sallama kepçelerle daha derinlere inilerek su içinden malzeme alınma devam edilmektedir.

Çok sayıda kum-çakıl ocağının derin ve geniş kazıları sonucu, yeraltısuyu seviyesi aşırı bir şekilde alçalmakta, böylece üçüncü bir palyenin oluşturularak kazının daha da derinlere indirilmesi sağlanmaktadır.

Sallama kepçelerle daha derinlere inerek malzeme alımı güçleştiğinde, ocakta genişletme çalışmaları başlatılmakta, doğal akarsu yatağı dışına çıkılarak tarım alanları tahrip edilmektedir.

Kum-çakıl ocaklarının faaliyetleri sonucu, bugün alüvyon çoğu yerde 15 m derinliğe kadar kazılmış; 50-150 m olan doğal yatak genişliği 1-1.5 km'ye çıkmıştır.

## Kum-çakıl ocaklarının olumsuz etkileri

### a) Yeraltısuyuna

Mürted ovasındaki kum-çakıl ocaklarının yoğun faaliyetleri sonucu, yeraltısuyu taşıyan alüvyonun büyük bir bölümü kazılarak alınmış, yeraltısuyu açığa çıkarılarak büyük göller oluşmuştur. Özellikle kazı faaliyetlerinin arttığı son 10-15 yılda ovadaki yeraltısuyu seviyesinde aşırı düşümler olmuştur. Ocakların yakınındaki kuyulardaki seviye düşümü daha belirgindir.

1970'li yılların başlarında alüvyondaki yeraltısuyu seviyesi ortalama 2-5 m iken, bugün yer yer 10-15 m derinliğe kadar düşmüştür (Şekil 3). Alüvyonun kemirilmesinin yanısıra, kazılar sonucu oluşan geniş yeraltısuyu gölleri ve sazlıklardan meydana gelen buharlaşma-terleme kayıpları da yeraltısuyu seviyesinin alçalmasına katkıda bulunmakta; kuyu verimlerinde azalmalara neden olmaktadır.

Ayrıca, kazı göllerinin önu açılarak yeraltısuyu dışarıya tahliye edilmektedir.

Ovada faaliyet gösteren kum-çakıl ocakları birçok sondaj kuyusuna tahrip ederek kullanılamaz duruma getirmiştir.

Yeniket bölgesi Zir Atış Poligonu içerisinde, Sincan Geceköndü Önleme Bölgesi için DSİ tarafından açılan 5 adet verimli sondaj kuyusu tahrip edilmiş olup, bugün yerleri bile belli değildir.

Yeniket civarında ASKI'ye ait iki kuyu tahrip edilmiş, oluşan kazı göllerinin kenarında kalan diğer üç kuyu aynı tehlikenin eşliğindedir.

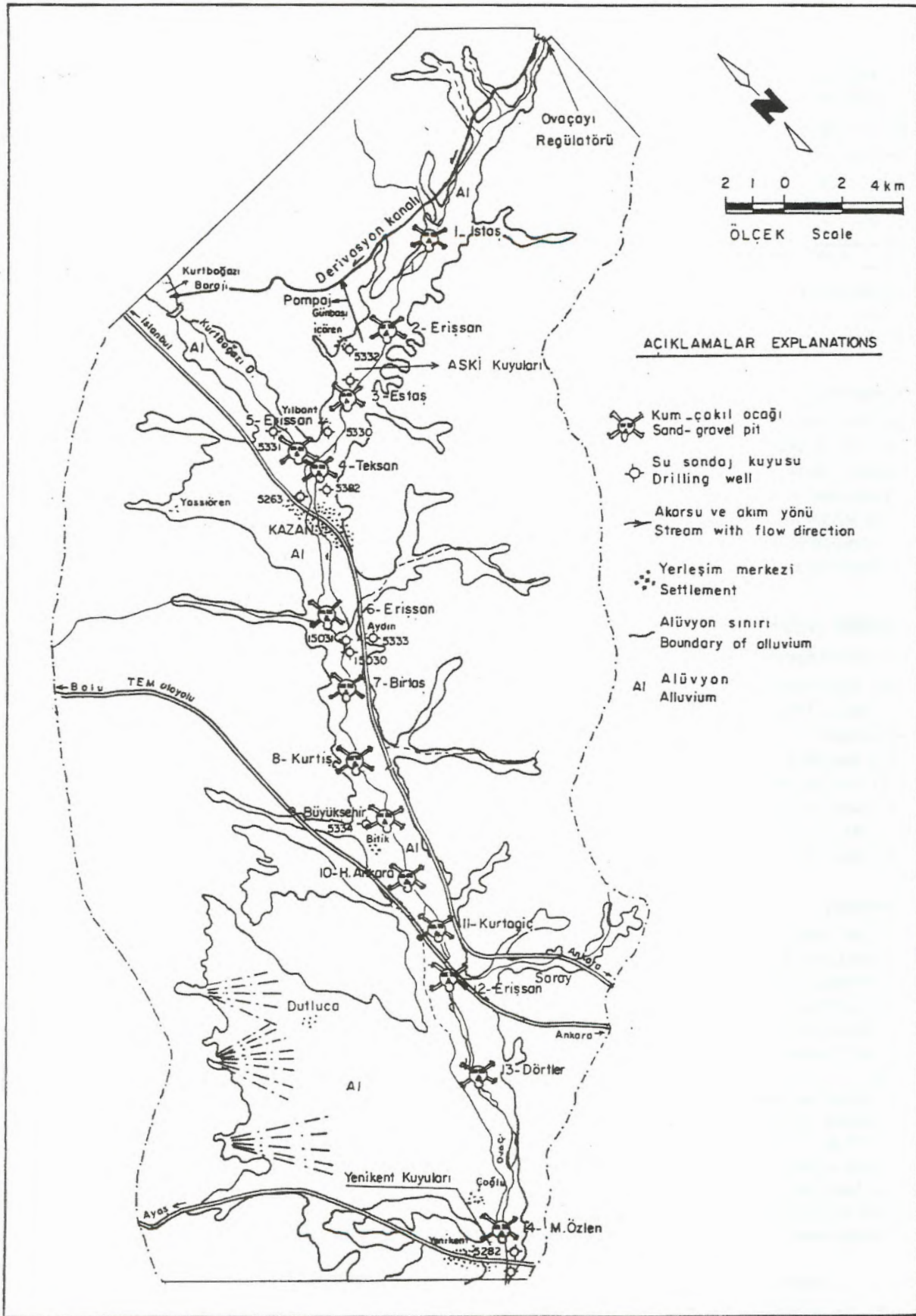
Yine, Kazan yakınında Kurtderesi alüvyonunda açılmış DSİ 5331 no.lu araştırma sondaj kuyusu kazılarla ortadan kaldırılmıştır. Taahhütlerinin hiçbirine uymayan ve gerekli denetimi yapılmayan kum-çakıl ocaklarının faaliyetlerinin devam etmesi halinde, diğer kuyuları da aynı hazin son beklemektedir.

Bilindiği gibi yeraltısuları yerin altında bulunması nedeniyle nispeten koruyucu bir örtüye sahip olup, yüzey sularına göre genellikle daha temizdir. Mürted ovasında ise, akiferin koruyucu örtüsü kazılarak yeraltısuyu açığa çıkarılmıştır. Dolayısıyla, ovadaki yeraltısuyu yerleşim merkezlerinin kanalizasyon atıkları, sanayi atıkları ve katı atıkların doğrudan tehdi di altına girmiştir.

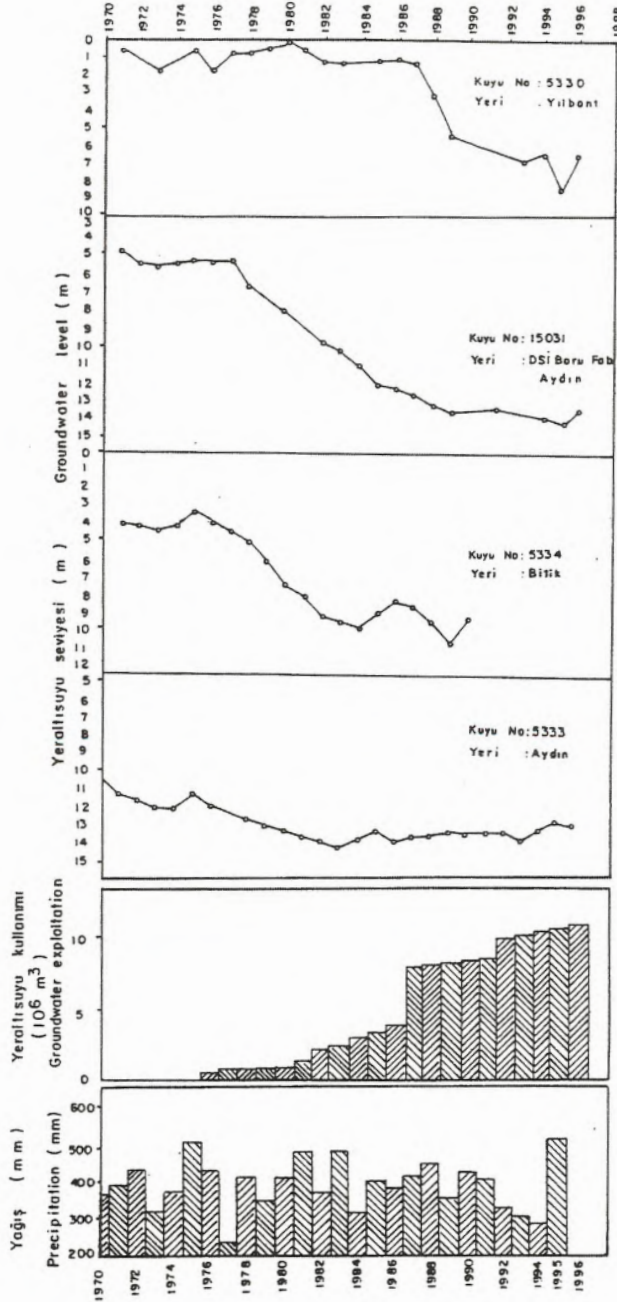
Kazan Belediyesinin katı atıklarının terkedilmiş bir kazı çukuruna dökülmesi ve Çoğlu köyünün kanalizasyon sularının ovadaki bir yeraltısuyu gölüne dökülmesi buna en somut ve vahim örnektir.

### b) Yüzey suyuna

Menbadaki Ovaçayı regülatöründen derivasyon kanalı ile Kurtboğazi barajına su iletilmektedir. Dolayısıyla regülatörden yatağa fazla miktarda su bırakılmamaktadır. Kurtboğazi barajının bulunduğu Kurtderesinde çoğu zaman akış görülmektedir. Ancak mevcut akarsu yataklarının aşırı ve düzensiz



Şekil 2. Mürted ovasındaki kum-çakıl ocaklarının dağılım haritası.



Şekil 3. Yıllara göre Murted ovasında yağış ve yeraltısuyu kullanım değerleri ile yeraltısuyu seviyesindeki değişimler.

şekilde kazılması sonucu akış rejimi bozulmuş, yeraltısuyu ile yüzey suyu birbirine karışmıştır.

Geçmişte regülatörden yatağa bırakılan suyu tarımsal sulamada kullanan çiftçiler, kazılarla yatağın derinleşmesi ve akış rejiminin bozulmasıyla bu sudan artık yararlanamamaktadırlar.

### c) Sanat yapıları ve binalara

Mürted ovasındaki regülatör, köprü gibi sanat yapıları ile bazı binalar kum-çakıl ocaklarının tehdidi altındadır.

Koruma alanlarından malzeme alınan Ovaçayı regülatörü, Kazan köprüsü ve Zir köprüsü gibi bazı yapıların, kazılar durdurulmadığı takdirde geleceği tehlikededir.

### d) Tarım alanlarına

Kum-çakıl ocaklarının doğal yatak dışına çıkılarak yapılan genişletme çalışmaları ile, verimli tarım alanları tahrip edilerek elden çıkmış, ağaçlar kesilerek yok edilmiştir. Terkedilen ocaklarda hiçbir ıslah çalışması yapılmamıştır.

Ocaklarda killi-siltli malzemeler tarım alanları üzerine gelişigüzel yığılmıştır.

### e) Doğal görünümün bozulması

Ovanın nedereyse tamamının doğal görünümü bozulmuştur. Açılan geniş boyutlu çukurlar, sazlık ve göller, malzeme yığınları, tahrip edilmiş tarım alanları, kesilmiş ağaç kökleri çok çirkin görüntüler vermektedir.

## Sonuçlar ve öneriler

1-Ovada 20-25 yıldır faaliyet gösteren kum-çakıl işletmelerinin kazıları ile, bugün altüvyon rezervinin yarısı ortadan kalkmış; geri kalan kısmını da aynı hazin son beklemektedir. Özellikle son yıllarda yapılan büyük çaplı kazılarla yeraltısuyu seviyesi hızlı bir şekilde alçalmış; kuyu verimleri azalmış ve kazılarla açığa çıkan yeraltısuyu yoğun bir kirlenme ile karşı karşıya kalmıştır. Ayrıca, Ovaçayının akış rejimi bozulmuş, verimli tarım alanları tahrip edilmiştir.

2- Ovadaki yeraltısuyu rezervinin korunması ve kum-çakıl ocaklarının doğal çevreye verdiği zararların bir ölçüde engellenmesi için, Ovaçayı regülatörü ve Kurtboğazı barajı ile Zir boğazı arasındaki bütün ruhsatlar iptal edilerek ocakların faaliyetlerinin acil olarak durdurulması ve ovada ıslah çalışmalarının bir an önce başlatılması gerekmektedir.

3- Ovanın özellikle orta ve güney kesimi, yerleşim merkezlerinin kanalizasyon; fabrika ve çeşitli imalathanelerin ağır madde vb. kirli atıklarının tehdidi altındadır. Dolayısıyla ovadaki kanalizasyon atıkları başta olmak üzere bütün kirlenici maddelerin artmaya tabi tutulup, yeraltısuyu taşıyan altüvyonla irtibatının kesilerek ova dışına çıkarılması gerekmektedir.

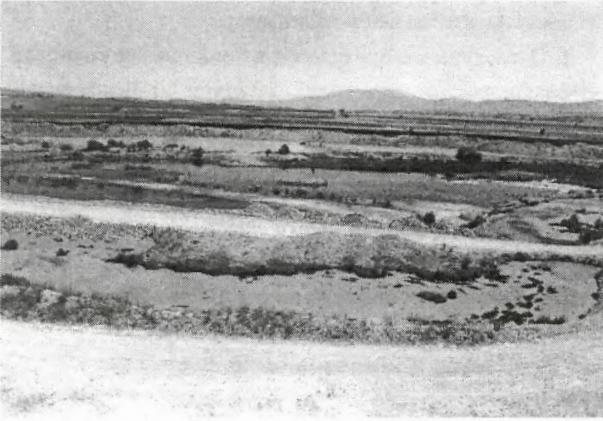
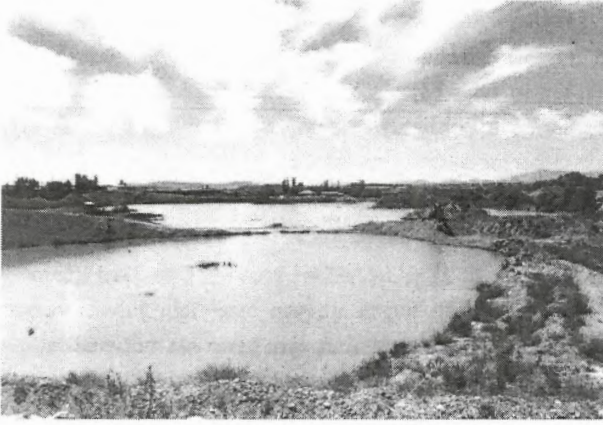
4- Kazan Belediyesinin katı atık sahası için ova dışında uygun bir yer seçilmeli, mevcut katı atık sahasındaki malzeme bu sahaya taşınmalıdır.

5- Kum-çakıl işletmelerinin, İl Özel İdare Müdürlüklerince hazırlanıp imzaladıkları taahhünamenin;

18. Maddesi, "Ocak alanı yatak içinde kaydırılmaz, ocak sınırları beton taşlarla köşe noktaları belirlenecek, bu taşlar esas olacak ve işletici tarafından korunacaktır",

19. Maddesi, "Taşkın zararları, mal ve can güvenliği yönünden gerekli görürse idare ocağın işletmesini durdurmaya yetkilidir. Ayrıca dere içerisinde akış rejimini bozucu çalışma yapılamaz. Dere zemin seviyesinden.... metreden daha derinden malzeme alınmaz. Büyük çukur ve oyuntular meydana getirilemez",

3. Madde son paragrafı ise, "Ocakta çıkarılması istenilen malzeme bulunmaması halinde, vermiş olduğum rüsumun iadesini istemeyeceğimi, ruhsat müddedimin bitiminde veya her ne sebeple olursa idarece iptal edilmesinde ocağı eski halinde bırakmadığım takdirde, teminatımın irad kaydedilmesi, teminat yeterli gelmediği takdirde farkını derhal ödeyeceğimi kabul ve taahhüt ederim" şeklindedir (Taner ve Aker, 1994).



(Kum-Çakıl Ocakları ve gözlenen olumsuz gelişmelere ait fotoğraflar)

Burada bazı maddeleri açıklanan taahhütnamenin işletmeler tarafından ihlal edildiği açıktır. Bu nedenle, taahhütname maddeleri gereği, işletmelerin ruhsatlarının iptal edilerek, konunun uzmanlarının görüş ve önerileri doğrultusunda yatağın eski haline getirilmesi sağlanmalıdır.

### Değınilen Belgeler

- Özbey, R., 1976, Mürted ovası hidrojeolojik etüt raporu, DSİ Jeo Tek. Hiz. ve YAS Dai. Başkanlığı, 49 s. Ankara.
- Taner, O. ve Aker, A., 1994, Ankara-Mürted ovası-Ovaçayı (Ovaçayı regülatörü-Yenikent) arası kum-çakıl vb. ocaklar hakkında rapor, DSİ V. Bölge Müd. 8 s. Ankara (yayınlanmamış).



Ali Haydar GÜLTEKİN

İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul

## Manganez yataklarının köken tespitinde mineralojik ve kimyasal veriler

Kimyasal bileşim ve jeolojik veriler, ekonomik öneme sahip manganez oksidlerin büyük çoğunlukla sığ su ortamında çökeldiğini ve deniz suyu seviyesinin değişmesine neden olan transgresyon ve regresyon olayları ile ilişkili olduğunu gösterir. Yataklanma esas olarak redoks kontrollüdür ve cevherleşme  $Mn^{+2}$ 'çe zenginleşmiş olan anoksik dib suların kıtasal şelfler üzerine yükselmesi ve oksijenli yüzey suları ile karışması sonucunda oluşmuştur. Bununla birlikte diajenetik etkiler gösteren pek çok yatak tespit edilmiştir. Farklı kökenli yatakları belirlemede, karakteristik mineralojik-jeokimyasal zenginleşme ve jeokimyasal birlik verileri önemli rol oynar. Genel olarak, manganez yatakları süperjen ve hidrotermal olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar. Hidrotermal yataklar, As-Ba-Cu-Li-Mo-Pb-Sb-Sr-V-Zn şeklinde bir jeokimyasal birlik ve Mn-As jeokimyasal ilişkisi gösterirken, süperjen denizel yataklar Na-K-Ca-Mg-Sr ve Co-Cu-Ni gibi jeokimyasal zenginleşmeler, süperjen karasal yataklar ise Mn-Ba ilişkisi gösterirler. Mevcut bir sülfürlü cevherleşmenin ayrışması sonucu oluşmuş olan süperjen karasal yataklar, karakteristik olarak yüksek Pb-Zn içeriğine sahiptirler. Mineralojik zenginleşme açısından, biksibit, braunit, hausmanit, hübnerit, yakobsit ve pirokroit yalnızca hidrotermal yataklarda oluşurken, kalkofanit, koronadit, krednerit,  $\gamma$ - $MnO_2$ , groutit hollandit, lithioforit, manganit, nsutit, kuenselit, ramsdellit, romaneşit, todorokit ve vodruffit genellikle süperjen orijinlidir. Süperjen ve hidrotermal yatakları birbirinden ayırmada kullanılan en önemli tanımsal diyagram Co+Ni-As+Cu+Mo+Pb+V+Zn diyagramıdır. Buna ilave olarak, Si-Al ve Fe/Ti-Al/(Al+Fe+Mn) diyagramları da kullanılabilir. Mevcut bir cevherin oksidasyonu sonucu oluşan süperjen karasal yatakları tanımlamada Pb-Zn diyagramı daha iyi sonuç verir.

### Giriş

Yataklanma şekli dikkate alınmaksızın, jeolojik süreçler içinde yaşları çok farklı olabilen irili ufaklı pek çok manganez oksid ve karbonat mineral yatakları oluşmuştur. Prekambriyen manganez yatakları, okyanusal havzalarda oluşmuş güncel derin deniz manganez nodüllerinin aksine, belirgin bir şekilde şelf ortamında çökelmiş transgressif istifler içindedir. Bu türün büyük cevherleşmeleri glasyal olaylar sonucu oluşmuş bantlı demir formasyonları ile ilişkilidir. Ekonomik yönden büyük yataklar oluşturan Mezozoik ve Senozoik yaşlı yataklar ise sığ denizel ortamlarda oluşmuş cevherleşmeler olarak dikkat çekerler. Önemleri nedeniyle bu tür yataklar diğerlerinden daha ayrıntılı olarak incelenmiş, son yıllarda gerçekleştirilmiş olan detaylı fasiyes analizleri yardımı ile oluşum ortam ve işlevleri saptanarak yeniden tanımlanmışlardır. Günümüz okyanusları ve manganez yataklanmasının geliştiği paleoortamlarla ilgili bilgi birikimi, güncel ve eski yatakların oluşumundaki benzerlerin ortaya konulmasında önemli rol oynamaktadır.

Manganez yataklarının tanımlanmasında etkili bir diğer yöntem, oluşum ortam ve koşullarına bağlı mineralojik ve jeokimyasal verilerin saptanmasıdır. Yöntemin esası, çökeltme ortamı ile bazı özel tip manganez oksid, karbonat veya silikat mineralleri arasındaki ilişkiye, veya deniz suyundan doğrudan çökeltme yada gözenek suyu sediman içetkileşimince belirginleşen tanımsal nitelikli element zenginleşmesine dayanır. Özellikle güncel havzalardaki diajenetik işlevlerin saptanmasıyla gözenek suyunun manganez oksid ve karbonatların kimyasal bileşimine olan etkisi daha iyi anlaşılmış, kökenleri birbirinden farklı yataklarda manganez-element ilişkisi daha kolay tanımlanmıştır. Bugün sedimantar tip yataklar için başlıca problem, oksijence fakir denizel bir zonda büyük miktarlarda çözülmüş halde bulunan manganezin demirden ayrılması ve herhangi bir çökelmeye uğramadan yataklanma noktasına taşınmasında yatmaktadır. Bu nedenle manganez yataklarının oluşumunda en önemli faktörlerin ortamın pH ve Eh'sı ile Mn/Fe oranının olduğu ve bunların köken tespitinde kullanılabileceği ileri sürülmüştür. Ancak, en iyi neticelere bu tür faktörlerle birlikte yataklanma koşulları ile yakından ilişkili mine-

ral birliği ve jeokimyasal zenginleşmeler bir arada irdelendiğinde ulaşılabacağı rahatlıkla söylenebilir.

Bu çalışmada, ana manganez yatakları genel bir yaklaşımla tanımlanmış, tanımsal nitelikli mineralojik ve jeokimyasal verilerin neler olduğu üzerinde durularak oluşum ortamları ile doğrudan ilişkili bu tür verilerin köken problemlerinin çözümündeki önemi vurgulanmıştır.

## Manganez yataklarının genel özellikleri

Manganez yatakları genel olarak hidrotermal ve sedimanter yataklar olarak iki ana gruba ayrılırlar. Her iki tip yatakta, karşılaşılan manganez mineralleri oksidler, karbonatlar ve silikatlar şeklindedir. Ticari yönden en önemlilerini manganez oksidler oluşturur. Karbonatların önemi daha azdır. Silikatlar ise sadece mineralojik olarak bir önem arz eder. Bu nedenle jeolojik literatürde manganez yatakları çoğunlukla manganez oksid yatakları olarak dikkate alınır.

Ekonomik yönden dünyanın en önemli yataklarını oluşturan sedimenter tip manganez yatakları, çoğunlukla eski kıyı hatları boyunca, sığ su ortamında çökelmiş terrijen kırıntılarla ilişkilidir. Oluşumlarında yaygınca benimsenen, oksijence fakir bir ortamda  $Mn^{+2}$  ve  $Fe^{+2}$ 'ye zenginleşmiş olan deniz suyunun transgresyon ve regresyon kontrollü yükselmesi ve oksik bir ortamda manganez oksidleri oluşturması şeklindeki görüştür. Bu oluşum süreci, sediman gözenek suyu içinde gelişen kimyasal veya biokimyasal reaksiyonlar, sediment deniz suyu ara yüzeyindeki tepkimeler ve deniz suyundan doğrudan çökelme gibi cevherleşmeyi denetleyen pek çok faktörü bir arada içerebilir. Diğer yandan, demir ve manganezin farklı kararlılık alanlarına sahip olması bu tür bir model içinde yüksek Mn içerikli tabakaların oluşmasında önemli bir yer tutar. Doğal sular içinde  $Mn^{+2}$ ,  $Fe^{+2}$ 'den daha çabuk çözültüye geçme ve daha uzun süre çözültüde kalma eğilimi gösterir. Bunun doğal bir sonucu olarak, çözültüler içinde çeşitli formlar halinde denizel ortamlara taşınan manganez, düşük pH değerli anoksik deniz suyunda büyük ölçüde zenginleşmektedir. Anoksik ortamda manganezin derişmesi yatak oluşum modelinin ilk evresini oluşturur. İkinci evre ise manganezle birlikte diğer bazı elementlerde zenginleşmiş olan suların oksijence bol ortama transferidir.

Force and Cannon (1988) tarafından transgresyon regresyon salınımlara bağlı cevherleşme olarak adlandırılan bu oluşumlarda, transgresyon evresinde  $Mn^{+2}$ ,  $Fe^{+2}$  ve diğer elementlerce zenginleşme, regresyon evresinde ise çökelme gerçekleşmektedir. Çökelmenin regresyon evresinde gerçekleştiğinin en iyi göstergelerinden biri Groote Eylandt (Avustralya) ve Chitauara (Gürcistan) yataklarında saptanmış olan manganez yumrularındaki ters derecelenmedir. Dalga enerjisini bağlı olarak transgresyon döneminde kıydan daha içerde çökelmiş olan ince boyutlu manganez nodüllerinin üzerine, regresyon

döneminde kıyının denize doğru çekilmesi sonucunda iri boyutlu nodüller çökelmiştir. Deniz suyu seviyesinin değişimine bağlı cevherleşmeler için bir diğer veri çökel istifin mineral bileşimidir. Kıtasal şelfler üzerine yükselen anoksik karakterli Fe-Mn-Si'ye zengin derin deniz sularından, yüzeye doğru yavaş yavaş yükselen Eh değerlerine bağlı olarak, ilk olarak demir karbonat ile demir ve silisli oksidler bir bantlı demir formasyonu oluşturmak üzere çökelirken, manganez karbonatlar ve manganez oksidler şelfin daha fazla oksijen içeren kesimlerinde yataklanırlar. Bu şekilde bir istif, stratigrafik açıdan anlamlı sonuçlar verir. Demir üzerine çökelen manganez cevherleşmesi regresif buna karşın manganez üzerine çökelen demir cevherleşmesi transgressif koşulların bir neticesi olacaktır. Ancak manganez karbonatlar, manganez oksidlere kıyasla daha indirgen ortamların ürünleridir. İyi bilinen ve oldukça ayrıntılı incelenmiş olan bu mekanizmada, ideal şartlar altında manganez oksidler kumlarla birlikte yataklanırken, manganez karbonatlar yaygın şekilde anoksik ortam ürünü siyah şeyllerle ilişkilidirler (Roy, 1992). Bununla birlikte bu tür kayaçlar içinde yüksek oksidasyon koşullarında çökelebilen manganez oksidlerin de gözlenmiş olması bugün tam olarak anlaşılamaştır. Bu tür oluşumlar daha çok anoksik ortamda gelişen diajenetik işlemler ya da oksijenli dib suları ile açıklanmaya çalışılmaktadır (Frakes ve Bolton, 1984).

Genel olarak, denizel ortamlarda oluşmuş sedimenter tip yataklar erken diajenetik veya hidrojenetik etkiler gösterebilir. Hidrojenetik (deniz suyundan yataklanma) ve erken diajenetik işlemler (sediman gözenek suyundan yataklanma) daha çok derin deniz Fe-Mn nodüllerinin oluşmasına yol açar. Diajenetik işlemler, gerek oksik gereksede suboksik ortamlarda nodüllerin metal içeriklerinin ve Mn/Fe oranının artmasında doğrudan sorumludurlar. Bir çok sahada, pelajik ve oksik sedimanlar içindeki erken diajenetik işlevli nodüllerin Mn, Cu ve Ni'ye zenginleşerek ekonomik değerler kazandığı gözlenmiştir. Bu tür nodüller belirgin şekilde hidrojenetik etkilerle oluşmuş olanlara göre daha fazla Cu, Ni ve Co içeriklerine ve yüksek Mn/Fe oranlarına sahiptirler. Sediman gözenek suyundan nodüllere metal girişi büyük ölçüde moleküler difüzyon modeli ile açıklanmaya çalışılmaktadır (Roy, 1992). Bununla birlikte, hidrojenetik yataklar ile diajenetik tip yataklar arasındaki sınır yeterince açık değildir. Birçok yatakta gözenek suyu ile deniz suyunun metal zenginleşmesine olan etkisi bir arada görüldüğünden, yatakları bütünüyle hidrojenetik veya diajenetik olarak grublandırarak doğru sonuçlar vermez.

Eski manganez yataklarının veya manganez içeren sedimanların atmosferik ayrışımı sonucu oluşan süperjen manganez yataklarında ortamın nemli veya kuru olmasına bağlı olarak farklı türde manganez mineralleri teşekkül eder. Nemli iklimlerdeki ayrışma olayları, doğal olarak Mn'nin Fe ve Al'dan daha uzaklara taşınmasına ve tetravalent manganez oksidlerin oluşmasına neden olur. Bu şekilde oluşmuş olan manganez oksidler, kolaylıkla anlaşılacağı üzere, yüksek Mn/Fe oranları ile

karakteristiktir. Ancak kuru iklimlerde bu ayrışma yeterince gerçekleşmez ve düşük Mn/Fe oranları gelişir (Ostwald, 1992).

Hidrotermal yataklar çoğunlukla küçük oluşumlar halindedir. Güncel hidrotermal manganez yataklarına ait örnekler karasal ve derin denizel ortamlarda rastlanılabilir. Okyanuz tabanı hidrotermal yataklar çoğunlukla okyanus ortası yayılma merkezlerinde veya yayılma merkezleri sınırları içinde, ada yaylarında büyük transform faylar civarında ve volkanik merkezler etrafında teşekkül eder. Rona (1978, 1984), deniz suyunun kırılmış olan okyanus kabuğu içinde aşağıya doğru olan sirkülasyonu ile ilgili oldukça kapsamlı çalışmalar sunmuştur. Önerilen model, bir kaç kilometre derinlere kadar inerek yüksek sıcaklık kazanan ve volkanik yan kayalardan metallerce zenginleşen deniz suyunun deniz tabanına boşalmasını esas kabul eder. Volkanik yan kayaktan metal çözümünde solüsyonların pH ve CO<sub>2</sub> basıncının önemli bir rol oynadığı ve demire oranla daha fazla manganez konsantrasyonuna neden olduğu sanılmaktadır. Isınma sonucu yükselme karakteri kazanmış olan bu tür hidrotermal solüsyonlar, basınç ve sıcaklığın bir fonksiyonu olarak sülfidler, oksid-hidroksidler halinde çeşitli metallerin yataklanmasına neden olurlar. Oluşan yataklar kuvvetli bir fraksiyonelleşmeyi yansıtabilecek şekilde yüksek Mn/Fe oranları, süperjen tip yataklara kıyasla düşük, Ni, Cu ve Co konsantrasyonları gösterirler. Güncel hidrotermal yataklar dışında, okyanus tabanı yayılma merkezleri ve ada yaylarında oluşmuş daha yaşlı epitermal Mn damarları ile stratabond tip yataklara da rastlamak mümkündür. Yataklar, riyolitten bazalta kadar geniş bir aralıkta değişim gösteren volkanik kayalarla ilişkilidirler. Mineralojik olarak, bu oluşumlar karasal kökenli aktif sıcak sular tarafından oluşturulanlara benzerlikler gösterir. Sıcak su kaynaklarının çıkış merkezleri etrafında görülen ve yayılımları sınırlı olan hidrotermal manganez yatakları fluorit, kalsit ve barit içerikleriyle karakteristiktir.

## Manganez oksid minerallerinin oluşum ortamları

Manganez yataklarının sınıflandırılmasında, cevherleşmeden doğrudan sorumlu olan kimyasal işlemlere dayalı modeller pek çok karmaşık probleme ışık tuttuğundan belirgin şekilde ön plana çıkmaktadır. Yataklanma ortamı ile ilişkili mineral oluşturuş işlevler genel anlamda sedimanter ve hidrotermal olmak üzere iki ana grupta toplanmaktadır. Nicholson (1992) sedimanter işlevleri, bir bütün halinde, bataklıktan denizel ortamlara kadar geniş bir çökelme ortamını dikkate alarak "süperjen" olarak tanımlamış ve bunlarla ilişkili ayrıntılı bir çalışma sunmuştur. Manganez oksid minerallerinin oluşum ortamları bu yazarın çalışmalarında dikkate alınarak aşağıda verilmiştir. Doğal olarak yataklar oluşum sonrası metamorfik etkilere maruz kalmış olabilir ve bu etkiyi yansıtabilecek mineral parajenezi ve dokusal veriler yansıtabilir, ancak sunulan sınıflandırmada metamorfizmanın mevcut olmadığı varsayılmaktadır.

A) Sedimanter işlevler sonucu oluşan manganez yatakları.

1) Süperjen karasal yataklar

a) Dokusal şekli ve morfolojisine bakılmaksızın bir bataklik ortamı ile ilişkili manganez oksid zenginleşmeleri.

b) Akarsu veya gölsel sedimanlarla ilişkili çoğunlukla örtü şekilli manganez oksidler ve yeraltı suyu tarafından oluşturulmuş damar tipi yataklar.

c) Atmosferik ayrışma sonucu oluşan yüzeysel örtü ve kabuk şekilli yığılımlar, çöl cilası ve lateritlerle ilişkili oluşumlar.

d) Okside olmuş pirit, kalkopirit ve bornit gibi sülfür içeren ilksel cevherleşmelerle ilişkili manganez oksidler.

2) Süperjen denizel yataklar.

a) Deniz suyundan doğrudan doğruya çökelmiş olan nodül, kabuk ve örtü şekilli yataklar (hidrojenetik yataklar).

b) Hidrotermal kaynak dışında diğer bir kaynaktan beslenmiş (Karasal getirim, hidrojenetik, diajenetik) manganez içeren tabakalı sedimanlar.

B) Hidrotermal solüsyonlarla ilişkili manganez yatakları.

1) Hidrotermal karasal yataklar.

a) Sıcak su kaynakları ile ilişkili olan yataklar.

b) Yalnızca birincil çökelimler içeren damar tipi yataklar.

Bu tip damarların üst düzeyleri çoğunlukla oksidasyona maruz kalarak zenginleşmeler gösteriyor ise süperjen karasal yataklar olarak düşünülebilir.

2) Hidrotermal denizel yataklar.

Çoğunlukla ekshalatif kökenli tabaka şekilli yataklar ve manganez içerikli sedimanlar.

Dünyanın en önemli manganez yatakları denizel ortamlarda oluşmuş sedimanter tip yataklardır. Bir çoğunun kıtasal shelflerde sığ su ortamında oluştuğu bilinmektedir. Bu türdeki oluşumlar "sığ-denizel" yataklar olarak adlandırılır. Oluşumlarına ilişkin hala bazı problemlerin bulunduğu sığ denizel yataklar eğer herhangi bir hidrotermal etki göstermiyorlarsa süperjen denizel yataklar olarak kabul edilebilirler.

Manganez oksid yataklarının bir diğer sınıflandırılması Hein ve diğ. (1992) tarafından önerilmiştir ve esas olarak yataklanma şeklini dikkate alır. Bu çalışmaya göre, denizel Fe-Mn oksid yatakları nodül, kabuk, sedimanter bir istif içinde tabaka veya mercek ve sıvama türü cevherleşmeler olarak gruplandırılır. Hidrotermal, diajenetik ve hidrojenetik kökenli olabilen nodül türü cevherleşmeler çoğunlukla abisal düzlüklerde, nadiren su altı kaldera ve kırık zonlarında oluşurken, kabuk tipi cevherleşmeler volkanik yayılma merkezleri veya bunların sınırları içindeki kırık zonları ile ilişkilidir. Sedimanter dizilimler içinde rastlanılan tabaka ve mercek şekilli yataklar, kıta kenarlarında diajenetik, diğer alanlarda ise (özellikle aktif volkanik yayılma merkezlerinde) hidrotermal etkilerle oluşurlar. Sıvama türü cevherleşmeler, volkanik yapılarla ilişkili kırık ve damar dolgusu, volkanik breş çimentosu veya kumtaşı ve siltaşı çimentosu olarak yataklanırlar ve oluşumlarında hidrojenetik, hidrotermal veya diajenetik etkileri bir arada içerebilirler.

## Manganez yataklarında mineral birliği

Oluşum ortam ve koşullarına bağlı manganez oksid zenginleşmeleri, ilksel özelliklerini yitirmedikleri sürece yatakların kökenini tespitinde belirleyici rol oynarlar ve bir tanımsal veri olarak kullanılırlar. Mineralojik çalışmalar, dört değerli manganez oksidlerin belirli bir ortamla sınırlı olmadığını, aksine pek çok yataklanma ortamında oluşabileceklerini ortaya koymuştur (Roy 1968, 1992; Nicholson 1992; Rona 1984; Ostwald 1992; Delian ve diğ., 1992). Bu nedenle bu tür mineraller yatak tipini belirlemede çoğu zaman yalnız başlarına belirleyici bir rol oynamazlar. Nicholson (1992)  $\gamma$ - $MnO_2$ 'nin çoğunlukla süperjen denizel yataklarda oluştuğunu, buna karşın birnessit ve todorokitin ekshalatif sedimanter yatakların bir belirteci olabileceğini ifade etmiştir. Bikisibit, braunit, hausmanit, hübnerit, yakobsit ve pirokroit belirgin bir şekilde hidrotermal kökenlidir. Buna karşın, kalkofanit, koronadit, krednerit, kamsdellit ve vodruffit ise süperjen yataklarda daha yaygınca görülmektedir. Köken tespitinde önem arzeden minerallerden bir diğeri romaneşitdir. Bu mineral açık bir şekilde süperjen yataklarla ilişkilidir ve hidrotermal yataklardaki içeriği % 10'nu nadiren geçer. Genel olarak, farklı kökenli yataklar arasında görülen manganez oksid mineral farklılaşması benzer işlevli oluşumlarda tanımlayıcı özelliğini kaybeder. Diğer anlamıyla, süperjen veya hidrotermal yataklar yalnızca Mn-oksit minerallerine dayalı olarak karasal veya denizel gruplandırılmaz. Bununla birlikte, kalkofanit, koronadit, hetaerolit gibi Zn-Pb içeren ve yaygınca görülebilen oksidler, sülfürlü bir cevherin oksidasyonu sonucu oluşmuş manganez yataklar için karakteristikdir. Bu mineraller özellikle epitermal Au-Ag yataklarına yönelik aramalarda iyi birer kılavuzdurlar.

Lateritik manganez oksid mineral birliği, kriptomelan, lithioforit, kalkofanit ve az miktarda nsutit ve pirolusit ile belirginleşir. Co-Ni içeren lithioforit, todorokit ve az miktarda romaneşit çoğunlukla alterasyona uğramış ultramafik kayalarla ilişkilidir. Ca, Mg, Mn ve Fe karbonatlar karbonat birliğini, Zn içeren todorokit, Co içeren asbolan- lithioforit, vernadit, kriptonelan az miktarda pirolusit ve minerallerin replasmanı ile oluşmuş todorokit şeyl birliğini, illit-montmorillonit, birnessit, vernadit, kriptomelan ve hematit çöl ortamında gelişen mineral birliğini temsil eder.

Delian et. al. (1992), Çin'deki Wafanzgi yatağında, metamorfizma öncesi manganez minerallerinden itibaren gelişen bazı yeni mineral birlikleri tanımlamıştır. Buna göre; braunit + bikisibit ± yakobsit + hematit + kuvarslı manganit ± braunit cevherinden kökenlendiğini, yakobsit + tefroit ± manganlı diopsid + manganlı andradit ± grafit + piroksmangit + sülfürler ± manyetit birliği veya rodokrosit + demirli rodokrosit + pirosomalit ± kalsit + kuvars ± Fe ve Zn içeren sülfür birliğinin karbonat cevherlerinden kökenlendiği saptanmıştır.

Derin deniz nodülleri mineralojik yönden büyük değişimler gösterebilir. Bu tür oluşumlarda tanımlanmış olan manga-

Tablo 1. Süperjen ve hidrotermal manganez oksid mineralleri.

	Süperjen	Hidrotermal
Birnessit (Ca, Na) (Mn <sup>2+</sup> , Mn <sup>4+</sup> ) <sub>7</sub> O <sub>14</sub> ·3H <sub>2</sub> O	Karasal, denizel	Ekshalatif sedimanter
Bikisibit $\alpha$ - (Mn <sup>3+</sup> , Fe <sup>3+</sup> ) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Karasal ve Denizel oluşumları nadir	Daha çok damar tipi yataklarda
Braunit Mn <sup>2+</sup> , Mn <sup>3+</sup> O <sub>8</sub> (SiO <sub>4</sub> )	Az oranlarda denizel oluşumlarda	Damar tipi ve sedimanter ekshalatif yataklarda
Kalkofanit Zn Mn <sub>3</sub> <sup>+4</sup> O <sub>7</sub> ·3H <sub>2</sub> O	Karasal yataklarda yaygın Denizel yataklarda nadir	-
Koronadit Pb <sub>1-2</sub> (Mn <sup>2+</sup> , Mn <sup>4+</sup> ) <sub>8</sub> O <sub>16</sub> ·xH <sub>2</sub> O	Atmosferik ayrışma sonucu oluşan yataklarda	-
Krednerit CuMnO <sub>2</sub>	Karasal yataklarda, ancak az oranda	-
Kriptomelan K <sub>1-2</sub> (Mn <sup>2+</sup> , Mn <sup>4+</sup> ) <sub>8</sub> O <sub>16</sub> ·xH <sub>2</sub> O	Karasal ve denizel yataklarda yaygın	Sıcak su kaynakları etrafında
Vernadit $\delta$ - MnO <sub>2</sub>	Denizel yataklarda yaygın Karasal yataklarda nadir	Sedimanter ekshalatif yataklarda
Groutit $\alpha$ - Mn <sup>3+</sup> OOH	Nadir	-
Hausmanit Mn <sup>2+</sup> Mn <sub>2</sub> <sup>+3</sup> O <sub>4</sub>	Nadir	Damar tipi yataklarda yaygın
Hetaerolit ZnMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Atmosferik ayrışım sonucu oluşan yataklarda	Damar tipi yataklarda yaygın
Hollandit (Ba,K) <sub>1-2</sub> (Mn <sup>2+</sup> , Mn <sup>4+</sup> ) <sub>8</sub> O <sub>16</sub> ·xH <sub>2</sub> O	Karasal yataklarda	-
Hübnerit (MnWO <sub>4</sub> )		Damar tipi yataklarda
yakobsit (MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> )		Daha çok damar tipi yataklarda
Lithioforit (Al, Li) (Mn <sup>2+</sup> , Mn <sup>4+</sup> ) <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>	Karasal ve denizel yataklarda yaygın	-
Manganit $\gamma$ - MnOOH	Denizel ve karasal yataklarda	Sedimanter ekshalatif yataklarda
Nsutit $\gamma$ - MnO <sub>2</sub>	Denizel yataklarda nadir Atmosferik ayrışma sonucu oluşan yataklarda	-
Pirokroit Mn(OH) <sub>2</sub>	Nadir	Damar tipi yataklarda
Pirolusit ( $\beta$ - MnO <sub>2</sub> )	Yaygın	Yaygın
Ramsdellit MnO <sub>2</sub>	Nadir	-
Romaneşit (Ba, K, Mn <sup>2+</sup> , Co) <sub>2</sub> Mn <sub>9</sub> O <sub>18</sub> ·xH <sub>2</sub> O	Karasal ve denizel yataklarda yaygın	Daha çok sıcak su kaynakları civarında
Todorokit (Na, Ca, K)(Mn <sup>2+</sup> , Mg)Mn <sup>4+</sup> O <sub>12</sub> ·xH <sub>2</sub> O	Denizel yataklarda yaygın Karasal yataklarda nadir	Sedimanter ekshalatif yataklarda yaygın
Vodruffit (Zn, Mn <sup>2+</sup> ) <sub>2</sub> Mn <sup>4+</sup> O <sub>12</sub> ·4H <sub>2</sub> O	Denizel yataklarda nadir Karasal yataklarda daha bol	-



nez mineralleri todorokit, buserit, birnessit ve vernadit olup bunlara çeşitli demir hidroksitler eşlik eder (Roy 1992). Genel olarak deniz suyu ile dengede olan en kararlı mineraller  $Mn^{+2}$ 'nin oksidasyonu ile oluşan hausmanit ve  $\gamma$ -manganitdir. Süperjen ve hidrotermal yataklarda gözlenmiş olan manganey oksid mineralleri Tablo 1'de topluca verilmiştir. Tablonun ortaya koyduğu sonuçlar ve diğer veriler bir arada değerlendirildiğinde, genel yatak tipine göre tanımsal mineraloji şu şekilde verilebilir. Süperjen yataklar: kalkofanit, koronadit, krednerit,  $\gamma$ - $MnO_2$ , groutit, hollandit, lithioforit, manganit, nsutit, kuenselit, ramsdellit, vodruffit, (romaneşit). hidrotermal yataklar: biksibit, braunit, hausmanit, hübnerit, yakobsit, pirokroit. Mevcut bir sülfürlü cevherleşmenin ayrışması ile oluşmuş yataklar: kalkofanit, koronadit, hetaerolit ve diğer Zn - Pb - (Cu) içeren oksidler (örneğin krednerit ve vodruffit). Diğer tür yatakların tanımsal mineralojisi birbirine benzerlikler gösterir.

## Manganez yataklarında jeokimyasal zenginleşme ve element ilişkileri

Maden yataklarının aranmasında birbiriyle kökensel ilişkili pek çok jeokimyasal veri bir arada ele alındığında yararlı sonuçlara ulaşılmaktadır. Bununla birlikte bazı sınırlamalar bulunmaktadır ve silikat içerikli litolojilerle mukayese edildiğinde bazı tekniklerin istenilen neticeleri vermede yetersiz kaldığı söylenebilir. Örneğin jeokimyasal bir veri olarak dikkate alınan ve yatak oluşum ortam ve koşullarıyla doğrudan ilişkili olan element zenginleşmesi, manganey oksidlerin kuvvetli kation adsorpsiyon kapasitesine sahip olmaları nedeniyle çoğu zaman istenilen neticeleri vermemektedir. Gerek hidrotermal yataklarda gereksede sedimanter yataklarda hakim mineraller manganey oksidlerdir ve iz element zenginleşme verileri büyük ölçüde yatakta bulunan manganey oksidlerin kimyasal bileşimine dayalı çalışmalar, sonuçların yatak manganey içeriğine karşı normalize edilmediği müddetçe yanıltıcı sonuçlar verir, yatakta zenginleşmenin hangi ölçülerde geliştiğini anlamada olumlu neticeler vermez. Diğer yandan, manganey yataklarında manganey oksidlerin esas olarak ilksel amorf oksidlerin yeniden kristalleşme ürünleri olması problemin bir diğer yanını oluşturur. Doğal olarak amorf oksidlerin kimyasal bileşimi, bunlardan itibaren gelişebilecek mineralojiyi ve kimyasal bileşimi etkilediğinden, element zenginleşmesi primer fazlarında bir fonksiyonu olacaktır.

Dünyada bazı önemli manganey yatakları ile Türkiye'de bulunan farklı kökenli yatakların ağırlık yüzdesi olarak saptanan major element kimyasal analizleri ve ppm olarak saptanan iz ve bazı nadir toprak element (RRE) içerikleri Tablo 2'de verilmiştir. Yatakların kimyasal analiz sonuçlarına göz atıldığında, ilk bakışta bunların kökenlerin bir fonksiyonu olarak farklı element içeriklerine sahip oldukları anlaşılmaktadır. Daha kesin sonuçlar, analitik sonuçların taşındığı tanımsal diyagramlardan elde edilir (Tablo 3). Bu tür diyagramlar yatakların birbirleri ile mukayeselerini ve kimyasal olarak adlandırılmasını mümkün kıldığından yaygınca kullanılmaktadır.

Hidrotermal manganey yataklarda tanımsal nitelikli bir çok jeokimyasal yeri önerilmiştir (Hewett and Fleisher 1960,

**Tablo 2.** Bazı önemli manganey oksid yataklarının ortalama kimyasal bileşimleri.

	1 (14)	2(3)	3(3)	4(13)	5	6	7 (7)	8(13)	9(8)	10 (7)	11
SiO <sub>2</sub>	58.16	40.56	12.62	12.92	9.85	7.08	13.68	10.65	10.30	8.69	19.68
TiO <sub>2</sub>	0.04	0.05	0.04	0.15	-	0.23	0.10	0.02	0.03	0.61	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.55	0.63	1.27	1.85	2.79	6.43	2.49	2.85	-	3.33	7.96
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.92	0.55	0.59	1.19	22.57	2.00	3.72	2.46	1.36	2.90	0.64
MnO	32.65	42.06	67.21	51.44	40.82	67.57	63.78	33.39	65.53	51.52	30.89
MgO	0.19	0.02	0.08	0.48	2.24	0.68	1.99	1.27	-	1.04	0.30
CaO	4.15	1.65	1.67	1.03	5.04	0.10	4.05	18.96	5.28	15.98	0.90
Na <sub>2</sub> O	0.04	0.11	0.07	0.1	-	0.16	0.24	0.39	-	0.39	-
K <sub>2</sub> O	0.10	0.27	0.46	5.24	-	0.55	0.06	0.56	-	0.30	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.10	0.02	0.12	-	0.09	0.11	0.18	0.31	0.21	0.91	-
Ba	13786	22126	8065	84	-	568	427	6892	2329	2708	1400
V	258	211	468	238	-	331	-	106	-	30	-
Cr	10	7	16	-	-	15	-	26	-	16	-
Co	2	118	222	-	-	77	13	59	19	110	30
Ni	28	352	341	77	-	342	10	167	23	318	195
Cu	50	1174	691	54	-	139	56	26	81	108	20
Zn	26	129	147	<10	-	115	70	49	31	78	-
Pb	112	14	18	-	-	57	65	-	23	46	-
Th	2	2	98	-	-	-	-	-	-	-	-
Rb	2	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Sr	85	483	260	-	-	135	2100	95	427	-	-
Y	5	-	-	-	-	-	15	-	-	11	-
Nb	3	8	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Zr	12	62	48	180	-	43	-	32	-	62	-
As	-	-	-	-	-	-	1	-	2050	-	-

\* Parantez içindeki rakamlar analiz sayısını gösterir.  
(Oksidler ağırlık yüzdesi, iz elementler ppm, - = Veri yok).

1. Tokoro (Wakasa) hidrotermal Mn oksid cevheri (Choi and Hariya, 1992).
2. Tokoro (Koryu) hidrotermal manganey yatağı (Choi and Hariya, 1992).
3. Tokoro (Hinode) hidrojenetik manganey cevheri (Choi and Hariya, 1992).
4. Ojoseoudu (Namibiya) hidrotermal katkılı su ortamında gelişmiş, transgresyon kontrollü manganey ve demir yatağı (Bühn et. al., 1992).
5. Wafangzi (Çin) süperjen pirolusit cevheri (Delian et. al., 1992).
6. Groote Eylandt süperjen oolitik cevher (Pracejus and Bolton, 1992).
7. Ulukent (Tavas- Denizli) manganey yatağı (Kuşçu ve Gedikoğlu, 1989).
8. Binkılıç diagenetik Mn oksid yatağı (Öztürk and Frakes, 1995).
9. Ocaklı (Maçka - Trabzon) hidrotermal manganey yatağı (Gedikoğlu ve Diğ., 1985).
10. Binkılıç Pirolusit ve manganit cevheri (Güllekin and Örgün 1993).
11. Nikopol (Ukrayna) pirolusit - pisilometan cevheri (Force and Cannon 1988).

**Tablo 3.** Manganey oksid yataklarında tanımsal nitelikli jeokimyasal veriler (Tanımsal diyagramlar yatak çiftleri dikkate alınarak verilmiştir).

Yatak tipi	Jeokimyasal Zenginleşme	Jeokimyasal ilişki	Tanımsal Diyagramlar
Süperjen Genel	Co - Ni	Mn-Co-Cu-Ni-Zn	(Co+Ni) - (As+Cu+Mo+Pb+V+Zn)
Hidrotermal Genel	As-Ba-Cu-Li-Mo-Pb-Sb-Sr-V-Zn	Mn - As	
Süperjen Denizel	Na-K-Ca-Mg-Sr, Co-Cu-Ni	-	Na - Mg
Süperjen Karasal	Ba	Mn - Ba	
Süperjen Denizel	Fe/Mn $\geq$ 1 Na-K-Ca-Mg-Sr; Co-Cu-Ni	-	Fe-Mn- 10( Co+Cu+Ni); Si - Al; Fe/Ti - Al/(Al+Mn+Fe)
Ekzhalatif Sedimanter	0.1 > Fe/Mn > 10; As-Ba-Cu-Li-Mo-Sb-Pb-Sr-V-Zn	Mn - As	
Süperjen Genel Birincil (Çoğunlukla sülfürlü) cevherin okside olmasıyla oluşmuş yataklar	Co - Ni Pb - Zn	Mn-Co-Cu-Ni-Zn Mn - Pb - (Metaller)	Pb - Zn

Nicholson 1992). Analitik sonuçlar bu tür yatakların As, B, Ba, Be, Ge, Pb, Sb, Sr, Tl ve W'ça zenginleştiğini ortaya koyar. Bu elementlerle birlikte çoğu zaman Li, Cd, Mo, v ve Zn gibi elementlerde karasal yada denizel ortamlarda gelişen oksidler içinde zenginleşebilmektedir. Genel bir yaklaşımla As-Ba-Cu-Li-Mo-Pb-Sb-Sr-V-Zn element zenginleşmeleri tanımsal nitelikli hidrotermal veriler olarak dikkate alınabilir. Bu tür elementlerin hidrotermal sınırlarca çeşitli formlar halinde taşındığı ve maden yataklarının oluşumuna neden olduğu düşünüldüğünde bahis konusu element zenginleşmesi doğal olacaktır.

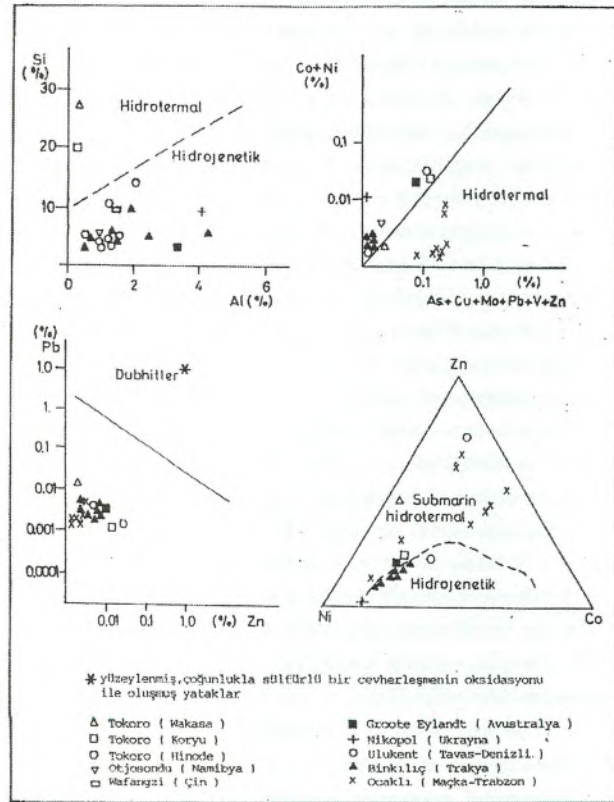
Aktif okyanus yayılma merkezleriyle ilişkili hidrotermal yataklar düşük Fe/Mn oranları yanında nispeten yüksek Co, Ni, Cu ve Zn zenginleşmesi gösterebilir. Yataklardaki element zenginleşmesinin en azından bir kısmı gözenek suyu sediman etkileşimi yada doğrudan deniz suyundan sağlanmış olduğu için bu tür oluşumlarla hidrojenetik tip oluşumları birbirinden ayırmak güçtür. Nitekim pek çok yerde hidrotermal yığılımlar üzerine hidrojenetik Mn-Fe kabuklarının tespit edilmiş olması ve bunlarda saptanmış olan yüksek iz element içeriği bu fikri destekler görünmektedir. Genel bir tespit olarak denizaltı volkanizmasıyla ilişkili hidrotermal yataklarda hızlı çökme düşük Fe/Mn oranı veririrken, bu tip yataklar normal pelajik sedimanlardan daha fazla iz element içerirler. İz elementlerden Cu, Ni ve Zn hidrotermal, Co ise kökence hidrojenetikdir. Bu tür yataklarda görülen yüksek Fe ve Si deniz altı volkanizması ile doğrudan alakalıdır. Hidrojenetik etkilerle kobaltça zenginleşmesi en iyi bir şekilde okyanus tabanlarında oluşmuş nodüllerde görülür. Sürdürülen çalışmalar nodüllerin yer yer Co'ya zenginleştiğini ( $\approx$  % 1.0) ortaya koyar. Mn oksitler içinde tespit edilmiş olan nispeten yüksek titanyum bu elementin hidrotermal sıvılar içindeki sınırlı hareketi nedeniyle daha çok detritik bir kökene atfedilir. Titanyumun klastik bir ürün olduğu en iyi bir şekilde Si-Al korelasyonunda görülür ve iki element arasındaki yüksek korelasyon katsayısı titanyumun detritik kökenli olduğunun bir işaretidir.

Denizaltı volkanizmasıyla ilişkili hidrotermal yataklarda tanımsal nitelikli en önemli verilerden bir Ce'un davranışında yatmaktadır. Bu yöndeki iz element çalışmaları denizaltı hidrotermal yatakların kuvvetli bir negatif (tüketilmiş) Ce anomalisi gösterdiği, buna karşın hidrojenetik demirli mangan nodüllerinin pozitif Ce anomalisi yansıttıklarını ortaya koymuştur.

Denizel nodüller ve ekshalatif sedimanter mangan yataklarından elde edilen veriler element zenginleşmesinin yatakların kökeniyle ilişkili olduğunu açık bir şekilde ortaya koyar. Ekshalatif sedimanter yataklarda Fe Mn içeriği, kuvvetli bir demir-mangan fraksiyonelleşmesini yansıtacak şekilde, geniş bir aralıkta değişmektedir. Bunun doğal bir sonucu olarak Fe/Mn oranı düşük yada yüksek değerler alabilmektedir. Genel olarak, bu tür yataklarda Fe/Mn oranı 0.1 ile 10 arasında değişirken, hidrojenetik yataklarda çok daha dar bir aralıkta değişim gözlenir (yaklaşık 1.0'dir). Denizel nodüller ile ekshalatif sedimanter yatakları birbirinden en iyi bir şekilde Fe-Mn-10 (Co+Cu+Ni) üçken diyagramı ile ayırılmaktadır. Bu diyagramın esası, hidrotermal mangan oksitlerinin hidrojenetik yataklara oranla Co, Cu, Ni ve Zn'ya tüketilmiş olmasına dayanmaktadır. Hidrotermal mangan yataklarını tanımlamada kullanılan diğer diyagramlar Crerar at. al. (1982) tarafından sunulmuş olan silisyuma karşı alüminyum diyagramı ile Zn-Ni-Co üçken diyagramıdır. Buna ilave olarak, ekshalatif kökenli yatakları terrijen sedimanlardan ayırmada daha kesin sonuçlar vermesi nedeniyle Fe/Ti-Al/(Al+Mn+Fe) diyagramı da ha yaygınca kullanılmaktadır (Nicholson 1992).

Akarsu ve gölsel sedimanlar ile ilişkili örtü şekilli manganez oksid yataklarının kimyasal bileşimi yerel yataklanma koşullarındaki değişikliklere karşı oldukça hassastır. Bu nedenle bu tip yatakların tanımsal verilerinin saptanması güç olmakla birlikte denizel yataklarla yapılan mukayeselerinde yüksek Ba içeriği göstermeleri ile tanınırlar. Bu tür cevherleşmeleri diğer yataklardan ayırmada yukarıda değinilen diyagramlar dışında, Na-Mg ve Co + Ni - As + Cu + Mo + Pb + V + Zn diyagramlarında sıkça kullanılmaktadır. Genel olarak, denizel ve hidrotermal kökenli yatakları tanımlamak kolaydır. Temel problem, gerek süperjen gereksede hidrotermal yatakları kendi içinde sınıflamada ve tanımlamadaki zorluklardır. Özellikle süperjen karasal yatakları diğer tür yataklardan ayırmada büyük güçlükler vardır. Bununla birlikte bu yataklarda tespit edilmiş olan yüksek Zn ve Pb içeriği (% 1.0'den fazla) önemli bir belirteçdir. Şekil 1'de çeşitli manganez yatakları dikkate alınarak belirlenmiş olan kimyasal analiz verileri bazı tanımsal diagramlara taşınmıştır. Genel olarak sonuçlar jeolojik verilerle uyumludur, ancak bazı yataklarda daha kesin sonuçlar için pek çok analitik veriye ihtiyaç olduğu açıktır.

Jeokimyasal ilişki verileri, büyük ölçüde istatistiksel yöntemlerin uygulanması ile elde edilmektedir. Bu amaçla korelasyon katsayıları veya faktör analizi daha yaygınca kullanılan metodlardır. Pekçok yataktan elde edilen analiz sonuçlarından hareketle bazı jeokimyasal ilişkiler saptanmıştır. Buna göre, süperjen karasal manganez yataklarında Mn-Ba-Co-Ni-Zn (Akarsu ve gölsel sedimanlar ile ilişkili örtü şekilli yataklar ile



Şekil 1. Çeşitli manganez yataklarına ait bazı tanımsal diagramlar

yeraltı suyu tarafından oluşturulmuş damar tipi yataklarda) ve ya Mn-Co-Cu-Ni-Pb-Zn (bir cevherleşmeden itibaren gelişmiş yataklarda) element ilişkileri görülürken süperjen denizel yataklarda Mn-Co-Cu-Ni ilişkisi, hidrotermal yataklarda ise Mn-As ilişkisi görülmektedir. Ancak bu tanımsal ilişkiler yüksek pozitif korelasyon katsayıları temelinde dahada belirginleştirilecek olunursa, ilk birlik Mn-Ba, ikinci birlik Mn-Pb ve üçüncü birlik Mn-As ilişkisi olarak önem kazanır. diğer ifadeyle, süperjen karasal yataklarda yatak tipine bağlı olarak Mn ile Ba veya Mn ile Pb arasında bir ilişki bulunurken, hidrotermal yataklarda değişmez bir şekilde Mn ile As arasında bir ilişki bulunmaktadır. Bu tür ilişkiler yatakları birbirinden ayırmada önemli birer kriterdir. Bununla birlikte bazı zayıf yanlarında bulunmaktadır. Örneğin Ba zenginleşmesi sıkça hidrotermal yataklarda da görülmektedir, ancak akarsu veya gölsel sedimanlarla ilişkili örtü şekilli yataklar ile yeraltı suyu tarafından oluşturulmuş yataklarda manganezle daha yüksek istatistiksel bir ilişkisi saptanmış olduğundan bu tür yataklar için daha önemli bir ortam belirleyici olarak düşünülmektedir. Genel olarak, manganez yataklarında gözlenmiş olan tanımsal nitelikli jeokimyasal veriler, farklı tip yataklar dikkate alınarak tablo 3'de topluca verilmiştir. Tablo 4'de ise Türkiye'de bulunan bazı manganez yataklarında tespit edilmiş olan jeokimyasal veri ve element zenginleşmeleri, mineral bileşimleri ile birlikte verilmiştir.

## Manganez karbonatların oluşum ortamları

Sığ denizel koşullar altında gelişim gösteren bir çökel istifi genel olarak göz önüne alındığında, manganez karbonatlar stratigrafik olarak daha alt seviyelerde, dolayısıyla kıyıda daha uzak sedimanlar içinde izlenirken, manganez oksitler kıyıya daha yakın karasal kökenli sedimanlar içinde yer alırlar. Bu tür bir dizilim esas olarak anoksik bir ortamda  $Mn^{+2}$ 'ye zenginleşmiş olan dib suların oksijence daha bol kıta kenarları üzerine yükselmesinin bir fonksiyonudur. Diğer bir ifadeyle, manganez karbonatlar manganez oksitlerden daha az oksijen içeren, indirgen koşullarda oluşmuşlardır. Bu tür bir oluşum modeli içinde, manganez karbonatlar değişmez bir şekilde siyah şeyl fasiyesi ile ilişkiliyken, manganez oksitler kil, kum ve çakıl gibi sığ su ortamı çökelleri içinde bulunurlar. Ancak, manganez oksitler ile karbonatlar arasındaki sınır her zaman bu kadar belirgin değildir. Özellikle global ölçekte, palaeoekolojik koşullardaki değişikliklere bağlı olarak veya tektonizmaya ilişkili yapısal şekillenmelerle gelişen hızlı su seviyesi değişimi oksik ve anoksik koşulların birbirine karıştığı ve killi karbonatlarla temsil edilen bir ara seviyenin (suboksik) doğmasına yol açmaktadır. Suboksik ortamlarda oksid ve karbonat cevherleşmesi gerek yanal gereksede düşey yönde iç içe izlenir. Manganez karbonatlardan manganez oksitlere düzenli geçişlerin görüldüğü ideal tip yataklar olarak adlandırılan cevherleşmeler bir yana bırakılacak olunursa (örneğin Groote Ey-

**Tablo 4.** Türkiye'deki bazı manganez yataklarının genel özellikleri.

Yatak	Mineraloji	Jeokimya*	Elementlerin Manganez ile Pozitif Korelasyonu	Jeolojik Oluşum	Referans
Binkılıç (Trakya)	Pirrolisit, psilomelan manganit, rodokrosit, kutnahorit Hakim cevher mineralleri Mn oksitler	Yüksek Ba ( $\approx 10$ ); Düşük V ( $< 100$ ); Ni $> 300$ (Mn oksitlerde) Co $\approx 100$ ; Yüksek Sr (ortalama % 3)	Mn-Ba-Co-Mg-K-Sr-V-P-Y-Ni(?) Ba ve Sr ile kuvvetli ilişki	Sığ su ortamı, diajenetik işlemlerle oluşmuş kongresyon, oolit ve pisolitik cevher. Oligosen kil, kum ve çakılla ilişkili.	1, 2
Ulukent (Denizli)	Rodokrosit, mangano-kalsit, braunit, rodonit, tefroit, spessartit, jakobsit, pirrolisit, kriptomelan, manganit, psilomelan. Genel olarak karbonatlı, silikatlı ve oksidli manganez mineral parajenezi	Düşük As ( $< 4$ ); Düşük Sr ( $> 100$ ); Ba $\approx 400$	Mn-Ba-Ca-Na-Mg(?) Zn(?) Genel olarak elementel ilişki zayıf	Volkanik katkı, düşük derecede metamorfizma geçirmiş sedimanter yatak. Cevher karbonatlı kayalar içinde ara seviyeler halindeki siyah şeyllerle ilişkili	1, 3
Ocaklı (Maçka - Trabzon)	Cevher mineralleri: Braunit, Biksisbit, psilomelan, rodokrosit, mangano-kalsit. Gang mineralleri: Hematit, Kuvars, Kalsedon, barit, pirit ve kil mineralleri	Yüksek Ba ( $> 1000$ ); Yüksek As ( $> 10$ ); Sb $> 300$ ; Cu $\approx 100$ ; düşük Ni, Co, Ag.	Mn-Co-Sb-As-Ti-Sr-Cu(?) Fe(?) Elementel ilişki zayıf.	Üst Kretase yaşlı volkano-tortul kayalar içinde bimodal vakanizmaya bağlı hidrotermal cevherleşme	4

\* Analiz değerleri belirtilmedikçe ppm'dir.  
Referanslar: 1. Öztürk (1993); 2. Gültekin ve Örgün (1993); 3. Kuşçu ve Gedikoğlu (1989); 4. Gedikoğlu ve diğ. (1985).

landt ve Chiatuara'da olduğu gibi), yataklar karmaşık işlevler gösterir, çoğunlukla hidrojenetik ve diyajenetik etkilerle gelişen mineralleri bir arada içerirler.

Manganez yataklarının oluşumunda en önemli faktörler ortamın pH ve Eh'si ile Mn/Fe oranıdır. Bunlara ilave olarak Mn çözünürlüğünü ve çökelimini etkileyen diğer faktörler sistemde mevcut  $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$  ve organik madde miktarıdır. Genel olarak  $MnCO_3$ 'ün kararlılığı ortamdaki  $HCO_3^-$ 'ün bir fonksiyonudur ve manganez oksitlerden farklı pH ve Eh değerlerinde oluşur. Bununla birlikte, benzer Ph değerleri için, manganez karbonatlar daha düşük Eh değerlerinde çökelindiğinden, redoks potansiyeli belirleyici bir rol oynar. pH'nın 7-8 olduğu bir sedimantasyon ortamında, manganez oksitler Eh = 0.0 - 0.3 değerleri arasında kararlı bir faz oluştururlar.

Sedimenter manganez karbonatlar, yaygın gözlemlendiği şekliyle, oksijenin az olduğu ortamlarda erken diajenetik işlemler sonucunda oluşurlar. Pek çok yataktan elde edilen ortak netice manganez karbonatların, redoks arayüzeyinin hemen altında, anoksik bir ortamda çözülmüş halde bulunan  $Mn^{+2}$ 'nin, organik karbonun oksidasyonu sonucu oluşan  $CO_2/HCO_3^-$  ile reaksiyona girerek oluştuğu şeklindedir. Bununla birlikte, çözülmüş haldeki  $Mn^{+2}$ 'nin karbonatlarla reaksiyona girerek  $MnCO_3$ 'ça zengin yatakları oluşturduğu veya birincil manganez oksitlerin  $CO_2$  ya da  $HCO_3^-$  ile reaksiyona girerek manganez karbonatlara dönüştüğü yataklarda sıkça rastlanılmaktadır. Diğer yandan, ortamda Ca'un fazla olması halinde Mn, doğrudan manganez karbonat halinde çökebilir veya % 1-2 oranında Mn içeren kalsitin  $MnO_2$  ile reaksiyona girerek

MnCO<sub>3</sub> oluşturmada da mümkündür. Organik madde oksidasyonu sonucu gelişen cevherleşmeler için önemli verilerden biride oluşan manganez karbonatların <sup>12</sup>C'çe zengin olmalarıdır.

## Sonuçlar

Genel olarak manganez yatakları sedimanter veya hidrotermal yataklar olarak iki ana gruba ayrılırlar. Ancak, sedimanter yataklar farklı oluşum ortam ve koşulları yanında, element içeriği ve zenginleşmelerinde doğrudan sorumlu olan jeokimyasal işlemler dikkate alınarak süperjen yataklar olarak da adlandırılabilir. Daha ileri bir sınıflama gerekli olduğunda, yataklar denizel veya karasal olarak sınıflandırılabilir, tanımsal nitelikli verilerden faydalanılabilir.

Sedimanter kökenli yataklar ekonomik yönden dünyanın en önemli yataklarını oluştururlar ve çoğunlukla sığ su ortamında, okjisen bol zonlarda oluşmuşlardır. Daha derin deniz sedimanları ile ilişkili manganez oksid yataklarının oksijenli dib akıntılarla ilişkili olması icab eder. Cevher minerallerini büyük çoğunlukla manganez oksidler oluşturur. Primer mangan oksid ve hidroksidler çökelimlerini takiben daha kararlı olan fazlara dönüşüm eğilimindedir. Bu açıdan bakıldığında, deniz suyu ile dengede olan en kararlı manganez minerali hausmanit (Mn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) ile manganittir (γ - MnOOH). Faz dönüşümlerinde nihai ürünler tetravalent manganez oksidlerdir. Manganez karbonatlar esas olarak erken diajenetik reaksiyonların ürünleridir ve çoğunlukla rodokrosit bileşimindedir. Gerek manganez oksidler gereksede manganez karbonatların major ve iz element içeriklerinde ve zenginleşmelerinde deniz suyu sediman içetkileşimi önemli bir rol oynar. Yataklarda gözlenen mineral birliği, element zenginleşmesi ve ilişkisi doğrudan cevherleşmeyi kontrol eden ortam türü ve koşulları ile ilişkilidir. Bu nedenle, manganez mineral yataklarının köken tespitiinde yaygınca kullanılan tanımsal nitelikli mineralojik ve jeokimyasal veriler potansiyel manganez yataklarının araştırılmasında ve ortaya konulmasında yararlı sonuçlar verir.

## Değinilen Belgeler

- Bühn, B., Stanistreet, I.G., and Okrusch, M., 1992, Late Proterozoic Outher Shelf Manganese and Iron Deposits at Otjosundu (Namibia) Related to the Damaran Oceanic Opening. *Economic Geology*, Vol. 87, pp. 1393-1411.
- Choi, J.H., and Hariya, Y., 1992, Geochemistry and Depositional Environment of Mn oxide Deposits in the Tokoro Belt, Northeastern

- Hokkaido, Japan. *Economic Geology*, Von. 87, pp. 1265-1274.
- Crerar, D.H., Namson, J., Chyi, M.S., Williams, L., and Feigenson, M.D., 1982, Manganiferous Cherts of the Franciscan Assemblage: I. General Geology, Ancient and Modern Analouques and Implications for Hydrothermal Convection at Oceanic Spreading Centers: *Econ. Geol.*, Vol. 77, p. 519-540.
- Delian, F., Dasgupta, S., Bolton, B.R., Hariya, H., Momoi, H., Miura, H., Jiaju, L., and Roy, S., 1992, Mineralogy and Geochemistry of the Proterozoic Wafangzi Ferromanganese Deposit, China. *Economic Geology*, Vol. 87, pp. 1430-1440.
- Force, E.R., and Cannon, W.F., 1988, Depositional Model for Shallow-marine Manganese Deposits Around Black Shale Basins, *Economic Geology*, V. 83, p. 93-117.
- Frakes, L.A., and Bolton, B.R., 1984, Origin of Manganese giants: Sea-level Change and anoxic-oxic history: *Geology*, Vol. 12, p. 83-86.
- Gedikoğlu A., Van, A., Eyüboğlu, I., and Yalçintaş, B., 1985, Doğu Karadeniz Cevherleşmesine Bir Örnek: Ocaklı (Maçka-Trabzon) Manganez Zuhuru, *Jeoloji Mühendisliği*, Sayı: 25, Sayfa: 23-37.
- Gültekin, A.H. and Örgün, Y., 1994, Mineralogical and Chemical Characteristics of the Binkılıc Sedimentary Manganese Deposit, Trakya, Turkey. Abstracts, 9 th IAGOD, Symposium, Beijing.
- Hewett, D.F., and Fleischer, M., 1960, Deposits of the Manganese Oxides. *Economic Geology*. Vol. 55, p. 1-55.
- Kuşçu, M., ve Gedikoğlu, A., 1989, Ulukent (Tavas-Denizli) Güney Manganez Yataklarının Jeokimyasal Özellikleri, *Yerbilimcinin Sesi*, Sayı: 17, Sayfa 29-47.
- Nicholson, K., 1992, Contrasting Mineralogical-Geochemical Signatures of Manganese Oxides: Guides to Metallogenesis, *Economic Geology*, Vol. 87, pp. 1253-1264.
- Oswald, J., 1992, Genesis and Paragenesis of the Tetravalent Manganese Oxides of the Australian Continent, *Economic Geology*, Vol. 87, pp. 1253-1264.
- Öztürk, H., and Frakes, L.A., 1995 Sedimentation and Diagenesis of an Oligocene Mangenez Deposit in a Shallow Subbasin of the Paratethys: Thrace Basin, Turkey, *Ore Geology Reviews*, V. 10, p. 117-132.
- Praeger, B., and Bolton, B.R., 1992, Geochemistry of Süpergene Manganese Oxide Deposits, Groote Eylandt, Australia, *Econ. Geol.* Vol. 87, pp. 1310-1335.
- Rona, P., 1978, Criteria for Recognition of Hydrothermal Mineral Deposits in Oceanic crust. *Economic Geology*, Vol. 73, pp. 135-160.
- Roy, S., 1992, Environments and Processes of Manganese Deposition, *Economic Geology*, Vol. 87, pp. 1218-1236.

Füsün CANPOLAT, M. Zeki ÇAMUR ve Hasan YAZICIGİL  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara

## Gölbaşı atık sahası yeraltısularının hidrojeokimyası: İlk bulgular

*Mogan ve Eymir Gölleri Özel Çevre Koruma Alanı'nda yer alan Gölbaşı atık sahasındaki yeraltısularının hidrojeokimyasal araştırması yapılmış, akım yönünün Mogan Gölü'nden atık sahasına ve oradan da Eymir Gölü'ne doğru olduğu belirlenerek atık sahasına göre memba ve mansap tarafları ortaya koyulmuştur. Seçilen inorganik Ca, K, Cl, SO, Fe, Cu, Cd, Pb, Mn, NO ve NN, iyon konsantrasyonlarının Gölbaşı atık sahasından kaynaklanan yeraltısularının tanımladığı gösterilmiştir. Atık sahası yeraltısuyu ve atık sahasından etkilenmemiş yeraltısularının iyon konsantrasyonları kullanılarak oluşturulan denklemler aracılığı ile Eymir Gölü'ne doğru akan yeraltısularına yaklaşık yüzde 25-30 atık sahası suyu karıştığı belirlenmiştir.*

### Giriş

Belediye katı-atık sahalarında oluşan atık sular yeraltısuyu kirlenmesine potansiyel kaynaklar oluşturmaktadır. Atık-suyu içerisinde yüksek miktarlarda bulunan inorganik ve organik bileşikler yeraltısuyunun kalitesini düşürmekte ve tekrar kazanım için daha yüksek maliyete veya su kaynağı kuyularının terki-ne neden olmaktadır. Bu nedenle atık sahası suyu kirleniminin miktar ve yersel dağılımının değerlendirimi çok önemlidir.

Gölbaşı katı-atık sahası Ankara'nın 17 km güneyinde, Mogan ve Eymir Gölleri Özel Çevre Koruma Alanı içerisinde ve göllerin arasında bulunan bataklık bir alanda yer almaktadır. Atık sahasının tabanı civarındaki formasyonlardan gelen çakıl, kum, sil ve kil parçacıklarının oluşturduğu Kuvaterner yaşlı alüvyonu üzerindedir. Alüvyon gevşek çakıltaşı, kumtaşı, marl ve kireçtaşının oluşturduğu Pliosen yaşlı gölsel Gölbaşı Formasyonu üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır. Atık sahası daha çok evsel ve belediye atıklarının depolanmasında kullanılmıştır.

Bu makale devam etmekte olan araştırmanın Kasım 1996 tarihinde alınan ilk yeraltı suları örneklerinden belirlenmiş

inorganik bileşiklerin konsantrasyonlarını esas alarak, Gölbaşı (Ankara) atık sahası yeraltısularının çevre yeraltısularına karışım miktarları ve su kalitesine olan hidrojeokimyasal etkilerini açıklamaktadır.

### Yöntem

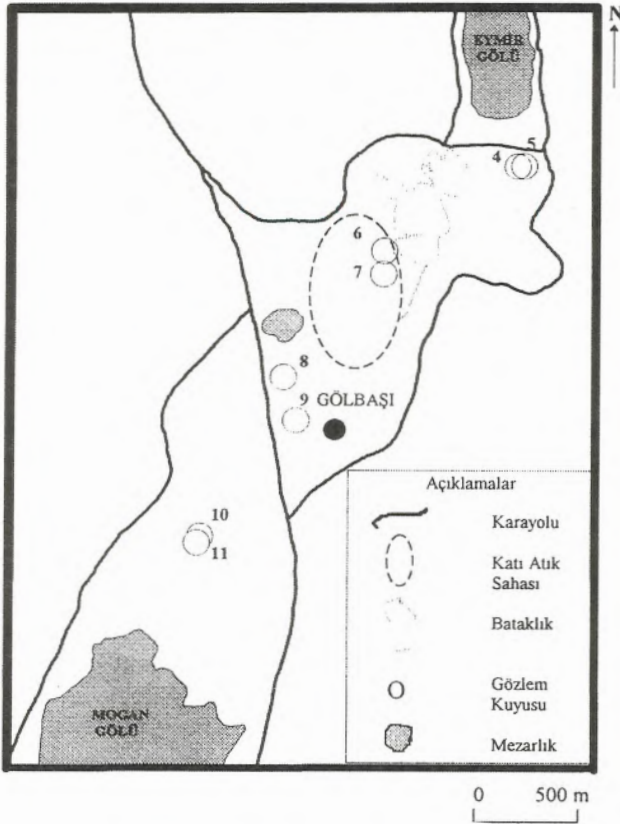
Atık sahası ve civarında O.D.T.Ü.-A.S.K.İ. projesi (O.D.T.Ü. 1995) kapsamında aynı derinlikte (~ 10m) açılmış gözlem kuyuları (#4, #6 ve #9) çalışma sahasının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla veri toplamada kullanılmıştır (Şekil 1). Sahadaki yeraltısularının seviyesi elektronik avometre ölçümleri ile belirlenmiş ve birimlerin hidrolik iletkenliği her bir kuyuda Bouwer-Rice yöntemi kullanılarak yapılan yükselim testleri ile ölçülmüştür (Bouwer ve Rice, 1976).

Kuyulardan su örnekleri iki set olarak toplanmıştır. Filtreden süzölmüş olan birinci set (1 lt) alkalinite, Na, K, Ca, Mg, Cl, SO<sub>4</sub>, F, SiO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> ve P analizleri için, filtrelenmiş ve asitlenmiş (pH<3) ikinci set (1.5 lt) ise Ba, B, AL, Cd, Ni ve Pb analizleri için kullanılmıştır. Sıcaklık, iletkenlik, pH ve toplam çözönmüş katı madde (TÇK) miktarları arazide ölçölmüştür.

O.D.T.Ü. Jeoloji Müh. bölümü laboratuvarlarında U.S.G.S. (1989) da rapor edilen standart metodlar kullanılarak analizi yapılmaya kadar (en fazla dört gün) örnekler buzdolabında saklanmıştır. İyon konsantrasyonları titrimetrik, kalorimetrik ve atomik absorpsiyon spektrofotometrik yöntemler kullanılarak belirlenmiştir. Her bir kuyu suyuna ilişkin ölçölen değerler Tablo 1'de listelenmiştir.

### Hidrokimyasal özellikler

Yeraltısuyu seviye ölçömleri bölgede akım yönünün Mogan Gölü'nden Eymir Gölü'ne doğru olduğunu ve atık sahası sularının yeraltından Eymir Gölü'ne karıştığını göstermektedir (Şekil 2). Alüvyon ortamlama kalınlığı 40 m alındığında (Kalkan ve diğ., 1992) dört, altı ve dokuz numaralı kuyularda sırasıyla 0.185, 1.0 ve 0.477 m/g'ın ortalama hidrolik iletkenlik değerleri belirlenmiştir. Değerlerin belirlenmesinde kullanılan



Şekil 1. Gölbaşı atık sahası ve civarı yerleşim haritası.

her bir kuyuya ilişkin en iyi uyumluluk doğruları Şekil 3'de gösterilmektedir.

Yeraltısuyu akım yönünün belirlenmesi atık sahasından akım yönünde ilerleyen suyun jeokimyasal özelliklerinin değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Bölgedeki atık sahasından etkilenmemiş yeraltısuyu temsil eden memba tarafı (upgradient) kuyusundan (#9) ve atık sahasından etkilenmiş mansap tarafı (downgradient) kuyusundan (#4) toplanan örnekler kimyasal bakımdan kuyular arasındaki farklılıkları ortaya koymaktadır (Tablo 2). Tabloda ikinci kolon (Kuyu 4) memba tarafı ölçümlerinin mansap tarafı ölçümlerine oranını göstermektedir. Dolayısıyla, birden büyük değerler atık sahası girdi katsayılarını temsil etmektedir.

Bu karşılaştırmaya göre atık sahası yeraltıları yüksek miktarlarda toplam sertlik, TÇK, elektrik iletkenliği, Ca, K, Cl, SO<sub>4</sub>, Cu, Fe, NO<sub>3</sub>, Cd ve Pb içermektedir. Ca, Cl, SO<sub>4</sub>, Cu, Fe, Mn ve NH<sub>3</sub> anomalileri Eymir gölüne karışan mansap tarafı yeraltısuyunda da gözlenmiştir (Şekil 4). Atık sahası konsantrasyonlarına göre daha düşük değerler içeren iyonlar (örneğin, Mg, Mn, SiO<sub>2</sub>, alkalinite, Na), bir sonraki başlık altında açıklanacağı üzere, reaksiyonlara bağlı olarak çökeltim ve adsorpsiyona uğramışlardır.

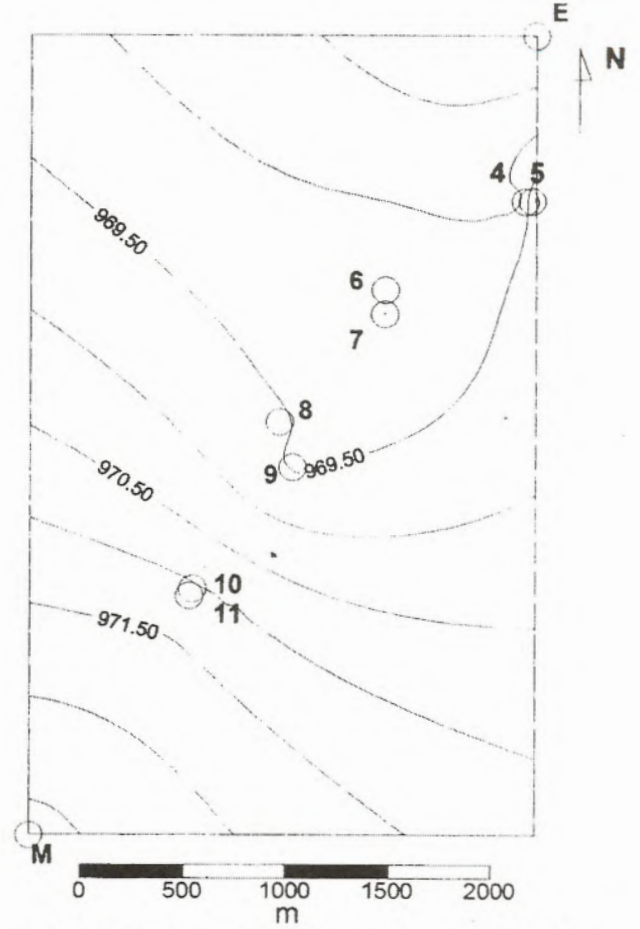
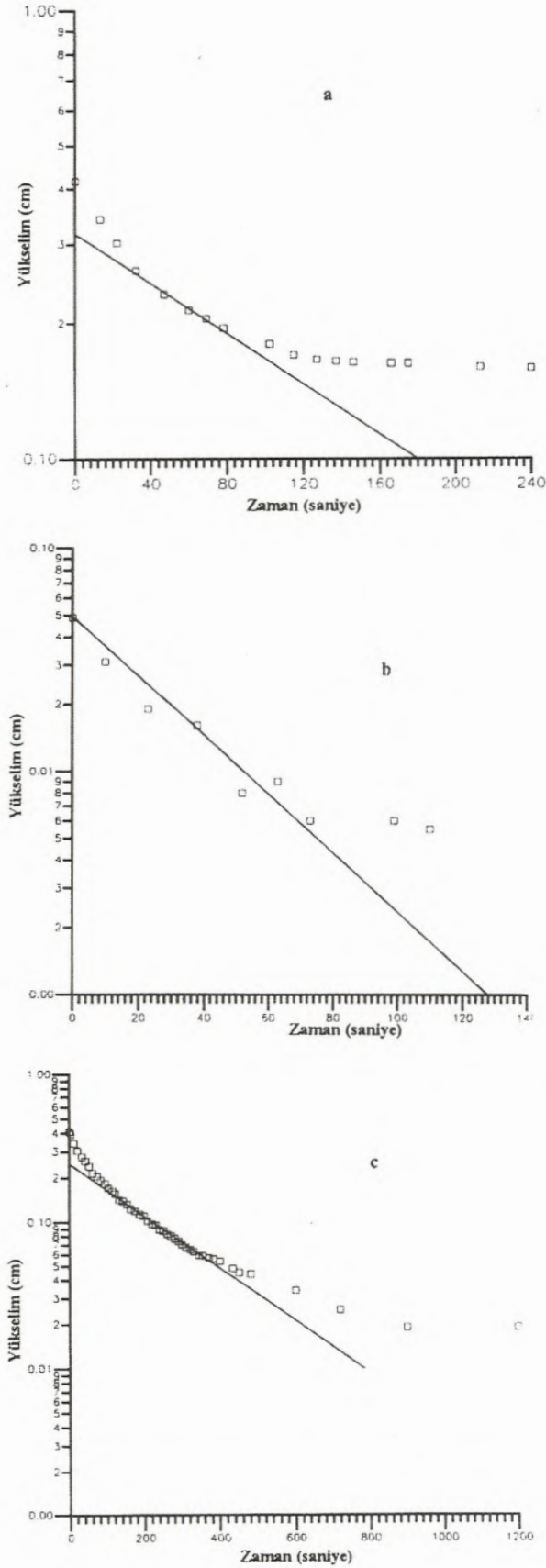
Tablo 1. Gölbaşı atık sahası ve civarı yeraltılarının Kasım, 96 tarihinde inorganik kimyasal özellikleri.

	Kuyu 4	Kuyu 6	Kuyu 9
T (°C)	13.8	14.5	14.0
pH	7.25	7.55	7.73
Alkalinite (mg/l)	466	350	732
Sertlik (mg/l, CaCO <sub>3</sub> )	460	760	480
TÇK (mg/l)	603	841	661
Elektrik İletkenliği (mS/cm)	1.21	1.68	1.30
Mg (mg/l)	21.87	58.32	80.92
Ca (mg/l)	148	208	58.8
Na (mg/l)	161.37	136.34	232.43
K (mg/l)	1.6	3.2	1.6
HCO <sub>3</sub> (mg/l)	466	350	732
Cl (mg/l)	72	122	52
SO <sub>4</sub> (mg/l)	90	340	2
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	26.90	15.20	28.20
Cu (mg/l)	1.50	2.59	0.01
F (mg/l)	0.29	0.71	0.74
Fe (mg/l)	1.35	0.12	0.01
Mn (mg/l)	0.81	0.0	0.41
NO <sub>3</sub> (mg/l)	0.442	7.072	0.442
NO <sub>2</sub> (mg/l)	0.003	0.007	0.066
NH <sub>3</sub> (mg/l)	0.537	0.024	0.244
P (mg/l)	1.78	1.14	2.90
Ba (mg/l)	0	0	0
Al (mg/l)	0	0	0
B (mg/l)	0	0	0
Cd (µg/l)	5.08	11.16	8.12
Ni (mg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Pb (µg/l)	12.17	78.77	37.41

## Jeokimyasal değerlendirme

Eymir Gölü'nü yeraltından besleyen ve dört numaralı kuyu suyu ile temsil edilen yeraltısuyunun, altı numaralı kuyu suyu ile temsil edilen atık sahası yeraltısuyu tarafından günümüzde ne kadar kirletildiğini bulmak ve gelecekte sadece klor konsantrasyonları ölçümü ile kirletim oranlarını hesaplayabilmek için, bu tür ortamlarda tepkimeye girmeyen (mineral fazı olarak çökeltmeyen veya yaygın olarak kil yüzeylerine adsorbe edilmeyen), klor konsantrasyonları kullanıldı. Bu hesaplamalarda önce atık sahası yeraltısuyu klor konsantrasyonu ile atık sahası suyundan etkilenmemiş memba yeraltısuyu klor konsantrasyonu değişik oranlarda karıştırılarak karışım sular için hipotetik klor konsantrasyonları belirlendi. Daha sonra, karışımlardaki klor miktarları ile atık yeraltısuyu karışım yüzdeleri arasındaki doğrusal ilişki en küçük kareler yöntemi kullanılarak denkleştirildi. Oluşturulan denklem ve denklemi oluşturmada kullanılan veriler (karışımlardaki klor miktarları ve atık sahası yeraltısuyu karışım yüzdeleri) Şekil 5'de gösterilmektedir.

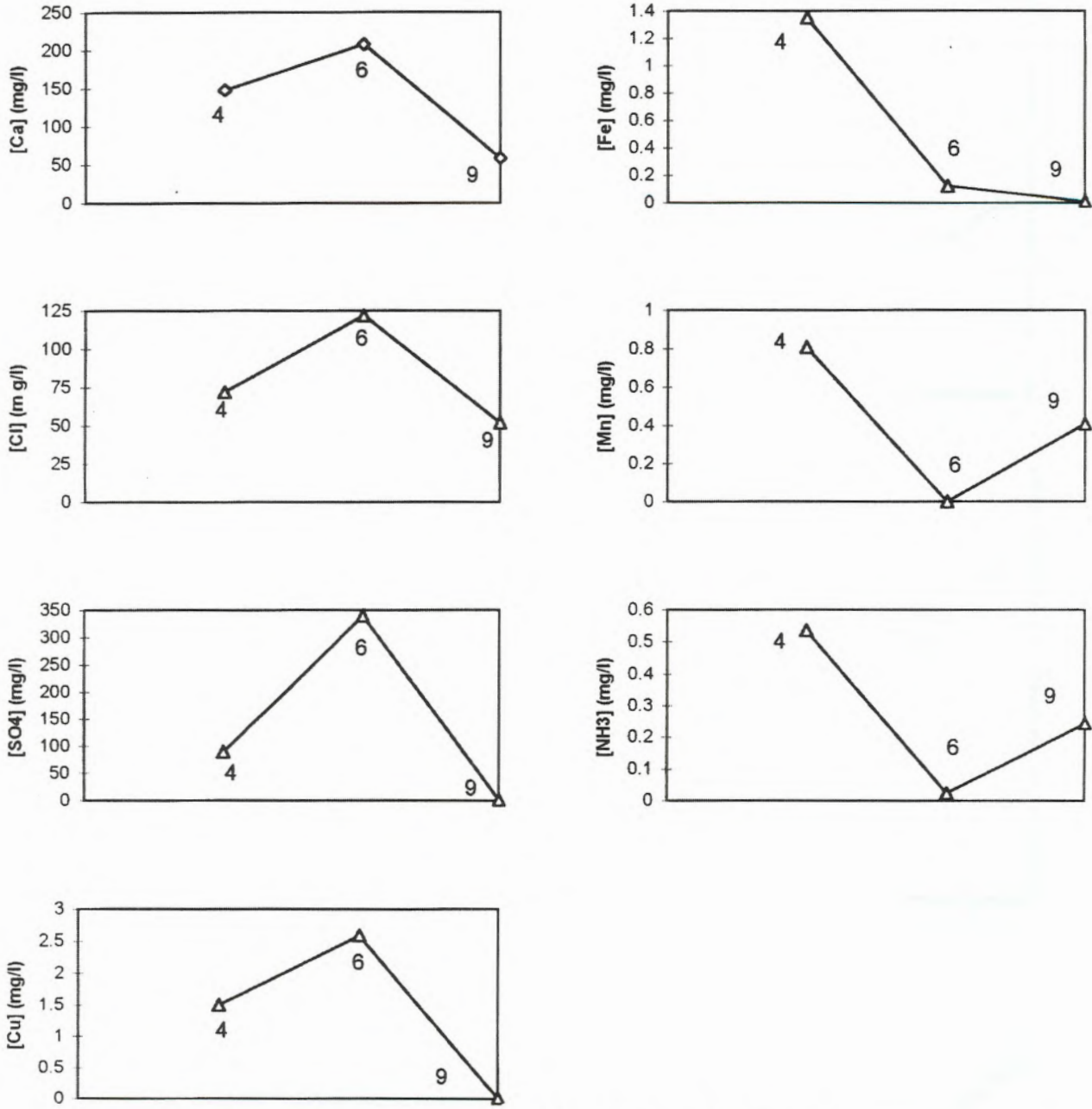
Yukarıda anlatılan hesaplamalara benzer değerlendirmeler Cu, Pb, Cd ve Ca için de yapılmış ve en iyi uyumluluk doğruları eğimlerinin klordan farklı oldukları gözlenmiştir. Bu sonuç, söz konusu iyonların atık sahasından uzaklaştıkça reaksiyona girdiğini (tam olarak konservatif olmadığı) göstermektedir. WATEQF program kodu (Plummer ve diğ., 1976) kullanılarak yapılan doyunluk hesaplamaları ile hangi iyonların çö-



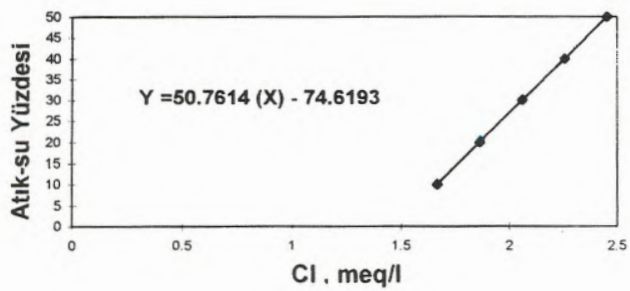
Şekil 2. Gölbasi katı atık sahası ve civarı Kasım, 96 tarihindeki yeraltısuyu dağılım haritası. Haritada E, Eymir gölü ve M, Mogan gölü sınırlarını göstermektedir.

kelim-çözünüm reaksiyonlarından etkilendikleri ayrıca belirlenmiştir. Aragonit, kalsit, dolomit, götüt, hematit, manyetit, kuvars, nodokrozit ve siderit minerallerinin doygunluk ve doygunluk-üstü değerleri, bu minerallerde mevcut Ca, Mg, Mn, Fe, SiO<sub>2</sub> katyonlarının karışım sularında çökelebileceğine işaret etmektedir. Diğer mineraller için hesaplanan negatif doygunluk değerleri, hesaplanan bütün karışım suların bu minerallere göre doygunluk-altı değerlerde olduğunu göstermektedir. Klorit tuzlarının da bu karışım ve düşük iyonik güçlü sularında çökelmediği belirlenmiştir. Bunlara ek olarak yapılan katyon değişim (Mg/Na) reaksiyon hesapları, katyon değişen malzemelerin (muhtemelen killeri) ortamdan Na aldıklarına işaret etmektedir. Atok sahasından uzaklaştıkça seyrelen sular, daha düşük sülfat konsantrasyonlarının da gösterdiği üzere, daha indirgeyicidir. Nitekim, SO<sub>4</sub> konsantrasyonlarının değerlendirilmeleri ile oluşturulan en iyi uyumluluk doğrusunun eğimi klor ile oluşturulan yakındır.

Şekil 3. Hidrolik iletkenlik değerlerinin belirlenmesinde kullanılan her bir kuyuya ilişkin (a. Kuyu 4, b. Kuyu 6 ve c. Kuyu 9) en iyi uyumluluk doğruları.



Şekil 4. Gözbaşı atık sahası ve civarı yeraltısularında Kasım, 96'da ölçülen inorganik iyon anomalileri.



Şekil 5. Karışım yeraltı sularındaki klor miktarları ve atık sahası yeraltısuyu karışım yüzdelerini gösteren en iyi uyumluluk doğrusu ve bu doğruyu temsil eden denklem.



**Tablo 2.** Gölbaşı atık sahası ve civarı yeraltı sularında Kasım, 96'da ölçülen inorganik parametrelerin atık sahasından etkilenmeyen kuyu 9'a göre oranları

	Kuyu 4	Kuyu 6
T (°C)	0.98	1.04
pH	0.94	0.98
Alkalinite (mg/l)	0.64	0.48
Sertlik (mg/l, CaCO <sub>3</sub> )	0.96	1.58
TÇK (mg/l)	0.91	1.27
Elektrik İletkenliği(mS/cm)	0.93	1.29
Mg (mg/l)	0.27	0.72
Ca (mg/l)	2.5	3.54
Na (mg/l)	0.694	0.586
K (mg/l)	1	2
HCO <sub>3</sub> (mg/l)	0.64	0.48
Cl (mg/l)	1.38	2.34
SO <sub>4</sub> (mg/l)	45	170
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	0.95	0.54
Cu (mg/l)	150	259
F (mg/l)	0.39	0.96
Fe (mg/l)	135	12
Mn (mg/l)	1.97	0
NO <sub>3</sub> (mg/l)	1	15.99
NO <sub>2</sub> (mg/l)	0.05	0.11
NH <sub>3</sub> (mg/l)	2.20	0.09
P (mg/l)	0.61	0.39
Cd (µg/l)	0.63	1.37
Pb (µg/l)	0.33	2.11

Atık sahası yeraltısularının Eymir'e giden yeraltısularındaki kaliteye olan etkilerini belirlemek için kirlenmiş su içinde mevcut klor ve sülfat konsantrasyonları oluşturulan denklemlerde yerine konarak hesaplamalar yapıldı. Hesaplama sonuçlarında Eymir'e akan yeraltısuyundaki atık sahası suyu yüzde 25-30 olarak belirlenmiştir. Atık sahası ve civarındaki yeraltı ve yerüstü suları yıllık ortalama konsantrasyonlarını birlikte değerlendiren Caumr ve diğ. (1997) Eymire bataklık tarafından yüzde 41-92 arasında değişen bir girdi belirlenmişlerdir.

## Sonuçlar

Mogan ve Eymir Gölleri Özel Çevre Koruma Alanı'nda yer alan Gölbaşı atık sahasında yeraltısuları akımının Mogan Gölü'nden atık sahasına ve oradan da Eymir Gölü'ne doğru olduğu belirlenerek atık sahasına göre memba ve mansap tarafları ortaya koyulmuştur.

Seçilen inorganik Ca, K, Cl, SO<sub>4</sub>, Fe, Cu, Cd, Pb, Mn, NO<sub>3</sub> ve NH<sub>3</sub> iyon konsantrasyonlarının Gölbaşı atık sahasından kaynaklanan yeraltısularını tanımladığı gösterilmiş ve atık sahasından etkilenmemiş sularla karşılaştırıldığında, atık sahasından etkilenmemiş sularla karşılaştırıldığında, atık sahası sonrası suların konsantrasyonlarının bir hayli yüksek olduğu belirlenmiştir.

Atık sahası yeraltısuyu ve atık sahasından etkilenmemiş yeraltısularının iyon konsantrasyonları kullanılarak oluşturulan denklemler aracılığı ile Eymir Gölü'ne giden yeraltısularına yüzde kaç atık sahası suyu karıştığı belirlenmiştir. Kullanılan doğal iyon izleyicileri arasında özellikle klorun konservative olarak davrandığı tesbit edilmiş ve klor kullanımı ile atık suyu bileşenin yaklaşık yüzde 30 olduğu hesaplanmıştır.

Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler, Eymir Gölü sularının atık sahası yeraltısuları tarafından kirletildiğini göstermektedir. Söz konusu kirlenmenin mevsimsel portresini ortaya koyacak ve karışım öncesi, karışım durumu ve karışım sonrası reaksiyonları ve ilgili kütle transferlerini irdelenecek çalışmalar devam etmektedir.

## Katkı Belirtme

Bu çalışma O.D.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından desteklenen AFP 96-07-02-00-06 kodlu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

## Değinen Belgeler

- Bouwer, H. ve Rice, R.C., 1976, A slug test for determining hydraulic conductivity of unconfined aquifers with completely or partially penetrating wells: Water Resources Research, 12, 423-428.
- Çamur, M.Z., Yazıcıgil, H. ve Altınbilek, D.H., 1997, Hydrogeochemical modeling of waters in Mogan and Eymir lakes special environmental protection area, Ankara, Turkey: Water Environment Research, baskıda.
- Kalkan, İ., Şaroğlu, F. Özmutaf, M., Atiker, M., Yıldırım, N., Süzük, H. ve Tanıl, A., 1992, Eymir ve Mogan Göllerinin (Ankara-Gölbaşı) korunmasına yönelik jeoloji-hidrojeoloji incelemesi: MTA Raporu No: 9477, 535 s.
- O.D.T.Ü., 1995, Gölbaşı Mogan-Eymir Gölleri için su kaynakları ve çevre yönetim projesi: Final Raporu, 680 s.
- Plummer, L. N., Jones, B.F. ve Thrusdell, A. H., 1976, WATEQF-A FORTRAN IV version of WATEQ'a computer program for calculating chemical equilibria of natural waters: U.S.G.S. Water-resources investigations report, 76-13, 61 p.
- U.S.G.S., 1989, Methods for determination of inorganic substances in water and fluvial sediments: In Techniques of water-resources investigations of the U.S.G.S. (eds. M.J. Fishman and L.C. Friedman), Book 5, Chapter A1, 545 s.

Hayrettin KORAL \*, Davut LAÇIN \*, Şakir ŞAHİN \*\*

\* İstanbul Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul

\*\* Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Isparta

# 1 Ekim 1995 Dinar depreminin yüzey çatlakları

1 Ekim 1995'de Dinar kasabasında meydana gelen ve 101 kişinin ölümüne ve yaklaşık 4500 binanın hasarına sebep olan orta şiddetteki depremin ( $M_w=6.2$ ) odağı K40B doğrultulu Dinar-Çivril fayı yakınında bulunmaktadır. Bu depremin doğu Akdeniz'deki kuzeye dalan Afrika levhası ile üzerleyen Ege levhası arasındaki etkileşimden kaynaklanan gerilme basınçlarına bağlı olarak geliştiği düşünülmektedir.

Deprem sırasında Dinar-Çivril fayının 10 km'lik kesimi boyunca yüzey çatlakları gelişmiştir. Çatlak örnekleri uzunlukça bir ile onlarca metre arasında değişir ve lineer, sigmoidal ve örgülü (anastomosing) gelişmiştir. Bu çatlaklar kuzey-kuzeybatı/güney-güneydoğu yönlü bir uzanım oluşturacak biçimde birbiriyle birleşmektedir. Lineer ve sigmoidal çatlaklar kademeli (en echelon) bir örnek sunar. Çatlakların bazıları eğim atım gösterirken bazıları da yanal atım göstermektedir. Eğim atım bileşeni hakim olan yarılmalarda tekçe ya da örgülü (anastomosing) tipte ve doğu-batı ile düşük açı yapmaktadır. K10-30D ve K10-60B yönelimli çatlaklar S ve Z sigmoidal şekilli olup çoğunlukla sağa aşmalıdır. K60-80B yönelimli çatlaklar S ve Z şekilli olup çoğunlukla sola aşmalıdır. Bu durum verev atımlı normal bir faylanmayı göstermenin yanı sıra faylanmanın kompleks bir yapıya sahip olduğunu da işaret etmektedir.

## Giriş

Güneybatı Anadoludaki 'Göller Bölgesi'nde yer alan Dinar kasabası birçok büyük tarihsel depremin olduğu bölgede yer alır ve 1 Ekim 1995 T.S. saat 17.57'de şiddeti  $M_w=6.2$  olan depremlerle etkilenmiştir (Şekil 1). Deprem önemli yaşam kaybına ve büyük maddi zarara neden olmuştur. Bunun sonucu olarak 101 kişi ölmüş ve yaklaşık 4500 bina zarar görmüş-

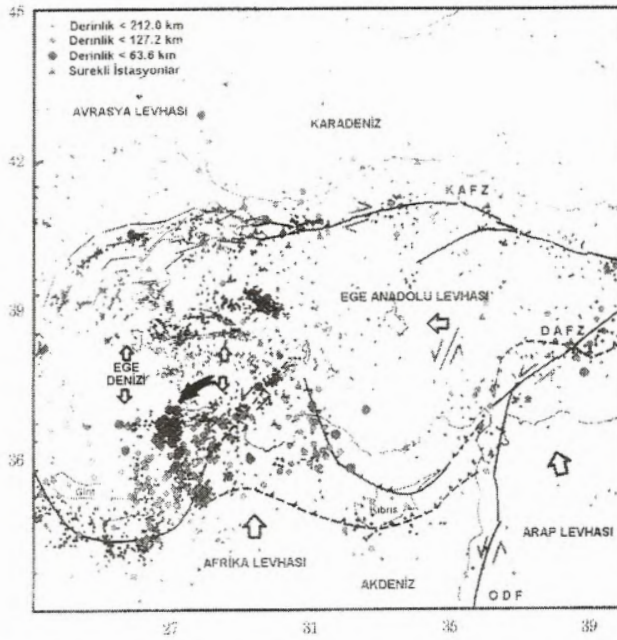
tür. Deprem birçok öncül şoklarla başlamış olup, ana şok sırasında bölgedeki fay boyunca 10 km boyunca izlenen yüzey çatlaklarının gelişmesine neden olmuştur. Dinar'ın doğusunda başlayan ve eğim atımlı normal fay olarak düşünülen bu fay, kuzeybatı-güneydoğu yönünde Çivril kasabasına doğru uzanmakta olup Dinar-Çivril fayı olarak adlanmıştır (Koçyiğit, 1984; Price and Scott, 1994). Bu çalışmada, 1 Ekim 1995'teki Dinar depremi sırasında yüzeyde gelişen çatlakların sahada incelenmesiyle fayın karakteri hakkında elde edilen veriler tartışmaya açılmaktadır.

## Tektonik ortam

Dinar kasabası Helenik (Girit) ile Kıbrıs yaylarının kesişim alanında yer alır. Dinar ve yakın çevresinin genel jeolojik görünümü doğu Akdenizdeki Afrika/Arap levhası ile Anadolu (Avrasya) levhasının ilişkisinden ortaya çıkmaktadır (Şekil 1). Bu levhalar arasında devam eden yakınsama Anadolu blokunu batıya doğru hareket ettirmeye zorlamaktadır. Bu batıya kaçış olayı ise Ege Denizi ve batı Türkiyede gerilmeli basınç rejimine sebep olmaktadır (Şengör, 1980). Ege-Anadolu bloklarının Afrika/Arap levhasına göre batıya hareketi saatin tersi yönünde dönmeye şekillindedir (Şekil 1). GPS ölçümleri Anadolu levhasının yılda 1.5-2 cm. oranında batıya doğru tek bir blok gibi döndüğünü göstermektedir (Oral ve diğ., 1995).

Dinar'ın yakın çevresinde ve Afyon, Burdur ve Isparta illeri civarında iki önemli tektonik yönelim vardır (Şekil 2). Bunlardan birisi Burdur-Fethiye, Acıgöl ve Baklan faylarıyla karakteristik olan kuzeydoğu-güneybatı hattıdır. Diğeri ise Dinar-Çivril fayının temsil ettiği kuzeybatı-güneydoğu yönlü tektonik hattır. Bölge, sözü edilen önemli gidişlere paralel çeşitli deformasyon zonlarıyla kesilmektedir (Şekil 2) (Price ve Scott, 1994).

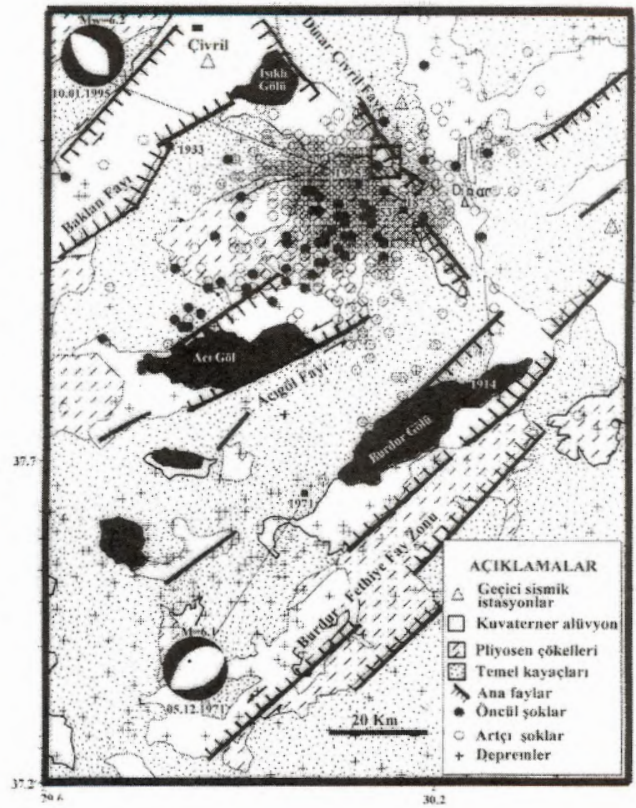
Dinar ve yakın çevresinin yalın bir jeolojisi vardır. Bölgenin kuzeyindeki Karadolamaç Sırtı, Kirazlı Sırtı gibi yüksek alanlar Eosen ve Oligosen yaşlı kireçtaşı, marn ve konglomeralardan oluşur (Şekil 3 ve 4). Güneyinde yer alan Yakaköy, Çakal mevki ve Kızıllı Köyü gibi alçak alanlar ise kum, çakıl ve kil içeren Kuvaterner yaşlı alüvyal çökelleriyle örtülmüştür. Yüksek ile alçak yerler arasındaki kesim yamaç molozlarıyla kaplıdır.



Şekil 1. Doğu Akdeniz ve Türkiye'nin Tektonik Özellikleri ve 1900-1996 yılları arasındaki depremselliği. Harita, Barka ve Hancock (1994), Philip v.d. (1989), Şaroğlu v.d., (1992) ve Öncel ve diğ., (yayında) den yararlanılarak oluşturulmuştur.

## Depremsellik

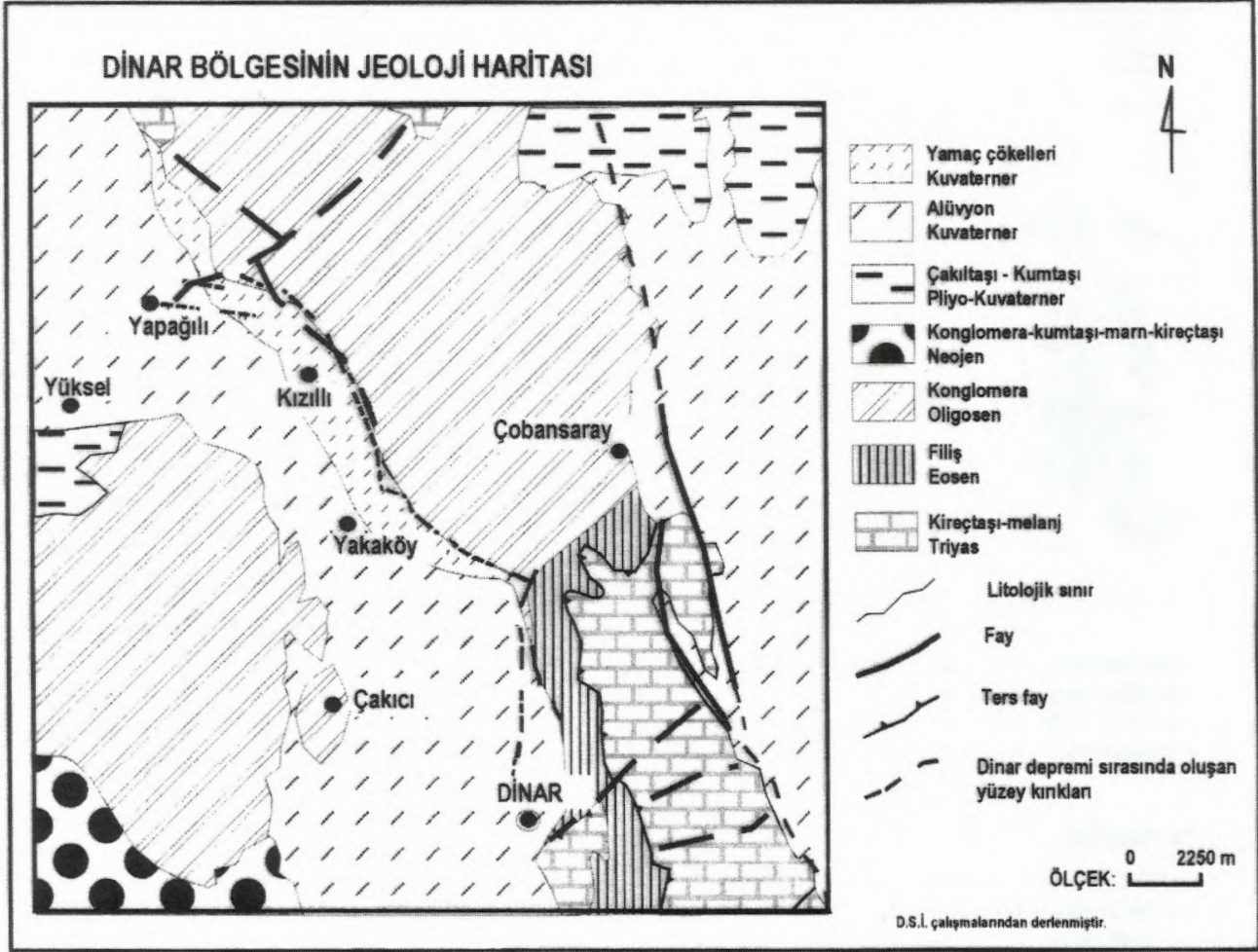
Dinar kasabası ve çevresinin M.Ö. yaklaşık 13. yüzyıla kadar uzanan bir deprem tarihi vardır. M.Ö. 8 yy.'da Kral Midas tarafından krallığın başkenti olarak kullanılan bu kasaba Bizans, Selçuklu ve Osmanlı dönemlerinde farklı şiddette bir çok deprem yaşamıştır (Ambraseys and Finkel, 1987). Dinar'ın son 2000 yıllık tarihini kapsıyan (M.Ö. 88-M.S.1889) depremsellik verisi Afyon-İsparta-Burdur ve Dinar yakın çevresinde V ve daha yukarı şiddetlerde en azından 18 depremin etkili olduğunu göstermektedir (Şekil 2). Bunların arasında en önemlilerinden biri olan 1875 depremi Çivril ile Dinar arasındaki bölgede 1300 kişinin ölümüne neden olmuştur. Bu deprem sonucunda 20 km'lik çatlak zonunun gelişmiş olduğu daha sonraki yıllarda yapılan araştırmalarda (Pinar ve Lahn, 1952; Ambraseys, 1975) ortaya konmuştur. Bölgedeki aletsel deprem verisi, kayıt döneminde şiddeti 4.0 ile 6.9 arasında değişen 212 depremin geliştiğini göstermektedir (Öncel ve diğ., yayında). Bunlar arasında 1914 ( $M_s=7.0$ ;  $I_0=IX$ ) ve 1925 ( $M_s=6.0$ ;  $I_0=VIII$ ) depremleri Dinar kasabasında güçlü şekilde hissedilen depremlerdir (Sosyal ve diğ., 1980). 1914 depremi Burdur gölünün güneydoğu kıyısı boyunca gözlenen yüzey çatlaklarını geliştirmiştir (Sosyal ve diğ., 1980). Bu deprem sırasında yaklaşık 4000 can kaybı olmuş ve yaklaşık 17 bin ev hasar görmüştür. Çalışma alanının dışında meydana gelen 1925 depremi yaklaşık 2500 eve zarar vermiş ve 12 Mayıs 1971'de meydana gelen Dinar depreminden önceki en son yıkıcı dep-



Şekil 2. MÖ 50 ile 1995 arasında Dinar ve Afyon-İsparta-Burdur illerinin depremselliği ve bölgenin jeotektonik haritası (Price ve Scott, 1996; Eyidoğan ve Barka, 1996 ve Öncel diğ., (yayında) den yararlanılarak hazırlanmıştır). Tarihsel depremlerin dış odakları daire içinde gösterilmiştir. Aletsel dönemdeki depremler fay çözümleriyle birlikte verilmiştir. Kare içine alınan alan çalışma bölgesini göstermektedir.

rem ( $M=6.1$ ;  $I_0=IX$ ) 1400'den fazla evi harap etmiş ve 57 kişinin ölümüne neden olmuştur. Normal fay mekanizmasına sahip olan 1971 depreminin Burdur fayıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir (Şekil 2) (Taymaz ve Price, 1992). 1 Ekim 1995'te Dinar kasabası 200'den fazla binanın hasarına ve 90 kişinin ölümüne sebep olan yeni bir depremle ( $M_w=6.2$ ) sarsılmıştır. Deprem Yakaköy, Kızıllı ve Yapağlı gibi komşu köylerde de hasara yol açmıştır.

Dinar depremi kendisine has özelliklere sahiptir. Bu olayla ilişkili öncül şok faaliyeti depremden 7 ay evvel başlamış ve ana şoktan 6 gün önce yoğunlaşmıştır. Bu zaman içinde şiddeti 1.5 ile 5.4 arasında değişen 77 öncül şok gelişmiştir (Öncel ve diğ., yayında). Öncül şoklar 4.5 büyüklüğündeki iki farklı olayı kapsamaktadır. Depremin ana şokunu takip eden ilk ay içerisinde 2.9 ile 5.1 arasında değişen büyüklükte 660 artçı şok gelişmiştir. Artçı şoklar 75 km. uzunluğunda ve 35 km. genişlikteki bir zon boyunca oluşmuştur (Şekil 2) (Öncel ve diğ., yayında). Artçı şokların geliştiği zonun uzunluk/genişlik oranı 2/1'den daha fazladır.



Şekil 3. Dinar bölgesinin jeolojik haritası. DSİ'nin 1/25.000'lik paftasından elde edilmiştir.

Şokların derinlik dağılımı fayın doğrultusuna hem dik hem de paralel kesitlerde incelenmiştir. Normal profildeki deprem dağılımı yoğunlaşmış olarak gözükmemektedir (Öncel ve diğ., yayında). Dinar-Çivril fayına paralel profildeki deprem dağılımı ise saçılmış bir görünüm arzeder.

### Yüzey çatlakları

1 Ekim 1995 depreminin odağı Afyon İline bağlı Dinar ve Çivril kasabaları arasında izlenebilen kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu Dinar-Çivril Fay içinin birkaç km. güneybatısında bulunmaktadır (Foto 1). Ana şok sırasında gelişen yüzey çatlakları 55 km uzunluktaki Keçiözü-Dinar-Çivril fay zonuun 10 km'lik kesimi boyunca gözlenmiştir (Şekil 4). Çatlak örneklerinin 3 farklı yönde geliştikleri başka yazarlarca da belirtilmiştir. (Örneğin Demirtaş ve diğ., 1996; Eyidoğan ve Barka, 1997) (Şekil 3). Dinar yakınındaki çatlaklar kabaca kuzay-güney yönlüdür. Çatlaklar, Yakaköy ve Kızıllı köyleri kuzeyinden batıya doğru kuzey-kuzeybatı yönünde ilerlemiştir. Yapağılıda çatlaklar batı-kuzeybatı yönlü bir özellik kazanmıştır

(Şekil 3). Çatlak örneği bir metreden onlarca metreye kadar ulaşan çatlaklardan oluşmaktadır (Şekil 4). Bu çatlakların bazıları (Karadolamaç Sırtı eteklerindeki gibi) yaklaşık 50 cm'ye varan eğim atım gösterir. Düşen blok KD-GB yönlü açılmayı gösterecek şekilde güney veya güneybatıya yönelmiştir. Diğer bazı çatlaklar ise düşey yer değiştirme göstermezler fakat önemli bir ayrılma (separation) gösterirler. Bunun yanısıra hem eğim atım hem de yanıl atım gösteren yarıklar vardır. Çatlakların çoğu Eosen-Oligosen yaşlı sedimentler ile pekişmemiş alüvyal çökeller arasındaki faylı sınırı takip etmektedir fakat bu her zaman böyle değildir (Şekil 3).

Yüzey çatlakları lineer, sigmoidal ve örgütlü (anastomosing) olmak üzere 3 farklı geometriye sahiptir (Şekil 4). Yaklaşık kuzey-güney yönlü olanlar önemli bir eğim atım olmaksızın daha ziyade çizgiseldir ve kademeli bir geometri gösterirler. Yaklaşık kuzeybatı-güneydoğu ve kuzey-kuzeydoğu/güney-güneybatı yönlü olanlar sola ve sağa aşmalı kademeli bir geometriye sahiptirler. Yaklaşık doğu-batı yönelimli olanlar lineer ve eğim atım bileşeni fazla olan örgütlü (anastomosing)

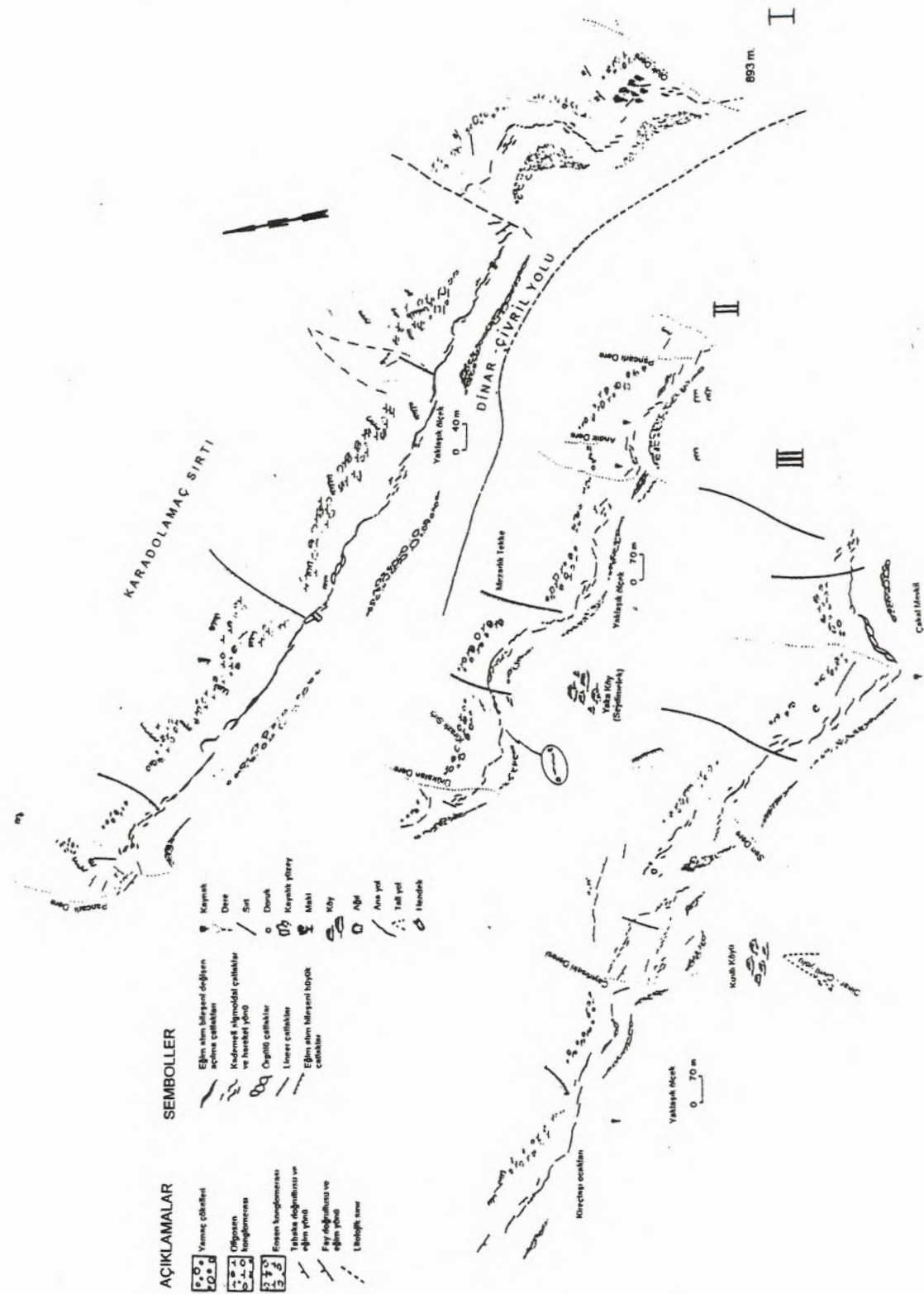


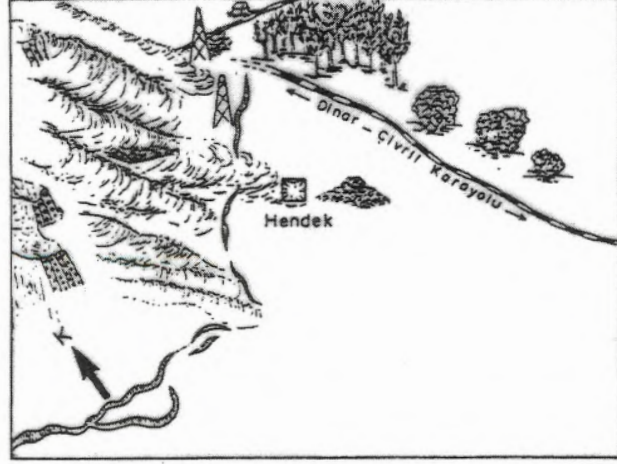


Foto 1. Pancarlı dere de gözlenen Dinar-Çivril fayı.

bir özellik gösterirler. Bunlar Dinar-Çivril fayının gidişine uygun bir biçimde bir uçtan diğer uca kuzey-kuzeybatı/güney-güneydoğu yönlü bir görünüm verecek şekilde birbiriyle birleşmektedir (Şekil 3).

Dinar kasabası yakınında gözlenen yüzey çatlakları K10-30D yönlüdür ve sağa aşmalı kademeli bir örnek göstermektedir. Bu durum Türkiye'deki Kandilli Deprem Araştırma Merkezi ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan ilk raporlarda belirtilmiştir (Demirtaş ve diğ., 1996). Bu çatlak örneği Dinar'ın kuzeyinde yer alan 893 m. yüksekliğindeki tepenin yakınına kadar devam etmektedir ve bunlara çatlaklar K20-25B yönelimlidir. Çatlaklar Oluk deresi yakınında kuzeydoğu yönüne ilerledikten sonra kuzeybatı gidişli Z-biçimli sağa aşmalı bir örnek gösterir. Benzer bir örnek 893 m. yüksekliğindeki tepenin batısında yer alan isimsiz dere de gözlenmiştir (Şekil 4). K32D yönelimli bu çatlakların önemli bir eğim atım bileşeni yoktur fakat sigmoidal bir geometri göstermekte olup tabakalanma düzlemiyle uyumlu bir gidişe sahiptirler. Çatlak örneği Dinar-Çivril yolunun doğu-batı doğrultulu olduğu yerdeki isimsiz tepenin yakınına kadar yaklaşık doğu-batı gidişli eğim atım gösteren çatlaklar şeklinde devam etmektedir. Bu noktadan batıya doğru Pancarlı deresine kadar çatlaklar doğu ve batı yönüyle düşük açılar yapmaktadır. Karadolamaç Sırtın güney eteklerinde olduğu gibi bazı yerlerde çatlaklar K25B yönelimlidir ve kademeli geometriye sahiptir (Şekil 4). Çatlakların K60-70B yönelimli olduğu yerde, bunlar büyük miktarlarda ayrılma ve eğim atım gösterirler (Şekil 5). Yer yer örgütlü (anastomosing) örnek gösteren bu çatlaklar sigmoidal çatlaklarla birleşmektedir. Kademeli geometriye sahip olanlar sola aşmalı bir örnek gösterir.

Pancarlı deresinden Yakaköy'e doğru çatlaklar hem kademeli hem de örgütlü (anastomosing) geometri gösterirler (Şekil 6a, b). Pancarlı deresinin batısında bunlar önce sağa aşmalı olup S-biçimli daha sonra örgütlü örnek sunar. Andık deresinin doğu yamacında bunlar sola aşmalı olup yine Z-biçimlidir. Batıya doğru çatlaklar tekrar sola aşmalı olup Z-biçimlidir (Foto

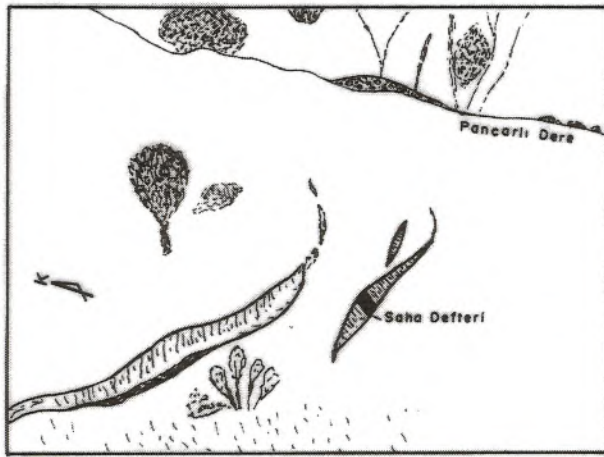


Şekil 5. Pancarlı derenin olduğu sırtlardan çatlak geometrisine güneydoğu yönünde bakış. Çatlakların süreksizlik gösterdikleri ve doğu-batı yönü ile dar açı oluşturdukları görülmektedir. Çatlaklar Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından açılan bir hendekte ayrıca incelenmiştir.

2). K89D doğrultulu fayın bulunduğu Mezarlık Tekke'nin güneydoğusundaki isimsiz dere içinde K70D yönelimli olan çatlaklar batıdaki Yakaköy yamaçları yakınında sağa aşmalı çizgisel bir görünüm sunar ve daha sonra büyük miktarlarda eğim atım bileşeni olan K80D doğrultulu örgütlü (anastomosing) geometri gösterir. Ürükalan deresi yakınında sağa aşmalı olanlar kuzey ile oldukça düşük açılar yapmakta olup burada tabakalanma K45D doğrultuludur. Eğim açısı düşeyden 45 dereceye kadar değişir ve KB'ya eğimlidir. Buradan batıdaki isimsiz dereye doğru çatlaklar kuzey-batı yönelimli ve sola aşmalı Z-biçimli olup daha sonra vadi içine doğru K85D yönünde örgütlü olarak devam etmiştir. Çatlaklar buradan Sarı dereye doğru eğim atım bileşenli olup K10B yönü kazanmıştır ve sağa aşmalı Z-biçimlidir. Kızıllı köyüne doğru çatlaklar hem sola hem sağa aşmalıdır. Tabakalanmanın K70B yönlü olduğu Kızıllı köyünün kuzeydoğusunda çatlak iki kola ayrılmıştır. Her iki kolda çatlaklar sola aşmalı olup Çayırlıseki deresinin batısında birleşmiştir. Batıya doğru çatlaklar K80B yönelim kazanmış olup eğim atım ve ayrılma (separation) gösterirler. Çatlağın kuzey-güneye daha yakın yönelim kazandığı kireçtaşı ocaklarında Z-biçimli sola aşmalı bir geometri göze çarpmaktadır.

## Sonuçlar

Dinar-Çivril fayının depremle kırılmış kesiminde çatlaklar tek bir hat şeklinde olmayıp lineer, sigmoidal ve örgütlü olmak üzere 3 farklı geometriye sahiptir. K10-30D ve K10-60B yönelimleri arasında yer alan çatlaklar büyük çoğunlukla sağa aşmalı olup S ve Z şekillidir. K60-80B yönelimli çatlaklar ise büyük çoğunlukla sola aşmalı S ve Z şekilli olup yer yer sigmoidal bazen de tekçe lineer karakter sunar. Bunlardan özellikle lineer olanlar belirgin ayrılma (separation) gösterirler.



Şekil 6a. Pancarlı derenin batı yamacındaki sigmoidal ve örgülü çatlak geometrisinin görünüşü; b. Sigmoidal çatlak geometrisinin daha yakından görünüşü.

Doğu-batı ile düşük açı yapan çatlaklar eğim bileşeni hakim olan sigmoidal ya da örgülü (anastomosing) çatlak geometrisine sahiptir.

Çatlaklar eğim ve yanal atımlı hareketin karakteristik özelliklerini sunarlar. Eğim atım gösteren çatlaklar baskın olup sağ ve sol atımı işaret eden çatlaklar da vardır. Çatlak örnekleri ve rev atımlı normal bir faylanmaya işaret etmektedir. Faylanma sırasında yanal atımın varlığı aynı zamanda rotasyon geçirmiş hasarlı binalarda da gözlenmiştir. Bu durum: a) Dinar-Çivril fayının eğim atım karakteri, b) Bölgenin genel tektonik yapısı ve c) Bölgedeki KD-GB yönlü açılmayı gösteren ve yanal atım bileşeni olan fay düzlemi çözümleriyle (örneğin, Pınar, 1996; Eyidoğan ve Barka, 1996 ve 1997, EMSC, USGS) uyumludur. Çatlak geometrisinde görülen farklı atım yönleri faylanmanın kompleks bir yapıya sahip olduğunun göstergesidir.



Foto 2. Andık deresinin doğusundan batıya doğru gidildiğinde görülen Z-biçimli çatlaklar.

### Değınilen Belgeler

- Ambraseys, N.N., 1975, Studies in Historical Seismicity and Tectonics: Geodynamics Today, 1, 7-16 The Royal Soc., London.
- Ambraseys, N.N. and Finkel, C.F., 1987, Seismicity of Turkey and Neighbouring Regions, 1899-1915, Ann. Geophys. B., 701-726.
- Barka, A. and Hancock, P.L., 1984, Neotectonic Deformation Patterns in the Convex-Northwards Arc of the North Anatolian Fault, in the Geological Evolution of the Eastern Mediterranean, Spec. Publ., edited by J.G. Dixon and A.H.F. Robertson, Geological Society of London, 763-773.
- Demirtaş, R., Karakısa, S., Demir, M., İravul, Y., Baran, B., Bağcı, G., Batman, A., Zünbül S. and Yılmaz, R., 1996, The Dinar Earthquake of 1 October 1995, Southwestern Turkey: Deprem Araştırma Bülteni 72, 5-38.
- Eyidoğan, H., and Barka, A., 1997, The 1 October 1995 Dinar Earthquake, SW Turkey, Terra Nova, 8, 479-485.
- Eyidoğan, H. ve Barka, A., 1996, 1 Ekim 1995 Dinar Depremi: Kaynak Özellikleri ve Sismotektonik Yorumu, S.D.Ü. IX. Mühendislik Sempozyumu Jiofizik Mühendisliği Bildirileri Kitabı, 51-56.
- Koçyiğit, A., 1984, Intraplate Neotectonic Development in Southwestern Turkey and Adjacent Areas, Bull. Geol. Soc. Turkey, 27, 1-16.
- Oral, B., Reilinger, E., Toksöz, M.N., King, R.W., Kınık, I. and Barka, A., 1995, Global Positioning System (GPS) Offers Evidence of Plate Motions in Eastern Mediterranean, EOS, 76, 9-11.
- Öncel, A.O., Koral, H., Alptekin, Ö., yayında, The Dinar Earthquake ( $M_w=6.2$ ; October 1, 1995; Afyon-Turkey) and Earthquake Hazard of the Dinar-Çivril fault.
- Philip, H., Cisternas, A., Gvishiani, A., Gorshkove, A., 1989, The Caucasus: an Actual example of the Initial Stages of a Continental Collision, Tectonophysics, 161, 1-21.
- Pınar, A. 1996, Uzun periyotlu telesismik cisim dalgalarından 1 Ekim

- 1995 Dinar Depreminin kinematik ve dinamik kaynak parametreleri, S.D.Ü. IX. Mühendislik Sempozyumu Jeofizik Mühendisliği Bildirileri Kitabı, 91-96.
- Pınar, N., Lahn, E., 1952, Türkiye Depremleri ve İzahlı Deprem Kataloğu, T.C. Bayındırlık Bak: Yapı ve İmar İş. Reis. Y. Seri 6, Sayı 36.
- Price, P.C. and Scott, B., 1994, Fault-blok Rotations at the Edge of a Zone of Continental Extension: Southwest Turkey: Journal of Structural Geology. 16, 381-392.
- Sosyal, H., Sipahioğlu, S., Kolçak, D. and Altınok, Y., 1980, Historical Earthquake Catalogue of Turkey and Vicinity, TÜBİTAK Proje No: TBAG 341.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., Kuşçu, İ., 1992, Türkiye Diri Fay Haritası, MTA Enstitüsü, Ankara.
- Şengör, A.M.C., 1980, Türkiye'nin neotektoniğinin esasları: Türk Jeoloji Kurumu Konf. Ser., no. 2, 40 pp.
- Taymaz, T and Price, S., 1992, The 1971 May 12 Burdur earthquake sequence, SW Turkey: a synthesis of seismological and geological observations: Geophys. J Int., 108, 589-603.



Yeşim İSLAMOĞLU\*, Güler TANER\*\*

\* Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüdlere Dairesi, Ankara

\*\* Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara

## <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr izotop kronostratigrafisi, yöntem ve yorumları

<sup>87</sup>Sr, genellikle <sup>87</sup>Rb'un β ışınıyla bozunmasından türemiş radyojenik bir izotoptur. Kayaların karbonat kısımlarında daha zengin olarak bulunur ve <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr olarak ifade edilir. Bu izotop oranından faydalanılarak ve elde edilmiş denklemleri kullanarak kronostratigrafik yorumlara gidilebilmektedir. Analiz yapılacak örneklerin seçimi sırasında, bunların diyajenez veya alterasyon geçirip geçirmediği veya ortamı etkileyen diğer faktörlerin ne olduğu iyi bilinmeli ve araştırılmalıdır. Sr kronostratigrafisi daha ziyade diğer verilerle desteklenmeye ve korelasyona ihtiyaç duyan bir yöntemdir. Denizel veya karışık ortamlar için farklı denklemler ve grafikler kullanılmaktadır.

### Giriş

Son yıllarda stratigrafik, paleoekolojik ve paleoortamsal çalışmalar sırasında izotop yöntemlerine başvuru giderek artmaktadır. Özellikle kronostratigrafik çalışmalarda klasik yöntemlerin yanısıra yeni yöntemler denenmekte ve bu yöntemlerin geçerliliği ispatlanmaya çalışılmaktadır. Bunlardan birisi de özellikle biyojenik kalsiyum karbonatlar üzerinde gerçekleştirilen <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr izotop ölçümlerinden yola çıkılarak yapılan çalışmalardır. <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr izotop kronostratigrafisi tek başına yaş veren bir metod olarak düşünülmemelidir. Mutlaka diğer jeolojik verilerle desteklenmeli ve korelasyon yapılarak kullanılmalıdır. Hernekadar ülkemizde bu konuyla ilgili çalışmalar laboratuvar imkanlarının yetersizliği nedeniyle yapılamıyorsa da, bu çalışmada konunun önemine, yöntemine ve konuyla ilgili yapılmış çalışmalara dair örneklerle değinilerek, ilgili araştırmacılara kaynak gösterilmesi amaçlanmıştır.

### <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr izotop denklemi ve jeokronolojide uygulanması

İzotoplar bir elementin proton sayısı aynı, nötron sayısı farklı atomlarıdır. Başka bir deyişle izotoplar bir elementin atom numarası aynı, atomik kütlesi farklı atomlarıdır. Radyoaktif izotoplar (Duraysız izotoplar) radyoaktif bozunma (α, γ, β ışınları gibi) yoluyla başka bir elemente dönüşürse bunlara da

radyojenik izotoplar adı verilir. Jeolojide gerek radyoaktif, gerekse radyojenik izotopların miktarları radyojenik bir elementin duraylı izotopuna oranlanarak ifade edilir. Çünkü kütle spektrometlerinde izotopların mutlak değerlerinden çok oranlarının okunması alınabilmektedir (Çağatay ve diğ., 1993).

<sup>87</sup>Sr genellikle <sup>87</sup>Rb'un β ışınıyla bozunmasından türemiş radyojenik bir izotoptur. Radyoaktif <sup>87</sup>Sr kayaların karbonat kısımlarında zengin olmakla birlikte karbonat olmayan bölümlerinde de bulunmaktadır (Veizer, 1983). Bu bozunma denklemi şu şekilde ifade edilebilir (Çağatay ve diğ., 1993):

Bozunma denklemi	Bozunma sabiti(λ) (1/yıl)	Yarı ömür (yıl)	Referans izotop
<sup>87</sup> Rb <sup>87</sup> Sr+β	1.42.10-11	48.8.109	<sup>86</sup> Sr

<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr izotop oranının basit olarak jeokronolojide uygulanması şu denklemle olur:

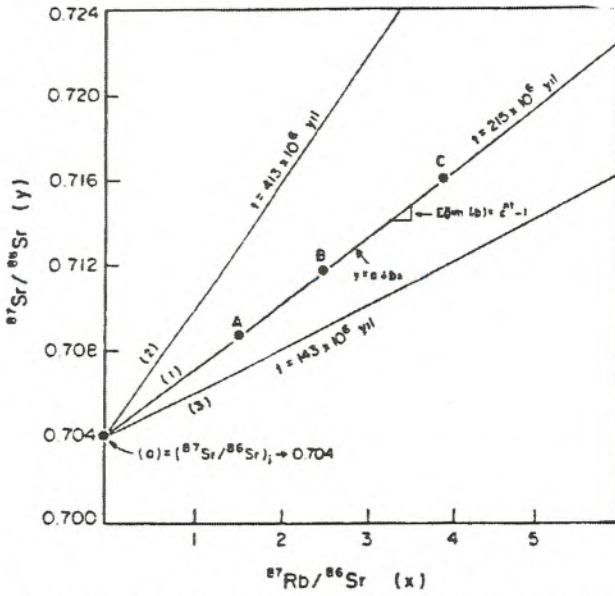
$$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}) = (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i + (e^{\lambda t} - 1) (^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr})$$

Bu denklem görüldüğü üzere  $y = a + bx$  şeklinde ifade edilebilen bir doğru denklemdir. "a" parametresi, sistemin radyoaktif bozunma başlamadan önceki ilksel izotop bileşimidir. "y" ve "x" ise sistemin güncel izotop bileşimidir. Bu da jeolojik malzemeler üzerindeki ölçümlerden elde edilir. "λ" bozunma sabiti, "t" ise radyoaktif bozunmanın başlamasından itibaren geçen süredir. Eş kökenli ve eş yaşlı oldukları diğer jeolojik veriler ile belirlenen iki ya da daha çok sayıdaki kayaç, mineral veya kavkı üzerinde ölçülen (<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr) izotop oranları, <sup>87</sup>Rb/<sup>86</sup>Sr izotop oranlarına karşı çizildiğinde elde edilecek noktalardan geçen izokron doğrusunun "y" eksenini kestiği nokta (a) kayacın oluştuğu zamanki ilksel izotop bileşimidir (Çağatay ve diğ., 1993; Şekil 1).

Doğrunun eğimi ( $e^{\lambda t} - 1$ )'dir. Dolayısıyla sözkonusu doğrunun eğiminden kayacın/kavkının oluşum yaşı (t) hesaplanabilir:

$$t = 1/\lambda(^{87}\text{Rb}) \ln ((^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}) - (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i / (^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}) + 1)$$

Burada "λ" sabiti atom çekirdeğinin bir özelliği olup, jeolojik zamanlar boyunca sıcaklık, basınç, kimyasal bileşim gibi parametrelerden etkilenmediği varsayılmıştır (Çağatay ve

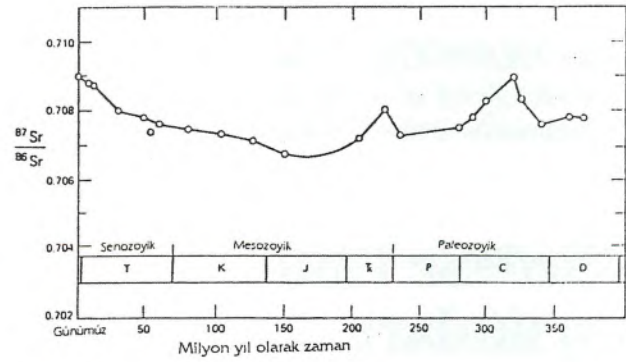


**Şekil 1.** Rb-Sr izokronları. A, B, C noktaları aynı magmatik kütlelerden alınan 3 ayrı kayaç örneğinin izotop bileşimini göstermektedir. (1) no'lu izokronun "y" eksenini kestiği nokta (0.704) ilksel izotop bileşimini, doğrunun eğimi ise 215 milyon yıl yaşını vermektedir. Aynı ilksel izotop bileşimine sahip daha yaşlı kayaçlar için izokronun eğimi daha büyük (2) no'lu izokron, daha genç kayaçlar için ise eğimi daha küçük (3 no'lu izokron) olacaktır (Çağatay ve diğ., 1993).

diğ., 1993). Örneklerin  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ve  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranlarının belirlenmesi ve izokron diyagramlar üzerinde planın çizilmesi sırasında veri noktalarını en iyi gösteren hattın çizilmesi problemi ortaya çıkar. Veri noktalarının düz bir hat şeklinde çizilmesi hiçbir zaman olanaklı olmamıştır. Bir takım analitik hatalar sözkonusu olabilir. Analitik hatanın anlamı ölçülmüş bir değer onun gerçek değerinden sapmasıdır. Çizilen izokronlarda böyle hatalar mümkün olduğunca elimine edilmelidir. Buna göre de en basit yöntem, grafik kağıdı üzerinde gözle en iyi hattı seçerek çizmektir (Faure, 1977).

### Okyanuslardaki stronsiyumun kökeni ve karbonatların önemi

Okyanuslardaki stronsiyumun izotopik bileşimi her yerde aynı olarak görülür ve  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotopu = 0.709 olarak ifade edilmektedir. Bu değer stronsiyumun aşağıdaki kaynaklardan çıkan 3 izotopik varyetesinin karışımıyla kontrol edilmektedir: 1) Genç volkanik kayalar =  $0.704 \pm 0.002$ , 2) Kıtasal kabuktaki eski sialik kayalar =  $0.720 \pm 0.005$ , 3) Fanerozoik yaşlı denizel karbonat kayalar =  $0.708 \pm 0.001$  (Faure, 1977). Okyanuslara giren stronsiyumun büyük bir kısmı denizel karbonatların diyajenezi ile veya kimyasal günlenme tarafından denetlenmektedir. Böylece, okyanuslardaki stronsiyumun izotopik bileşimi ne kıtasal kabuğun Sr oranını ne de okyanuslardaki stronsiyumun izotopik bileşimi ne kıtasal kabuğun Sr oranını ne de okyanuslarda depolanan detritik sedimanın izotopik bi-

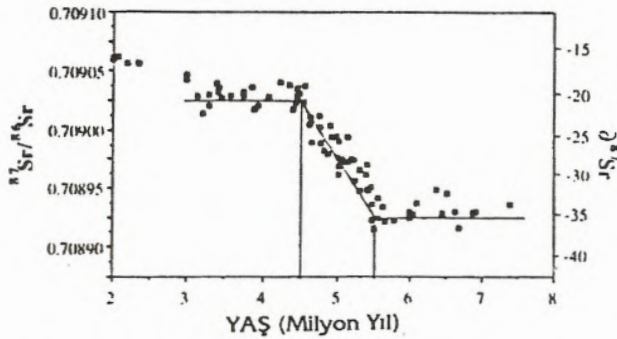


**Şekil 2.** Fossil kavkularından faydalanılarak Fanerozoik zaman süresince okyanuslardaki  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  oranındaki sistematik varyasyonu gösteren şekil (Peterman ve diğ., 1970).

leşimini temsil etmez. Okyanuslardaki  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranı kayaların çeşitlerindeki değişikliğe bağlı olarak jeolojik zamanlar süresince değişmiştir (Faure, 1977). Peterman ve diğ. (1970) Fanerozoik çağlardaki fossil kavkularında  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  oranlarının değişiklik gösterdiğini belirtmişlerdir. Buldukları sonuçlardaki genel geçerlilik daha sonraki araştırmacılar tarafından da kabul görmüştür (Şekil 2).

Şekil 2 incelenecek olursa, Paleozoyik'in sonlarında ortalama  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranı 0.078 olup, düşüş göstermiş ve Erken Jura devrinde oldukça düşük bir değer olan 0.70675'e varmıştır. Erken Kretase'nin başlangıcında bu oran 0.7090 olarak bulunmuş ve yeniden yükselmiştir. Benzer olarak Hodell ve diğ. (1989) ise Geç Neojen'deki (9-2 milyon yıl)  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranlarının değişkenliğini araştırmışlardır. Genel eğilim hernekadar bu oranın Geç Neojen süresince arttığı yönünde olsa da zaman zaman hızlı veya yavaş gelişen varyasyonlar da mevcuttur. Deniz suyundaki bu geçici varyasyonlar denizel sekansların korelasyonu için stratigrafik bir anahtardır ve aynı zamanda stronsiyumun okyanuslardaki jeokimyasal çevrimi hakkında da bilgi verir. Hodell ve diğ. (1989),  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranlarından eğriler üretmişlerdir (Şekil 3). Çalışmalarını Deep Sea Drilling Projesi kapsamında Caribbean, G. Atlantik ve GD. Pasifik'teki lokalitelerden elde edilmiş planktonik foraminiferalar üzerinde gerçekleştirmişlerdir.

Stronsiyumun okyanuslarda kalma süresinin (Residence time) uzun olması sebebiyle stronsiyumun izotopik bileşimindeki değişikliklerin milyonlarca yıl boyunca yavaş bir şekilde geliştiği tahmin edilmektedir. Yine de kısa periyotlarda da zaman zaman değişiklikler görülmüştür. Şekil 3'den görüldüğü üzere 9-5.5 Ma arası  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop değerleri yaklaşık sabit olup, 0.708925'tir. 5.5-4.5 Ma arasında ise bu değer 1.104 oranında artış göstermiştir. 4.5-2.5 Ma arasında ise ortalama 0.709025 değerine ulaşmıştır. Kısa periyotlarda  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranındaki bu ani artışların, okyanuslara Sr girişinin artışı ile doğru orantılı olduğu söylenebilir. Daha önce de değinildi-



**Şekil 3.** Burada yaklaşık 3 çizgisel hat görülmektedir. 8-5.5 milyon yıl arasında ortalama  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranı sıfıra yakın eğimle 0.709025'dir. 5.5.'dan 2.5 milyon yıla kadar her milyon yıl için  $1.10^{-4}$  oranında eğim artışı söz konusudur. 4.5.-2.5 milyon yıl arasında ise eğim tekrar sıfıra yakındır ve ortalama  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop değeri 0.709025'dir (Hodell ve diğ., 1989).

ği gibi okyanuslara stronsiyum girişi başlıca nehirler vasıtasıyla, hidrotermal çözeltilerle, karbonat çözülmesi, kıtaların kimyasal günlenmesi vb. gibi jeokimyasal proseslerle gerçekleşmektedir.

Okyanustalarda biriken sedimanlardaki stronsiyumun izotopik bileşimi ve konsantrasyonu başlıca iki bileşenin varlığıyla kontrol edilir: 1) Otijenik bileşenler (karbonat, silikat, sülfat ve sülfid), 2) Allojenik bileşenler (okyanuslara detritik parçalar olarak geçen ve çeşitli otijenik mineraller olarak çökelen). Allojenik mineral partiküllerinin içerdiği stronsiyumun izotopik bileşimi onların yaşlarına ve Rb/Sr oranlarına bağlıdır. Okyanustardaki otijenik bileşenler arasında karbonatlar en bol olan ve sedimandaki stronsiyumun büyük bir bölümünü kapsayan gruptur. Silikatlar, oksitler ve sülfatlar bazı tip sedimanlarda önemli oranlarda olabilirler; fakat genelde az miktarda stronsiyum içerirler. Otijenik bileşenlerde karbonat fraksiyonu kalsit ve aragonit biçiminde çökelmiş materyal olduğu gibi, biyojenik iskeletsel kalsiyum karbonatlar şeklinde de olabilir. Bu yüzden  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop çalışmalarında karbonatların büyük bir yeri vardır (Kaufman ve diğ., 1993).

#### $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotopu ile yaş tahminin önemi

Bir denizel karbonatın Sr-izotopik bileşimi direkt olarak ilksel kronometrik bilgiyi vermez. Buna karşın bu teknik bağımsız olarak tarihlendirilmiş denizel stratigrafik sekanslarla korelasyon için uygundur. Bir örneğin yaşını tanımlayan prosedürde, onun  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranının ölçümüyle bağımsız olarak tarihlendirilmiş bir  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotopundan elde edilmiş deniz suyu eğrisi karşılaştırılmalıdır. Yaş belirlemelerinin doğruluğu şunlara bağlıdır: 1) İlgilenilen zaman periyodu boyunca  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranındaki değişikliği izleyebilmeye, 2) İzotopik ölçümlerin kesinliğine, 3) Hem zaman hem de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotopundan elde edilen kalibrasyon eğrisinin doğruluğuna bağlıdır (Kaufman, 1993).

Sr-izotoplarının kronostratigrafik kullanımı esnasında tahminsel yaklaşımlar doğaldır. Çünkü okyanuslardaki stronsiyumun kalış zamanı (residence time =  $4.10^6$  yıl), okyanusların karışım zamanıyla karşılaştırıldığında (yaklaşık 103 yıl) uzundur (Broecker ve Peng, 1982). Deniz suyunun stronsiyum izotop bileşimi herhangi bir zamanda dünya ölçeğinde homojen ve sabittir (Hodell ve diğ., 1989; Kaufman ve diğ., 1993).  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotopu ile yaş tahminleri, yaş verebilecek mikrofosillerin bulunmadığı veya volkanik kül tabakalarının olmadığı zamanlarda çoğunlukla en iyi jeokronolojik veridir. Denizel stronsiyumun belirli izotopik homojenliği sebebiyle, sedimanter veya biyojenik karbonatlardaki  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranları ile ölçüt olarak kullanılarak denizel ve denizel olmayan ortamlar arasında bir ayırım yapılabilir (Faure, 1977). Örneğin Faure ve Baurett (1973)'in bir çalışmasında Transantartik dağlarının Beacon süper grubundaki Devoniyen-Geç Triyas yaşlı denizel olmayan kayalar, onunla eş zamanlı olan ve denizel orijinli olan kayalarla karşılaştırılmıştır. Burada denizel olmayanların oldukça belirgin bir şekilde radyojenik stronsiyum açısından zengin olduğu anlaşılmıştır. Bu ölçüt herhangi bir yerde uygulanabilir ve denizel olmayan karbonat sekanslarındaki çalışmalar için faydalı olabilir. Yine Sr-Kronostratigrafi çalışmaları denizel karbonat ortamlarından sığ su (shallow water), yakın kıyı (near shore), deniz kenarı (marginal marine) veya akarsu (fluvial) ortamlarında veyahutta bu gibi ortamların birarada olduğu durumlarda da kullanılabilir. Özellikle yakın kıyı/deniz kenarı ortamlarındaki karbonatlar denizel olmayan detritiklerle kirlenme için büyük bir potansiyeldir. Detritikler içindeki partiküllerdeki Sr-izotop bileşimi, o lokalitelerdeki deniz suyunun Sr-izotop bileşimini etkileyebilir. Yine bu bölgelerde denizel regresyon dönemlerinde yarı kurak ortamlar oluşabilir. Bu aralıklar boyunca karbonatların Sr izotop bileşimleri yeraltı suyundaki stronsiyum ile etkilenebilir. Böyle değişiklikler sonucu ortamda deniz suyundakinden oldukça farklı bir Sr izotop bileşimi gelişecektir (Kaufman ve diğ., 1993). Deniz kenarı ortamlarına bir akarsu etkisi söz konusu olduğunda ise, ilk önce ortamdaki canlıların, örneğin mollusklerin  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranları etkilenecektir (Bryant ve diğ., 1995). Bu şekilde Sr-kronostratigrafisi yorumları için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Genellikle denizel ortamlar için doğru denklemleri uygulanırken, karışık ortamlar için iki bileşenli denklemler ve hiperbolik eğriler kullanılmaktadır (Faure, 1977 ve Bryant ve diğ., 1995).

#### Biyojenik iskeletsel kalsiyum karbonatlardaki $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranı ile yapılan kronostratigrafik çalışmalar

Çeşitli araştırmacılar tarafından şimdiye kadar nannoplanktonlar, planktonik foraminiferler, omurgalılar ve omurgasızlar (özellikle molluskler) gibi yapılarında  $\text{CaCO}_3$  bulunan organizmalar üzerinde  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop ölçümleri yapılmış ve

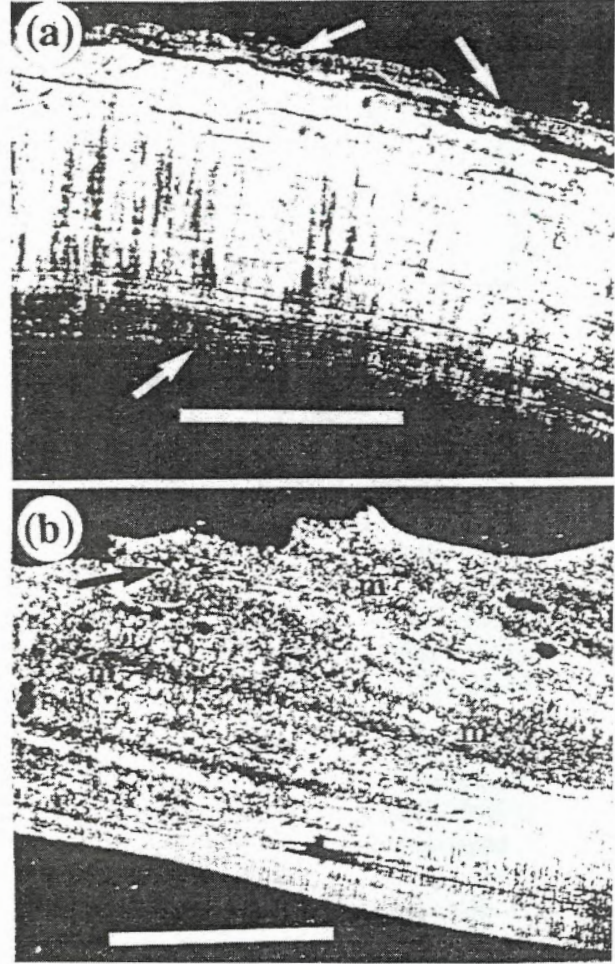
çeşitli kronostratigrafik yorumlara gidilmiştir. Burada yapılan çalışmalardan birkaçı konuyu açıklayıcı olması bakımından örnek olarak seçilmiştir. Örneklere geçmeden önce  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop kronostratigrafi çalışmalarının amacı ve laboratuvar tekniğine kısaca değinilecektir.

### Uygun örnek seçimi

Biyolojik materyalin  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  metoduyla tarihlendirilmesi, uygun örneklerin seçimiyle başlar. Analiz için seçilen bireylerin aynı zamanda oluşmuş olmalarına yani aynı horizontan alınmış olmalarına dikkat edilmelidir. Böylelikle bu örnekler kuramsal olarak aynı ilksel  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranına sahiptirler (Faure, 1977). Bu tip bir çalışma için en ideal örnekler mollusklerdir ve bir çok çalışmada yaygın olarak kullanılmışlardır (Webb ve diğ., 1989; Jones ve diğ., 1991; Bryant ve diğ., 1992; Bryant ve diğ., 1995 ve Kaufman ve diğ., 1993). Bir mollusk kavkısındaki  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranı mevsimsel değişikliklere karşı hassastır (Bryant ve diğ., 1995). Analiz için uygun örneklerin seçimi sırasında, bunların diyajenez veya alterasyon izini taşımadıklarına emin olmak gerekir. Örneğin Kaufman ve diğ. (1993) çalışmaları sırasında örnek seçiminin önemini vurgulamışlar ve analiz ettikleri Pliyosen-Pleistosen yaşlı mollusk kavkılarını önce petrografik olarak incelemiştir. Buna göre ince kesitlerde alterasyon derecesi kabuktan kabuğa değişmektedir (Şekil 4). İlksel durumlarını koruyamamış kavkılarının  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranlarının, eş yaşlı diğerlerinden belirgin bir biçimde farklı olduğu ortaya çıkmıştır. Bu da, uygun örnek seçilmemesi durumunda sonuçların hatalı yorumlara götürüleceğini kanıtlamaktadır.

Kaufman ve diğ. (1993), diyajenezin ilk sinyallerini en genç kavkılarda (Geç Pleistosen) bulmuşlardır. Diyajenezin daha ileri safhalarını gösteren kavkılardaki mikrit oranı yüksektir ve orjinal mikroyapılarına ait detaylar belirsizdir. İncelenen mikroyapısı bozulmamış kavkılar aragonit bileşimli olup, *Hiatella arctica*, *Astarte* ve *Mya*'ya aittir. Araştırmacılar, diyajenezin  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranı üzerindeki etkisini daha iyi gözlemleyebilmek için, böyle bir kavkının kalınlığı boyunca dıştan içe doğru delmişler; çıkan karot üzerinde 5 ayrı noktada izotop değerlerini ölçmüşlerdir (Şekil 5).

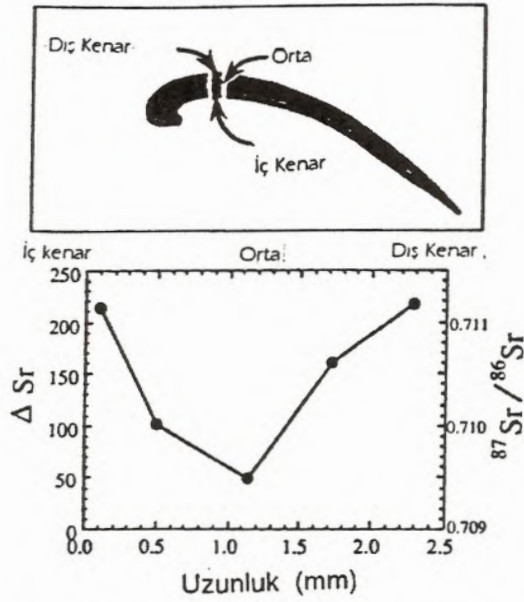
Buna göre kabuk kenarlarına doğru  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranı sistematik olarak artış göstermektedir. Bu sonuç, kabuk büyümesinden sonra kavkının dış kısmından iç kısmına doğru yüksek  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranıyla diyajenezin etkisini göstermektedir. Kaufman ve diğ. (1993), bazı kavkılarda beklenenden daha yüksek izotop oranlarının, diyajenez etkisi ve depolanma sonrası alterasyonu temsil ettiği düşüncesine ulaşmışlardır.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  kronostratigrafi tekniklerin başarılı bir şekilde uygulanması için bu tip değişikliklerden etkilenmemiş kavkılarının seçilmesi gerekmektedir (Webb ve diğ., 1989; Kaufman ve diğ., 1993).



Şekil 4. a) İlksel, b) Altere olmuş fosil mollusk kavkısının çapraz nikoldeki ince kesit fotoğrafı. İlksel bileşimini koruyabilmiş kavkıda prizmatik mikroyapı iyi görülmektedir. Bunlar kavkı kenarlarına diktir. Büyüme çizgileri ise kavkı kenarlarına paralel yönlenmiştir. Altere olmuş kavkıda ise (b) kavkı delikleri ve çatlaklar içermektedir. Buralar genellikle karbonat çimentosu tarafından doldurulmuştur (siyah oklarla gösterilen). Prizmatik mikroyapının yerini nadir olarak gözlenen ve yönlenmiş mikrokristaller almıştır. Ölçek bar = 1 mm'dir (Kaufman ve diğ., 1993).

### Örneklerin $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop analizi için hazırlanması

Mollusk kavkıları  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop analizi için hazırlanırken yukarıda belirtildiği şekilde uygun örnekler seçildikten sonra, kavkılarının dış tabakası öğütme ile ayrılmalı ve analiz için sadece iç kısım kullanılmalıdır. Bundan sonra iç kısım pudra şeklinde öğütülür. Distile suyla yıkandıktan sonra seyreltilmiş hidroklorik asit içerisinde çözülür. Genellikle 1-2 mg büyüklükteki parçalar analiz için yeterlidir. Bundan sonra solüsyonda iyon alışverişiyle stronsiyum ayrı bir yerde toplanır. En son işlemden örnekler kütle spektrometrelerinde ölçülecek



Şekil 5. Bir mollusk kavkısından delinerek alınan örnek üzerinde 5 ayrı noktada yapılmış  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop ölçümleri (Kaufman ve diğ., 1993).

hale getirilir. Ölçümler analitik hatalar da gözönünde bulundularak standartlara uygun hale getirilmelidir. (EN-1 modern karbonat standartı:  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.709178$  veya NBS standartı  $\text{SrCO}_3$  (NBS-987) = 0.710244 gibi; Webb ve diğ., 1989; Bryant ve diğ., 1992; Kaufman ve diğ., 1993; Bryant ve diğ., 1995).

#### Denizel ortamlardaki $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotopu ile yaş yorumları

Burada verilecek ilk örnek Doğu Florida'da Bryant ve diğ. (1992)'nin yapmış olduğu bir çalışmadır. Burada Alum Bluff ve Hawthorn grublarının Erken-Orta Miyosen yaşlarını yeni-

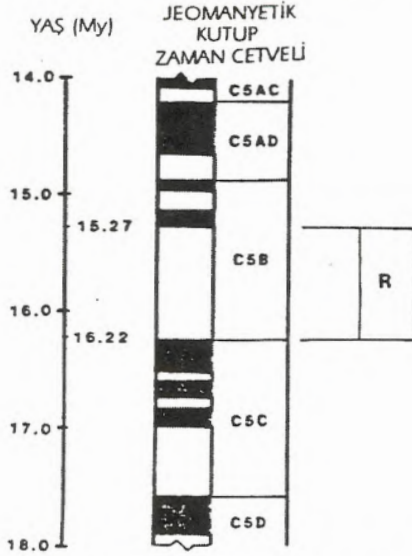
den kurmak için diğer jeokronolojik metotlarla beraber Sr-kronostratigrafisinden de faydalanmışlardır. Hawthorn grubuna ait Torreyia formasyonu silisiklastik bileşimli olup, temele doğru karbonat içeriği artar. Denizel, brakış ve karasal koşulları temsil eden fosilleri içermektedir. Bentik foraminiferlerden *Elphidium* sp. ve *Ammonia* sp. boldur. Denizel mollusk çeşidi ise azdır. Formasyonun karasal üyesinden memelilere göre elde edilmiş yaş "Barstovian"dır. Stronsiyum yaş tahmini için formasyondan denizel molluskler toplanmıştır. Bunlar, *Ostrea* sp., *Crassostrea* sp., *Chlamys nematopleura* ve *Carolia floridina* kavkılarıdır. *Ostrea*, *Crassostrea* ve *Chlamys* cinslerinin temsil ettiği müderrn kavkı mineralojisi kalsit olarak bilinmektedir (Miliman, 1974). *Carolia* ise sönmüş bir cinstir. Fakat bağlı olduğu *Anomidae* familyası üyelerinin çoğunluğu % 83-%95 oranında kalsit bileşimlidir (Miliman, 1974). Kavkılarının  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop analizine hazırlanması ve elde edilen ölçümlerin değerlendirilmesinden sonra, Torreyia formasyonu için yaş tahminleri yapılmıştır. Buna göre formasyonun yaşı 14.7 ile 16.6 Milyon yıl arasındadır; manyetostratigrafik ölçümlere göre ters manyetik kutuplanma gösterir ve muhtemelen C5B-R kronu ile korele edilebilir. Diğer sonuçlarla birlikte değerlendirildiğinde formasyonun yaşı 19-15.3 Milyon yıl olarak yeniden önerilmiştir (Bryant ve diğ., 1992).

Alum Bluff grubuna ait Chipola formasyonun ise Torreyia formasyonundan daha genç olduğu düşünülmüş ve stratigrafik durumlarına ve biyokronolojik farklılıklarına göre N7 ve N8 planktonik foraminifer zonları ile korele edilmiştir. Chipola formasyonu fosilce zengin kumlu kireçtaşından oluşur. Çok küçük brakış etkisiyle bir yakın kıyı/shelf ortamını temsil etmektedir.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop analizleri için denizel mollusk örnekleri formasyonun en üstünden toplanmıştır. Analiz edilen örneklerin tümü *Mercenaria longdani*'dir. *Mercenaria* cinsinin güncel kavkılarının aragonit bileşime sahip oldukları bilin-

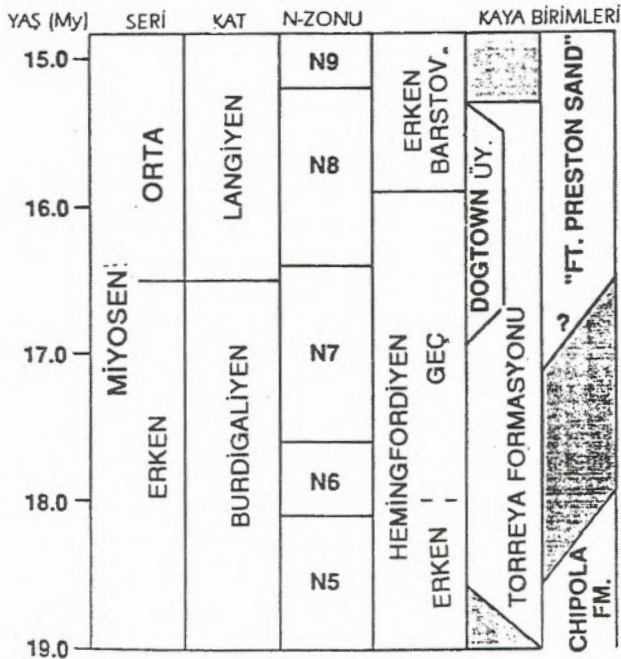
Tablo 1. Torreyia ve Chipola formasyonlarındaki mollusklerin  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranları, Sr/Ca verileri ve yaş tahminleri (Bryant ve diğ., 1992).

Örnek	Taxa	Sr/Ca $\times 10^{-3}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Model yaşlar		
				(1)	(2)	(3)
SR1	O,C	1.07	0.708906	8.4	8.1	9.1
SR2	O,C	1.26	0.708808	12.6	14.9	15.0
SR3a	Ch	2.31	0.708758	14.7	15.6	15.8
SR3b	Ch	2.67	0.708753	14.9	15.6	15.9
SR4	O,C	1.02	0.708759	14.7	15.6	15.8
SR5	O,C	0.507	0.708882	9.5	9.0	11.0
SR6	Ch	0.723	0.708751	15.0	15.7	15.9
SR7	Ca	1.61	0.708701	16.6	16.3	16.8
SR8	O,C	0.474	0.708590	18.4	17.7	18.6
C1	M	4.02	0.708593	18.4	17.6	18.6
C2	M	4.24	0.708600	18.3	17.5	18.5
C3	M	4.09	0.708563	18.9	18.0	19.1
C4	M	3.74	0.708580	18.6	17.8	18.8

mektedir (Miliman, 1974). Toplanan örneklerin analizi sonucu  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotopu 18.3 ile 18.19 (Erken Miyosen) yaşını vermiştir. Bu yaş formasyon içerisindeki karasal birimden alınan memeli faunası tarafından da desteklenmiştir. Bütün sonuçların ışığı altında bölgede daha önce stratigrafik ilişkileri bilinmeyen bu iki formasyonun dolaylı yoldan ilişkileri kurulmuştur. Tablo-1 Torreya ve Chipola formasyonlarındaki molluskler üze-



Şekil 6. Jeokronolojik verilerin birleştirilmesiyle C5B-R ile yapılan korelasyon (Bryant ve diğ., 1992).



Şekil 7. Torreya ve Chipola formasyonlarına ait jeokronolojik verilerin özetlenmesiyle yeniden teklif edilen yaşları (Bryant ve diğ., 1992).

rinde yapılan  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop ölçüm değerlerini ve yaş tahminlerini, Sr/Ca verilerini göstermektedir. Şekil 6 ise Bergren ve diğ.'nin jeomanyetik kutup zaman cetveli ile korelasyonunu göstermektedir. Şekil 7 ise tüm sonuçların değerlendirilmesi sonucu formasyonların yeni yaşlarını göstermektedir.

Bir diğer örnek, Kaufman ve diğ. (1993) tarafından yapılmış bir çalışmadır. K. Amerika kutup kıyıları çevresindeki denizel depolardan çıkartılan 53 Pliyosen ve Pleistosen kavkısı üzerinde  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop ölçümleri gerçekleştirilmiş ve kronostratigrafik amaçlı olarak kullanılıp kullanılmayacağı test edilmiştir. Fosil kavkılarında bazıları biyokronolojik yaş tahminleriyle uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte birçok kavkı farklı yaşlar vermiştir. Kaufman ve diğ. (1993)'nin ulaştıkları fikre göre  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotopunun güvenilir bir anahtar olabileceği düşünülmeden önce elde edilen denizel kavkılarının izotop bileşimlerini kontrol eden proseslerin iyice anlaşılması gereklidir. Buna göre her denizel birim örneği için önceden bilinen yaşlarıyla stronsiyum izotoplarıyla elde edilen yaşlar karşılaştırılmıştır. Örneklerin büyük bir kısmı Arktik okyanusunun K. Amerika kıyısı boyunca nehir sırtı (river-bluff) ve denizel kıyı çizgisinden toplanmıştır (Şekil 8 ve 9) Örnekler üzerinde daha öncede bahsedildiği gibi, diyajenez etkisinin olup olmadığı ayrıntılı olarak araştırılmıştır (Şekil 4 ve 5). Daha sonra  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop ölçümleri gerçekleştirilmiş ve grafik üzerinde en uygun eğriler çizilmiştir (Şekil 10).

Eğrileri yeniden kurabilmek için bir bilgisayar programı uygulanmış ve aşağıdaki denklem kullanılmıştır:

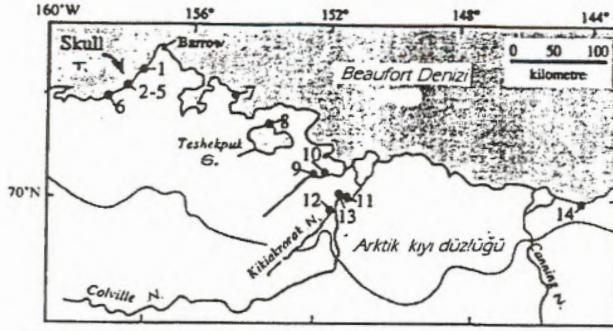
$$\Delta\text{Sr} = (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{örnek}} - (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{standart}} \cdot 10^5$$

$$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{standart}} = 0.709178 \text{ 'dir.}$$

Kalibrasyon eğrisinde 5.0 milyon yıldan 3.0 milyon yıla kadar  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  oranında pek bir artış görülmemektedir. 3.0 milyon yıldan sonra uzun bir dönem 0.3 milyon yıla kadar izo-



Şekil 8. Analiz edilen örneklerin toplandığı lokaliteler (Kaufman ve diğ., 1993).



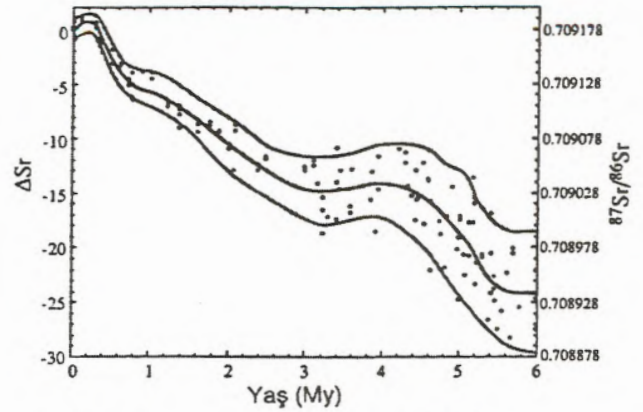
Şekil 9. Alaska Arktik kıyı düzlüğündeki mollusklerin toplandıği lokaliteler (Kaufman ve diğ., 1993).

top oranı düzenli olarak artar. 0.3 milyon yıldan sonra ise tekrar düşer. Pliyosen ve Pleistosen boyunca tekniğin zaman olarak kararlılığı 0.4-0.3 milyon yıl arasındadır. Çalışmanın ikinci adımında Beaufort Denizi şelfine ait dipteki sudan alınan güncel dört mollusk örneği üzerinde  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranları ölçülmüştür (Tablo II). Güncel örnekler üzerinde yapılan çalışmaların geçmişteki olayları aydınlatmaları açısından önemleri çok büyüktür. Her ne kadar analiz miktarı küçük olsa da, örnekler sığ derinliklerden (7 ve 15 m) ve yaz mevsiminde alınmıştır. Böylece canlılar herhangi bir nehir suyu girişi veya deniz buzulu erimesine karşı duyarlı olacaklardır. Bugünkü oşinografik koşullar altında Beaufort Denizi'nin  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop bileşiminin dünya denizlerindekiyle dengede olduğu sonucuna varılmıştır. Daha sonra Alaska bölgesinde (Şekil 9) arktik kıta düzlüğünün çeşitli lokalitelerinden alınan fosil molluskler üzerinde analizler yapılmıştır. Bölgede önceki çalışmacılarca 6 transgresif olay bilinmektedir. Bu olaylar Pliyosen-Pleistosen aralığında gerçekleşmiştir.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop ölçümleri toplam 38 denizel fosil mollusk üzerinde yapılmıştır (Tablo III).

Tablo II. Alaska, Beaufort ve Bering denizlerindeki deniz tabanından toplanan güncel mollusklerin  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop analiz sonuçları (Kaufman ve diğ., 1993).

Arazi Tanımlama No.	Lokasyon		Su derinliği (m)	[Sr] (ppm)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$\Delta\text{Sr}''$
	En. (N)	Boy. (W)				
Taban Suyu (Beaufort Denizi)						
89ACr1A	70°24.7'	148°00.0'	7	8	0.709173	-0.5
89ACr1B	70°24.7'	148°00.0'	7	8	0.709173	-0.5
89ACr2A	70°40.0'	150°02.0'	15	8	0.709179	+0.1
89ACr2B	70°40.0'	150°02.0'	15	8	0.709176	-0.2
Astarte (Beaufort Denizi)						
71AJT22	70°35.5'	148°30.0'	20	2097	0.709185	+0.7
71AJT22	70°35.5'	148°30.0'	20	2097	0.709193	+1.5
LACM88	69°59.3'	144°46.8'	9	892	0.709172	-0.6
Macoma (Bering Denizi)						
AH8	64°17'	165°28'	18	5185	0.709178	0.0

$$\Delta\text{Sr} = [ (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{g}} - (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{s}} ] \times 10^5.$$



Şekil 10. Pliyosen ve Pleistosen süresince  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranının evrimi (Kaufman ve diğ., 1993).

Analiz sonuçları değerlendirildiğinde, bölgedeki en eski transgresyon Colvillian transgresyonudur. Buraya ait yapılan 9 ölçümden 7'si -3.1 ile -5.8  $\Delta\text{Sr}$  değerine sahiptir. Ortalama olarak -4.5 değeri kabul edilmiştir (Gösterdiği yaş: 4.8-1.9 milyon yıl arası). Daha sonra Bigbendian transgresyonu için 6 analizden 5'ine göre  $\Delta\text{Sr}$  değeri = -12.5'dur. Bu da yaş olarak yine 4.8-1.9 milyon yıl arasına karşılık gelmektedir ve kalibrasyon eğrisinde 2.4 milyon yılı kesmektedir. Bu yaş bağımsız olarak elde edilmiş 2.48 milyon yıl yaşı ile de uyumludur. Bunun gibi benzer olarak Fishcreekian transgresyonu için izotop değeri -5.4 olup, 1.4 ile 0.6 milyon yıl arasında bir değeri vermektedir. Bu veri de aminoasitlere göre yapılmış yaş tahminleriyle uyumlu, fakat paleontolojik yaşlarla uyumsuzdur. Winwrightion transgresyonu için  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop yaş tahmini ise, 0.6 ile 0.4 milyon yıl arasındadır. Bu da yine uranyum ve aminoasit verileriyle uyumludur. Pelukian transgresyonu için

Arazi tanımlama No.	Harita Yeri	Denizel transgresyon veya formasyon	Lab. tanımlama No. <sup>a</sup>	alle/ile <sup>c</sup>	[Sr] (ppm)	<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr	ΔSr <sup>d</sup>
<b>ALASKA (FIG. 2)</b>							
Batı Arktik kıyı düzlüğü							
80AKb214	1	Pelukian	<i>Hiatella</i> 5457A	0.022	1580	0.709178	0.0
81AKb371	2	Wainwrightian	<i>Hiatella</i> (?) 5458A	0.047	3780	0.709148	-3.0
81AKb371	2	Wainwrightian	<i>Hiatella</i> (?) 5459A	0.034	2880	0.709153	-2.5
80AKb100	2	Fishcreekian	<i>Hiatella</i> 5460A	0.100	2090	0.709136	-4.2
80AKb100	2	Fishcreekian	<i>Mya</i> 5461A	0.069	2010	0.709137	-4.1
81AKb410	3	Fishcreekian	<i>Hiatella</i> 5462A	0.089	1540	0.709122	-5.6
81AKb410	3	Fishcreekian	<i>Mya</i> 5463A	0.056	1060	0.709119	-5.9
80AKb137	4	Bigbendian	<i>Hiatella</i> (?) 5464A	0.085	2130	0.709106	-7.2
81AKb432	5	Bigbendian	<i>Mya</i> 5612B	0.127	2600	0.709119	-5.9
80AKb152	6	Colvillian	<i>Hiatella</i> 5613A	0.226	3100	0.709121	-5.7
80AKb152	6	Colvillian	<i>Hiatella</i> 5613C	0.223	2410	0.709120	-5.8
80AKb152	6	Colvillian	<i>Hiatella</i> (?) 5465A	0.240	1790	0.709130	-4.8
(Merkezi Arktik kıyı düzlüğü							
87ACR028A1a	7	Simpsonian	<i>Astarte</i> 6122A	0.027	900	0.709179	0.1
87ACR028A1b	7	Simpsonian	<i>Astarte</i> 6122B	0.028	1600	0.709189	1.1
87ACR018A1c	7	Simpsonian	<i>Astarte</i> 6122C	0.022	2810	0.709182	0.4
81ACr008A	8	Pelukian	<i>Hiatella</i> 5946A	0.016	2540	0.709185	0.7
87ACr025	8	Pelukian	<i>Hiatella</i> 5500A	0.016	1610	0.709200	2.2
87ACr025	8	Pelukian	<i>Hiatella</i> 5500B	0.017	1710	0.709198	2.0
78ACrII081b	9	Fishcreekian	<i>Hiatella</i> 3037B	0.086	1570	0.709127	-5.1
78ACrII081c	9	Fishcreekian	<i>Hiatella</i> 3037C	0.086	2040	0.710023	84.5
90ACr024A1a	9	Fishcreekian	<i>Hiatella</i> 6450A	0.066	—	0.709113	-6.5
90ACr024A2a	9	Fishcreekian	<i>Hiatella</i> 6450B	0.086	—	0.709112	-6.6
90ACr024A3a	9	Fishcreekian	<i>Hiatella</i> 6450C	0.056	—	0.709109	-6.9
88ACr87A1	10	Fishcreekian	<i>Hiatella</i> 5616A	0.099	2270	0.709141	-3.7
88ACr87A2	10	Fishcreekian	<i>Hiatella</i> 5617A	0.098	2450	0.709122	-5.6
88ACr87A3	10	Fishcreekian	<i>Hiatella</i> 5945A	0.058	1600	0.709172	-0.6
89ACR003D1e	11	Bigbendian	<i>Hiatella</i> 6124A	0.108	5910	0.709057	-12.1
89ACR003D1f	11	Bigbendian	<i>Hiatella</i> 6124B	0.122	1290	0.709054	-12.4
89ACR003D1g	11	Bigbendian	<i>Hiatella</i> 6124C	0.121	1100	0.709051	-12.7
75ACr25m	11	Bigbendian	<i>Hiatella</i> 5944A	0.135	1520	0.709081	-9.7
86ACr029	11	Bigbendian	<i>Hiatella</i> 5490C	0.103	2200	0.709057	-12.1
83ACr195A	11	Bigbendian	<i>Hiatella</i> 5618A	0.132	2250	0.709048	-13.0
88ACr88A1	12	Colvillian	<i>Hiatella</i> 5614A	0.277	2290	0.709072	-10.6
88ACr88C1	12	Colvillian	<i>Hiatella</i> 5943A	0.248	1490	0.709136	-4.2
89ACr009A1b	12	Colvillian	<i>Hiatella</i> 6125A	0.277	1470	0.709139	-3.9
89ACr009A2b	12	Colvillian	<i>Hiatella</i> 6125B	0.288	1420	0.709147	-3.1
89ACr009A3b	12	Colvillian	<i>Hiatella</i> 6125C	0.244	1250	0.709137	-4.1
88ACr89A1	13	Colvillian	<i>Hiatella</i> 5615A	0.242	3020	0.709951	-12.7
Doğu arktik kıyı düzlüğü							
87ACr017A	14	Sagavanirktok Fm.	<i>Arctica</i> 5392A	0.970	2130	0.708523	-65.5
<b>ALASKA (FIG. 1)</b>							
Doğu Kotzebue ağzı							
87-10D	15	Anvilian	<i>Astarte</i> 5628A	0.073	1640	0.709178	0.0
87-10G	15	Anvilian	<i>Astarte</i> 5629A	0.061	1260	0.709178	0.0
Nome							
DK88-61	16	Anvilian	<i>Mya</i> 5518C	0.100	1370	0.709216	3.8
BH5-9	16	Anvilian	<i>Astarte</i> 5545A	0.110	1830	0.709236	5.8
M1038	16	Beringian III	<i>Hiatella</i> 5738B	0.424	1980	0.709529	35.1
M1038	16	Beringian III	<i>Hiatella</i> 5738E	0.444	1300	0.709163	-1.5
M1248	16	Beringian III	<i>Hiatella</i> 5737A	0.399	1940	0.709497	31.9
M1079	16	Beringian II	<i>Hiatella</i> 5452A	0.567	1220	0.709139	-3.9
M1079	16	Beringian II	<i>Hiatella</i> 5452B	0.550	1380	0.709218	4.0
M1081	16	Beringian II	<i>Hiatella</i> 5450B	0.516	2130	0.709210	3.2
DK88-62	16	Beringian II	<i>Hiatella</i> 5520B	0.594	1550	0.709411	23.3
BH22-9	16	Beringian II	<i>Mya</i> 5622A	0.511	4110	0.709886	70.8
BH22-12	16	Beringian I	<i>Mya</i> 5621A	0.620	3050	0.709201	2.3

Tablo III. K. Amerika arktik bölgedeki denizel fosil molluskler üzerinde yapılmış <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr izotop analiz sonuçları (Kaufman ve diğ., 1993).



ortalama 1.2  $\Delta Sr$  değeri bulunmuş olup, 0.3-0.1 milyon yıl yaşını vermiştir. Bu da en son Holosen öncesi interglasiyal dönemle uyumlu bir sonuçtur. Son transgresyon ise Simpsonian transgresyonudur. Buradaki ortalama  $\Delta Sr$  değeri 0.5 olup, 0.4-0.0 Milyon yıl yaşını vermiştir. Sr-yaş tahminleri toplam olarak 14 stratigrafik üniteden 7'sinde ve 22 lokaliteden 9'unda bağımsız yaş tahminleriyle uyumludur. Yani orta ve geç Pleistosen depolarındaki kavkılarda ölçülen hemen hemen birçok  $^{87}Sr/^{86}Sr$  izotop oranları beklenen değerlerle uyumlu olarak bulunmuştur. Daha yaşlı depolarda bu oran düşmektedir (Kafman ve diğ., 1993).

Bir başka araştırmada Cox ve Faure (1974), Würm buzullaşmasından sonra Karadeniz'de tatlı sudan denizel ortama geçişte sedimanlardaki karbonat fazlarında yer alan stronsiyumun izotopik bileşiminde bir değişiklik olup olmadığını araştırmışlardır. Daha önce de bahsedildiği gibi modern deniz suyundaki  $^{87}Sr/^{86}Sr$  izotop oranının değeri sabit olup, 0.709'dur. Tatlı sudaki stronsiyumun izotopik bileşimi ise jeolojik zamanlar ve kayalardaki Rb/Sr oranlarına bağlıdır. Bu sebeple de  $^{87}Sr/^{86}Sr$  izotop oranları denizlerden oldukça farklı değerlere sahiptir. Örneğin Faure ve diğ. (1963), K Amerika'daki Prekambriyen örtüsü üzerindeki göller ve nehirlerde yaşayan tatlı su mollusklerinin  $^{87}Sr/^{86}Sr$  izotop oranlarının 0.715 ile 0.726 değerleri arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

$^{87}Sr/^{86}Sr$  izotop oranları bakımından Karadeniz'deki durum da ilginçtir. Yaklaşık 4 metre kalınlığındaki karotlar günlük kalsiyum karbonatları içermektedir. Postglasiyal sediman tabakaları başlıca kokolitleri (*Emiliana huxleyi* (Lohman))'i içermektedir. Bahsedilen bu tür, Würm buzullaşmasının hemen sonrasında birdenbire ortaya çıkmıştır (Cox ve Faure, 1974). Tabii ki bunun sebebi östatik deniz seviyesi değişiklikleri sonucu Akdeniz ile Karadeniz'in yeniden bağlantı kurmasıdır. Buna göre *Emiliana huxleyi* türü Karadeniz'deki ortam-

**Tablo IV.** Karadeniz'deki iki karottaki karbonat fazlarında ölçülmüş  $^{87}Sr/^{86}Sr$  izotop oranları (Cox ve Faure, 1974).

	Derinlik (cm)	$\frac{Sr^{87}}{Sr^{86}}$	$\left(\frac{Sr^{87}}{Sr^{86}}\right)$
Karot 1474P	0	0.1193	0.7098 ± 0.0002
"	200	0.1194	0.7072 ± 0.0003
"	400	0.1181	0.7073 ± 0.0004
"	600	0.1181	0.7074 ± 0.0003
"	800	0.1190	0.7092 ± 0.0004
"	1,000	0.1183	0.7069 ± 0.0003
"	1,158	0.1183	0.7063 ± 0.0001
Karot 1445P	0	0.1180	0.7093 ± 0.0002
"	81	0.1182	0.7075 ± 0.0002
"	357	0.1186	0.7074 ± 0.0002
Karadeniz su istasyonu 146S (35 m) Dört örneğin ortalaması		0.1188	0.7093 ± 0.0007
Eimer ve Amend standartı, (Lot No. 492327) beş ölçüme dayandırılmıştır		0.1184	0.7077 ± 0.0005 (1σ)

sal değişikliklerin göstergelerinden biridir. Adı geçen araştırmacılar, analiz için örnekleri düzenli aralıklarla almaya özen göstermişlerdir. Uyguladıkları  $^{87}Sr/^{86}Sr$  izotop analizleri sonucu elde ettikleri değerler Tablo IV'de verilmiştir.

Karotlardaki sedimanlar litolojik olarak üç bölüm halinde- dir. En üstteki birim yaklaşık 30 cm kalınlığında olup, geniş ölçüde *Emiliana huxleyi* içerir. Orta ünite 40 cm kalınlığında olup, organik maddece son derece zengindir. En alttaki birim ise açık ve koyu renkli sedimanların ardışıklı olarak görüldüğü bir istiftir. Bunun kalınlığı karot boyunun yetersizliği sebebiyle bilinmemektedir. Bu birimdeki karbonatlar da yine kokolitçe zengindir. En üstteki sedimanların tabanı ve organik maddece zengin tabakanın tabanı sırasıyla  $C^{14}$  yöntemine göre  $3.090 \pm 140$  ve  $7.090 \pm 180$  bin yıl yaşlarını vermiştir. Buna göre üstteki iki birim postglasiyal dönemi temsil etmektedir. Alt- taki üçüncü birim ise Würm buzullaşması süresince oluşmuş- tur. Analiz sonuçlarına göre en alttaki birimden alınan örnek- lerin karbonat fazlarının  $^{87}Sr/^{86}Sr$  izotop oranları, ortalama 0.7073 değerine sahiptir. Organik maddece zengin tabakadan analiz yapılmamıştır. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde açıkça görülmüştür ki, üstteki kalsiyum karbonatça zengin bir- rimdeki  $^{87}Sr/^{86}Sr$  izotop oranı, daha alttaki benzer birimdeki- den daha yüksektir. Bu değerler ise sırasıyla 0.7098 ve 0.7093 şeklindedir. Cox ve Faure (1974) sonuçta, Würm buzullaşma- sının azalan evreleri boyunca Karadeniz'in tatlı sudan denizel ortama geçtiğini belirtmişlerdir.

#### Karışık (Denizel/Akarsu) ortamlarındaki $^{87}Sr/^{86}Sr$ izotop denklemi ve yaş yorumları

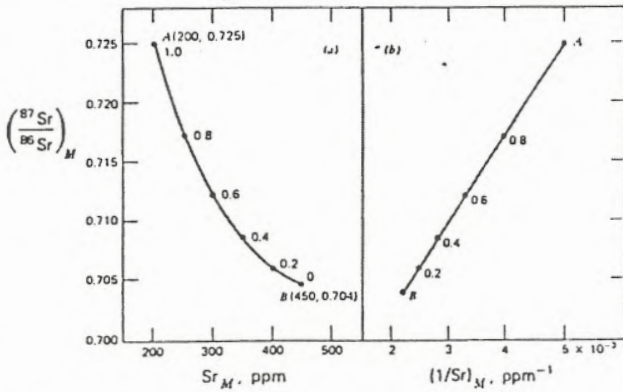
Jeolojik prosesler sonucu farklı  $^{87}Sr/^{86}Sr$  izotop bileşimle- rine sahip materyaller birbirine karışabilir. Bu tip bir karışım örneğin, denizel veya gölgesel bir ortama nehir suyunun boşal- ması şeklinde olabilir. Bu tip bir olayda Sr izotop oranlarını ayırt etmek ve yaş doğru bir şekilde tesbit etmek için iki bile- şenli denklemlerden yola çıkılmaktadır (Faure, 1977). Yani A ve B gibi iki bileşene sahip karışımlarda farklı  $^{87}Sr/^{86}Sr$  izotop oranlarının yanı sıra, stronsiyumun farklı konsantrasyonları da değerlendirilir. Bu denklemlerden elde edilen eğriler hiperbol- ler şeklindedir (Şekil 11).

Şekil 11-a'da A ve B gibi iki bileşen tarafından biçimlen- dirilmiş karışım hiperbol eğrisi görülmektedir. Hiperboldeki koordinat noktaları karışım parametresi f'in seçilen değerleri için şu eşitlikten hesaplanmıştır:

$$\begin{aligned} \text{Buna göre, } (^{87}Sr/^{86}Sr) &= 0.725 & SrA &= 200\text{ppm} \\ (^{87}Sr/^{86}Sr) &= 0.704 & SrB &= 450\text{ppm'dir.} \end{aligned}$$

Şekil 11-b'de ise, stronsiyum konsantrasyonlarının karşı- lıklı olarak çizilmesiyle hiperbol eğrisi düz bir hat şekline dö- nüştürülmüştür (Faure, 1977).

İki bileşenli karışım modellerine örnek olarak Bryant ve diğ. (1995)'nin çalışması örnek verilecektir. Bryant ve diğ. (1995), deniz kenarı (marginal marine) ortamını örnek olarak



Şekil 11. a) A ve B bileşenleriyle elde edilmiş karışım hiperbolü, b) Karışım eğrisinin düz bir hat şeklinde dönüştürülmesi (Faure, 1977).

ele almışlardır. Normalde böyle ortamlardaki mollusk kavkılarını normal deniz suyuyla Sr-izotop dengesine sahiptir. Eğer ortama bir tatlı su akımı gerçekleşirse, bu denge bozulabilir. Denizel bir ortama tatlı su karışımının önemi paleoekolojik (Schmitz ve diğ., 1991) ve kimyasal oşinografik çalışmalarla (Müller ve diğ., 1990; Anderson ve diğ., 1992) kanıtlanmıştır. Bryant ve diğ. (1995), böyle ortamlarda yaşayan mollusklerin  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranları üzerindeki tatlı su akımı etkisini araştırmışlar ve kronostratigrafik yorumların nasıl etkilenebileceğini ortaya koymuşlardır. Bunun için de iki bileşenli karışım modeli denklemini kullanmışlardır. Elde ettikleri tahminsel yaklaşımları daha sonra Mississippi Sound ve Florida körfezindeki güncel mollusk kavkılarında elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Bryant ve diğ. (1995)'nin kullandıkları iki bileşenli karışım denklemi şöyledir:

$$R_{\text{mix}} = (R_{\text{sw}} C_{\text{sw}} S + R_{\text{fw}} C_{\text{fw}} (1-s)) / (C_{\text{sw}} + C_{\text{fw}} (1-s))$$

R:  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranı

C: Sr konsantrasyonu

S: İdeal normal denizel ve tatlı su tuzluluğunun (35 ppt ve 0 ppt) bir fraksiyonu olarak hesaplanmış tuzluluk faktörü

sw: Deniz suyu

fw: Tatlı su (akarsu)

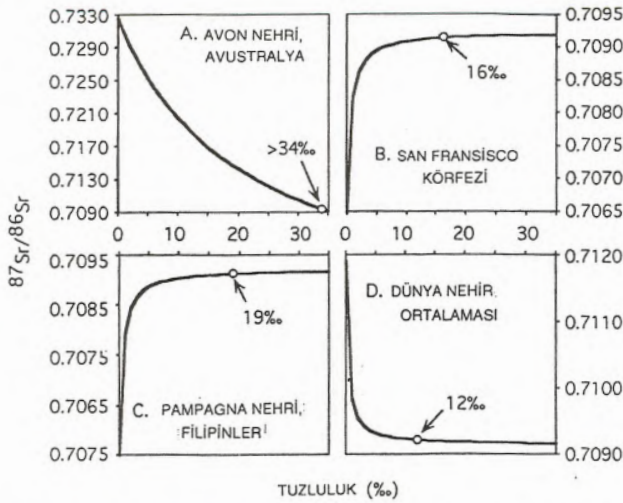
Bryant ve diğ. (1995)  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranını etkileme

noktası olarak  $5.10^{-5}$  olarak tanımlanmıştır. Bir "Ölçülebilir etki" (ME) dünyadaki ortalama bir nehrin belli bir ağırlığı için her binde tuzluluk değerinin 12'sinde oluşur. Nehirlerin denize döküldüğü yerlerde bulunan örneklerin  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranlarının ölçümlerinde çeşitli sebeplerle sonuçlar değişebilir. Bunlar mevsimsel veya uzun süreli ısı değişiklikleri, erozyonlar, drenaj havzalarında yüzlek vermiş kaya tipleri, gelgit akımları vb. gibi sebeplerdir. Bu tip değişikliklerin etkisini minimuma indirgeyen en iyi örnek mollusklerdir. Bu amaçla Bryant ve diğ. (1995) Mississippi nehri ağzı ve Florida körfezi kıyılarından güncel molluskleri toplamışlardır. Kavkılar kabuğu çevreye yıllık büyüme çizgilerinin geniş olduğu alandan, mevsimsel değişikliklerin en az görüldüğü yere kadar delinmiştir. Bunun dışında Erken Pleistosen Leisey Shell Pit'den alınmış tatlı su bivalvi *Villosa* sp.'nin fosil bireyleri de analiz edilmiştir. Bu bireyler yakın kıyı denizel ve tatlı su faunasının birlikte görüldüğü depolardan alınmıştır. Dünyadaki büyük nehirlerin yaklaşık olarak % 15; 20 ppt ve daha yüksek tuzluluk oranına sahiptir. Böyle bir tuzluluk ortalama çeşitte denizel omurgasızın yaşayabileceği bir orandır. Buna karşılık istisnai örnekler de vardır. Örneğin Avustralya'daki Avon Nehri için ölçülebilir etki 34 ppt'den büyük tuzluluklarda oluşmaktadır. Yine benzer olarak San Fransisco Körfezi ve Baltık denizi ise sırasıyla 16 ppt ve 18 ppt tuzlulukta ölçülebilir etkilere sahiptir. Palmer ve Edmond'a göre (1989), teorik olarak dünyadaki nehirlerde ortalama 12 ppt'deki bir tuzluluktan itibaren biyojenik karbonatların  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranları etkilenmektedir. Örnekler üzerinde ölçülen  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop değerleri eğriler şeklinde çizilerek birbirleriyle karşılaştırılmıştır (Şekil 12). Molluska taxa analizleri, lokaliteler, tuzluluk değerleri ve  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranları Tablo V'de sunulmuştur. Mollusklerin toplandığı yerlerdeki nehir sistemleri için ilk koşullar ve hesaplanmış ölçülebilir etkiler ise Tablo VI'da gösterilmiştir.

Bazen beklenenden farklı uyumsuz değerler elde edilebilir. Bunlar güncel deniz suyundan ve nehir suyundan daha düşük  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop değerlerini göstermektedir. Güncel örneklerde alterasyon sözkonusu olmadığına göre, bunun sebebi başka şekilde açıklanmıştır. Bunlar üzerinde aktıkları daha es-

Tablo V. Güncel mollusk örneklerinin taxaları, örnek numaraları, lokaliteleri, yaşadıkları tuzluluk değerleri ve  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranları (Bryant ve diğ., 1995).

Taxon	UF No	Lokale	Tuzluluk	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
Mississippi Nehri ve Ağzı				
<i>Lampsilis ieres</i>	UF 193396	Vicksburg (Miss.)	0.0	0.710009
<i>Rangia cunyata</i>	UF 193392	Frenier Plajı (La.)	4.0	0.709243, 0.709252
<i>Polymesoda carolinianum</i>	UF 193389	The Rigolets (La.)	6.3	0.709210, 0.709195
<i>Crassostrea virginica</i>	UF 193390	Shell Plajı (La.)	8.2	0.709171
<i>Ischadium recurvum</i>	UF 193391	Shell Plajı (La.)	8.2	0.709158
<i>Polinices duplicatus</i>	UF 193393	Uzun Plaj (Miss.)	15.8	0.709179
Florida nehirleri ve haliçleri:				
<i>Elliptio icterina</i>	UF 21263	Suwannee Nehri	0.0	0.708410
<i>Mercenaria campechiensis</i>	UF 193398	Suwannee Resifi	19.7	0.709157, 0.709156
<i>Elliptio icterina</i>	UF 64864	Peace Nehri	0.0	0.708239, 0.708213
<i>Mercenaria campechiensis</i>	UF 193397	Charlotte Harbor	22.3	0.709101, 0.709098
Fosil türler				
<i>Villosa</i> sp.		Leisey Shell Pit	0.0	0.707979



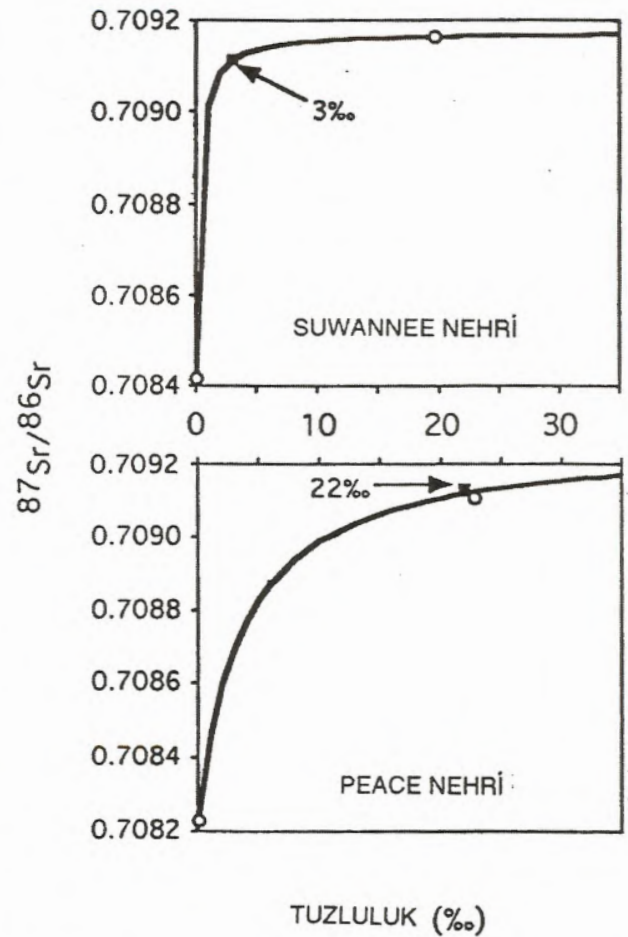
Şekil 12. Seçilmiş bazı nehirler için hesaplanmış karışım eğrileri. Sr konsantrasyonları ve izotop oranları Goldstein ve Jacobsen'den (1987) ve Palmer ve Edmond'dan alınmıştır (Bryant ve diğ., 1995).

ki kayalarla karşılıklı olarak etkileşmiş olabilirler. Böyle bir durumda  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranları normal deniz suyundan daha aşağı değerlerde olabilir. O zaman izotop oranlarından elde edilen eğrilerin içbükeyliği tersine döner (Şekil 13, Bryant ve diğ., 1995). Karışık tatlı su-denizel faunanın birarada görüldüğü ortamlarda mümkün olduğunca çok kavkının Sr-izotop oranını test edilmelidir. Örneğin yine Bryant ve diğ.'nin (1995) yapmış oldukları çalışmalarında Pleistosen yaşlı Leisey Shell Pit'deki karışık faunanın görüldüğü birimden alınan *Chione cancellata* (bir açık denizel bivalve) için  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop değeri 0.7090 olarak bulunmuştur. Bu sonuç kesitteki diğer denizel birimlerden ayırtedilemez ve birleştirilmiş jeokronolojik kayıtlarla da uyumludur. Böylelikle tatlı su akımı tesbit edilememiştir. Halbuki aynı yataktan alınan *Villosa* sp. için ölçülen değer 0.707979 olarak bulunmuştur. Bu nedenle tek bir kabuk örneği tutanağına göre sonuca gitmek denizel kıyı ortamları için risklidir.

Tablo VI. Ölçülebilir etkilerin hesaplanmış tuzluluk değerleri ve deniz suyu ile nehir suyunun ilksel koşulları (Bryant ve diğ., 1995).

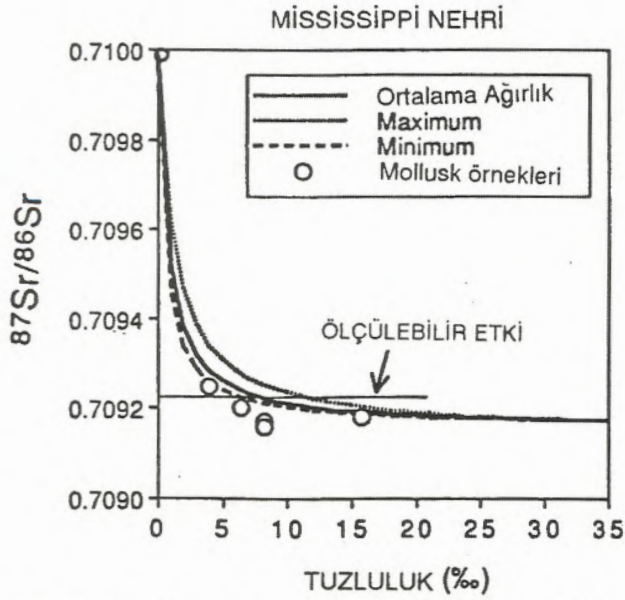
	Sr (ppm)*	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ †	ME (ppt)
Denizsuyu	7.89	0.709172	
Mississippi Nehri			
Minimum Sr	0.12	0.710009	6
Ortalama Sr	0.16	0.710009	8
Maximum Sr	0.26	0.710009	12
Suwannee Nehri	0.06	0.708410	3
Peace Nehri	0.75	0.708226	22

Bryant ve diğ.'nin (1995) varmış oldukları sonuca göre, molluskler için  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop kronostratigrafisine başvurulurken benzer ortamlarda yaşayan güncel mollusklerin  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranlarını da çalışmak faydalıdır (Şekil 14). Analiz sonuçları göstermektedir ki, çoğu deniz kenarı sistem-



Şekil 13. Florida'daki nehirler için hesaplanmış karışım eğrileri. İlksel koşullar molusk kavkılarının analizine dayalıdır (Tablo V, VI). Mollusk örnekleri açık dairelerle, ölçülebilir etkiler ise doldurulmuş karelerle gösterilmiştir (Bryant ve diğ., 1995).

leri tatlı su akımları ile elde edilmiş çok düşük tuzluluk değerine kadar (10 ppt veya daha az) ölçülebilir bir etkiye sahip değildir. Birçok denizel mollusk, böyle düşük bir tuzlulukta yaşayamaz. Bunun sonucunda fauna brakış ve tatlı su türleri tarafından baskın olacaktır. Eğer denizel fauna ortalama çeşitseyse, kıyı yakını ortamlardaki denizel mollusklerin Sr izotop oranları ters olarak etkilenmeyecektir. Leisey Shell Pit'deki Pleistosen yaşlı karışık fauna içeren birimlerdeki *Villosa* sp ve *Chione* sp. türleriyle de kanıtlandığı gibi,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranlarındaki büyük farklılıklar, aynı mostrada korunmuş denizel ve tatlı su türleri arasında görülebilir ve tek bir örnekle yaklaşım şüpheli durumdadır. Haliç setlerindeki karbonat çökelişi daima global ölçekte denizel  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop değerine yansıtılabılır. Bu sebeple karışık faunanın görüldüğü ortamlarda  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop kronostratigrafisini kullanırken oldukça dikkatli olmak gerekir.



**Şekil 14.** Hesaplanmış karışım eğrileri ve Mississippi Nehri'ndeki Mollusklerin ölçülmüş  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  değerleri. Akarsuyun ilkel  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranları mollusk kavklarının analizine dayandırılmıştır (Tablo VI), fakat Sr konsantrasyonları USGS su kalitesi verilerindeki minimum, maximum ve ortalama değerler arasındadır.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranları  $\pm 1.5 \cdot 10^{-5}$  (yaklaşık olarak veri noktaları boyutunda) ve tuzluluk  $\pm 3$  ppt veya daha azdır (Bryant ve diğ., 1995).

## Değinilen Belgeler

- Anderson, P.S., Wasserburg, G.J. ve Ingri, J., 1992, The sources and transport of Sr and Nd isotopes in the Baltic Sea. *Earth and Planetary Science Letters*, 113, 459-472.
- Bergren, W.A., Kent, D.V., Flynn, J.J. ve Van Couvering, J.A., 1985, Cenozoic geochronology: *Geological Soc. of America Bull.*, v. 96, 1407-1418.
- Broecker, W.S. ve Peng, T.H., 1982, *Tracers in the sea*. Eldigio Press, New York.
- Bryant, J.D., MacFadden, B.J. ve Mueller, P.A., 1992, Improved chronologic resolution of the Hawthorn and Alum Bluff Groups in northern Florida: Implications for Miocene chronostratigraphy. *Geol. Soc. of America Bull.*, 104, 208-218.
- Bryant, J.D., Jones, D.S. ve Mueller, P.A., 1995, Influence of freshwater flux on  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  chronostratigraphy in marginal marine environments and dating of vertebrate and invertebrate faunas, *J. Paleont.*, 69 (1), 1-6.

- Cox, J.F. ve Faure, G., 1974, Isotope composition of strontium in carbonate phase of two cores Black Sea, *The Black Sea-Geology, Chemistry and Biology*, the American assoc. of pet. geologists.
- Çağatay, N., Erler, A., Güleç, N., Savaşın, Y. ve Tokel, S., 1993, Jeokimya: Temel Kavramlar ve İlkeler, JMO Yayınları, No: 32, Ankara.
- Faure, G., Hurley, P.M. ve Fairbairn, H.W., 1963, An estimate of the Precambrian shield of North America: *Jour. Geophys. Research*, 68, 2323-2329.
- Goldstein, S.J. ve Jacobsen, S.B., 1987, The Nd and Sr isotopic systematics of river water dissolved material: Implications for the sources of Nd and Sr in seawater, *Chemical Geology (Isotope Geoscience Section)*, 66, 245-272.
- Hodell, D.A., Mueller, P.A., McKenzie, J.A. ve Mead, G.A., 1989, Strontium isotope stratigraphy and geochemistry of late Neogene ocean, *Earth and Planetary Science Letters*, 92, 165-178.
- Jones, D.S., MacFadden, B.J., Webb, S.D., Mueller, P.A., Hodell, D.A. ve Cronin, T.M., 1991, Integrated geochronology of a classic Pliocene fossil site in Florida: linking marine and terrestrial biochronologies. *Journal of Geology*, 99, 637-648.
- Kaufman, D., Carter, D.L., Miller, G.H., Farmer, G.L. ve Budd, D.A., 1993, Strontium isotopic composition of Pliocene and Pleistocene mollusc from emerged marine deposits, North American Arctic, *Can. J. Earth Sci.*, 30, 519-534.
- Miliman, J.D., 1974, *Recent sedimentary carbonates, Part 1. Marine carbonates*: Berlin, Germany, Springer-Verlag. 375 p.
- Müller, D.W., McKenzie, J.A. ve Mueller, P.A., 1990, Abu Dhabi Sabhka, Gulf, revisited: application of strontium isotopes to test an early dolomitization model. *Geology*, 18, 618-621.
- Palmer, M.R. ve Edmond, J.M., 1989, The strontium isotope budget of the modern ocean. *Earth and Planetary science letters*, 92, 11-26.
- Palmer, M.R., ve Edmond, J.M., 1992, Controls over the strontium isotope composition of river water. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 56, 2099-2111.
- Peterman, Z.E., Hedge, C.E. ve Tourtelot, H.A., 1970, Isotopic composition of strontium in sea water throughout Phanerozoic time. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 34, 105-120.
- Schmitz, B., Aberg, G., Werdelin, L., Forey, P. ve Bendix-Almgreen, S., 1991,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , Na, Fr, Sr ve La in skeletal fish debris as a measure of the paleosalinity of fossil-fish habitats. *Geol. Soc. of Am. Bull.*, 103, 786-794.
- Veizer, J., 1983, *Stable isotopes in sedimentary geology: Chapter 3: Chemical diagenesis of carbonates: theory and application of trace element technique*, SEPM short course, No: 10.
- Webb, S.D., Morgan, G.S., Hulbert, R.C., Jones, D.S., MacFadden, B.J. ve Mueller, P.A., 1989, Geochronology of a rich early Pleistocene vertebrate fauna, Leisey Shell Pit, Tampa Bay, Florida: *Quaternary Research*, 32, 96-110.

Güner SÜMER

Anadolu Üniversitesi, Eskişehir

## Eskişehir sepiolitinin özellikleri ve seramik bünyelerde kullanılması

*Bu çalışmada Eskişehir sepiolitinin özellikleri çalışılmıştır. Mineralojik, kimyasal ve fiziksel özellikleri incelenmiştir. Sonra sepiolit malzemesi karo seramik bünyelerde denenmiştir.*

### Giriş

Bu çalışmada, Eskişehir-Sivrihisar Bölgesi sepioliti çalışılmıştır. Magnezyum Oksid miktarı % 12.4, Kalsiyum Oksid % 9.09, Silisyum Oksid % 29.3 ve Demir Üçoksit % 0.069 olmaktadır.

Sepiolit üzerinde yapılan mineralojik ve petrografik analizler mineralin sepiolit, dolomit ve kuvars içerdiğini göstermiştir. Kimyasal Analizi ve Boyutsal Ayırımı yapılan sepiolit minerali karo seramik bünyelerde denenmiştir.

### DeneySEL çalışmalar

Deneylerde kullanılan sepiolit Sivrihisar-Eskişehir Bölgesinden alınmıştır. Numunenin tanınması için; Elek Boyut Analizi, Kimyasal Analiz, X-Işın Difraksiyon Analizi ve DTA testleri yapıldı. Öğütülmüş sepiolit üzerindeki Elek Analizi Çizelge-1, kimyasal analiz de Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Deney için toz hale getirilen sepiolit numunesi 110 °C'de ve 20 saat tutularak kurutulmuştur. Sonra piknometre kullanarak yoğunluk tayini yapılmıştır.

Sepiolit numunesi üzerindeki X-Işın Difraksiyon Testi Şekil-1'de ve DTA Testi Şekil-2'de gösterilmiştir. Mineral; sepiolit, dolomit ve kuvars minerallerini içermektedir.

Çizelge 1. Sepiyolit üzerinde elek analizi

Elek Ebadı (mm.)	%
+4.0	13.8
4.0+3.36	29.0
3.36+2.38	22.6
2.38+1.00	31.8
1.00-0.50	2.4
-0.50	0.4
	100.0

Çizelge 2. Sepiyolit kimyasal analizi

Element	%
SiO <sub>2</sub>	29.3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.2
K <sub>2</sub> O	0.1
MgO	12.4
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.1
CaO	9.1
Ateş Kaybı	33.5
	84.7

Numune üzerinde Rasyonel Analizle yapılan Mineralojik Test neticesi aşağıda Çizelge-3'de gösterilmiştir.

### Yoğunluk tayini

Deney için toz hale getirilen sepiolit numunesi 110 C'de 20 saat tutularak kurutulmuştur. Sonra piknometre kullanarak yoğunluk tayini yapılmıştır. Yoğunluk formülü:

$$\text{Yoğunluk, } P_p = \frac{Mc}{100 \frac{Me-(Ma+Mc)}{Y_s}} \text{ olup burada,}$$

Ma = Piknometre Kütlesi

Mc = Sepiolit Kütlesi

Y<sub>s</sub> = Saf Su Yoğunluğu

Me = (Piknometre+Lületaşı+Saf Su) kütlesidir.

Yapılan ölçüm ve değerlendirme sonucu yoğunluk P<sub>p</sub>=2.08 g/cm<sup>3</sup> değeri bulunmuştur.

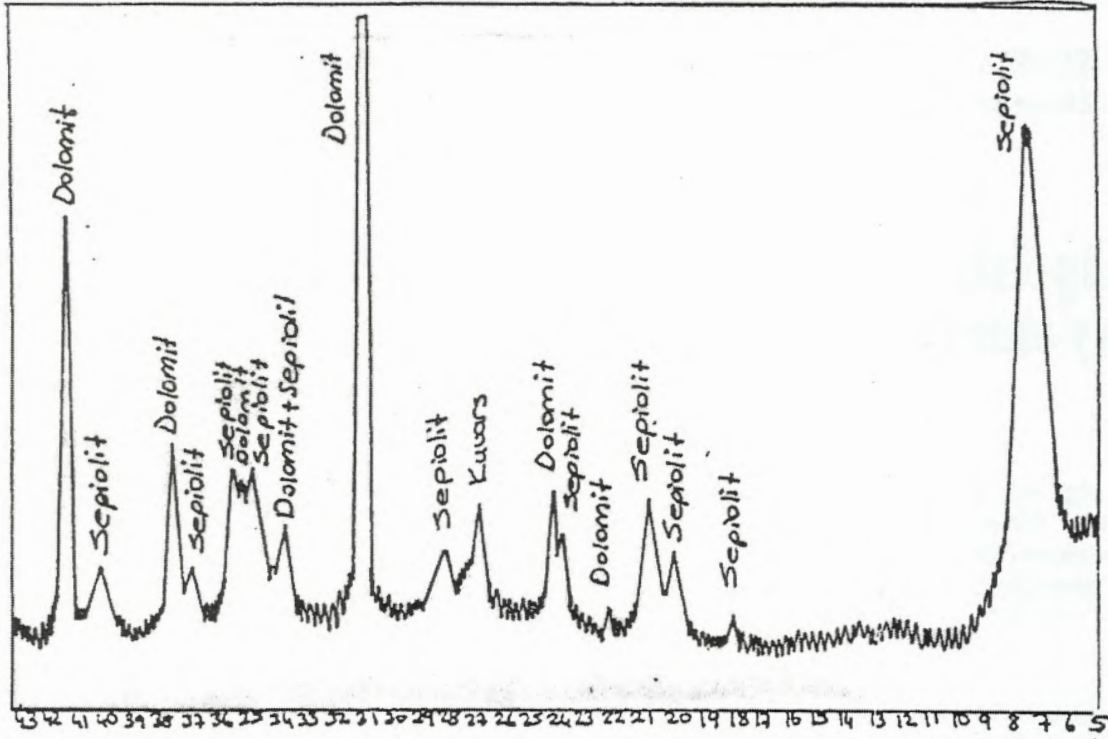
### Porozite tayini

Sepiolitin tane yüzeyleri büyük olduğundan gözenekli yapıya sahiptirler. Porozite tayininde kullanılan formül;

$$\text{Porozite} = \frac{V_p}{V_g} \text{ olup burada,}$$

V<sub>g</sub> = Vf+V<sub>p</sub> olup,

V<sub>p</sub> = Porların (gözeneklerin) Hacmi,



Şekil 1. Numunenin x-ışınları difraktogramı. Sepiolit:  $4 MgO \cdot 6SiO_2 \cdot 7H_2O$ , Dolomit:  $CaMg(CO_3)_2$ , Kuvars:  $SiO_2$ .

Vf = Katı Maddelerin Hacmi,

Vg = Katı Toplam hacmidir.

Yapılan ölçüm ve değerlendirme sonucu porozite ortalama olarak % 37.5 bulunmuştur.

## Endüstriyel uygulama çalışmaları

Eskişehir sepioliti, seramik karo masse massesinde denendi. Yapılan toplam (50) deneyde; (22), (33), (44) ve (48) nolu reçetelerde kullanım yönünden uygun sonuçlar alındı.

NORMAL KARO		DENEY-14		DENEY-22	
Kil	% 50	Kil	% 50	Kil	% 50
Kuvars	% 45	Kuvars	% 40	Kuvars	% 35
Feldspat	% 5	Feldspat	% 5	Feldspat	% 5
		Sepiolit	% 5	Sepiolit	% 10
	100		100		100
DENEY-33		DENEY-44		DENEY-48	
Kil	% 50	Kil	% 40	Kil	% 30
Kuvars	% 25	Kuvars	% 25	Kuvars	% 25
Feldspat	% 5	Feldspat	% 5	Feldspat	% 5
Sepiolit	% 20	Sepiolit	% 30	Sepiolit	% 40
	100		100		100

(14), (22), (33), (44) ve (48) nolu karo reçeteleri üzerinde yapılan seramik test neticeleri aşağıdaki Çizelge-4'de kapsanmıştır.

## Sonuçlar

Bu çalışmada, Eskişehir sepiolitinin önce özellikleri incelendi. Özellik olarak;

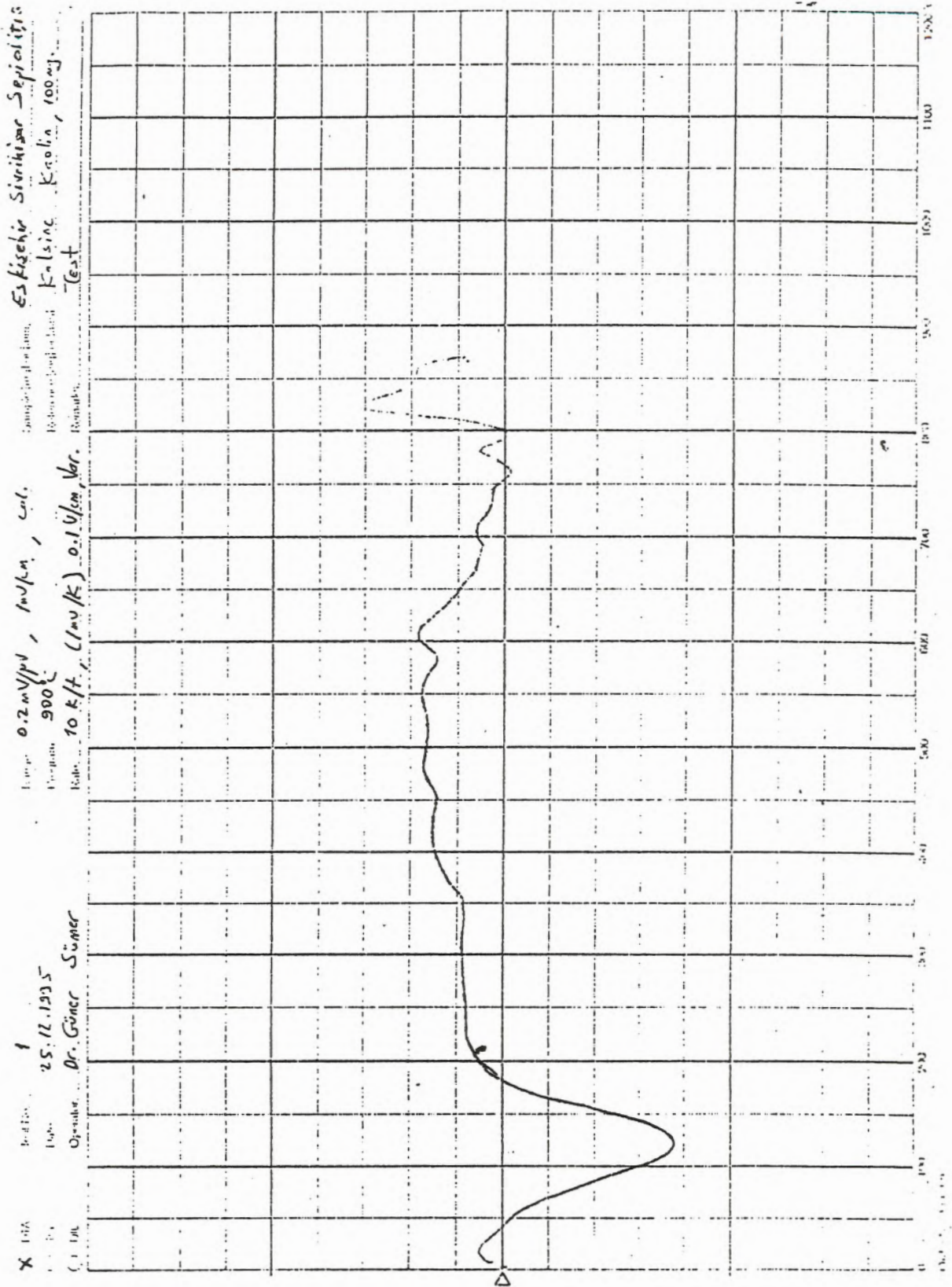
- Elek Analizi ile boyut tayini yapıldı.
- Kimyasal Analizi,  $SiO_2 = \%29.3$   $MgO = \%12.4$   
 $CaO = \%9.09$  ve  $Fe_2O_3 = \%0.069$
- Yoğunluk =  $2.08 g/cm^3$
- Porozite = % 37.5 bulunmuştur.

Sonra sepiolit numunesi, karo massesi olarak (50) deney çamurunda denendi. En iyi neticeler (14), (22), (33), (44) ve (48) nolu reçetelerde elde edildi. (44) nolu reçetede eğilme dayanımı  $196 kg/cm^2$  ve yüzey sertliği 7 Mohs elde edildi.

Deney sonuçları değerlendirildiğinde,

- Karo Seramik Bünyesinde % 40'a kadar sepiolit malzemesi kullanılabilir.
- Sepiolit katkısı ile yoğunluk  $1.9 g/cm^3$ 'e artmış, Su Emme oranı % 9.0'dan % 7.8'e düşmüş, Eğilme Dayanımı  $170 Kg/cm^2$ 'den  $196 Kg/cm^2$ 'ye artmış, Yüzey Sertliği 6 Mohs'dan 7 Mohs'a artmış, Isı Genleşme Katsayısı  $8 \times 10^{-6}$ 'dan  $8 \times 10^{-6}$ 'ya düştü.

3) Üretilen deneysel karoların şoka dayanımı iyi olup, özellikleri Standard TSE-4037'ye uygun olmuştur.



Şekil 2. DTA Testi.

**Çizelge 4. Deney karoları test neticeleri**

Özellik	TSE-4037	Normal	14 Nolu	22 Nolu
	Madde No.	Karo	Karo	Karo
1. Birim Hacim Ağırlığı, g/cm <sup>3</sup>	2.3.1.	1.9	2.1	2.2
2. Su Emme Oranı, %	2.3.2.	9.0	9.1	8.2
3. Eğilme Dayanımı, Kg/cm <sup>2</sup>	2.3.3.	170	180	190
4. Yüzey Sertliği, Mohs	2.3.4.	6.	6	7
5. Isı Genleşme Katsayısı, C <sup>o</sup>	2.3.5.	8x10 <sup>-6</sup>	8x10 <sup>-6</sup>	6x10 <sup>-6</sup>
6. Şoka Dayanımı	2.3.9.	İyi	İyi	İyi

Özellik	TSE-4037	33 Nolu	44 Nolu	48 Nolu
	Madde No.	Karo	Karo	Karo
1. Birim Hacim Ağırlığı, g/cm <sup>3</sup>	2.3.1.	2.2	2.3	2.3
2. Su Emme Oranı, %	2.3.2.	8.0	7.8	7.8
3. Eğilme Dayanımı, Kg/cm <sup>2</sup>	2.3.3.	192	196	193
4. Yüzey Sertliği, Mohs	2.3.4.	7	7	7
5. Isı Genleşme Katsayısı, C <sup>o</sup>	2.3.5.	6x10 <sup>-6</sup>	5x10 <sup>-6</sup>	5x10 <sup>-6</sup>
6. Şoka Dayanımı	2.3.9.	İyi	İyi	İyi

**Değinilen Belgeler**

Büyükakıncı, A. Sepiolit Hakkında Not, MTA Endüstriyel Hammaddeler Şubesi, 1967.

Mumpton, F.A. and Roy, Rustum., "New Data on Sepiolite and Attapulgate, Clays and Clay Minerals," 1958, sv. 136-149p.

Akyüz, S. ve Akyüz T., "An Infrared Spectroscopic Study of Adsorption of Hydrocarbons by Sepiolites From Eskişehir", Turkey-Hacettepe Bulletin of Natural Sciences and Engineering, II-Vol., Ankara, 1982.

Bradley, W.F. and Nisy B. "Sepiolite Structure", Amer. Min. 40, 1985-885-892 p.

Eskişehir Lületaşının Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Tetkiki; İlaç ve Kozmetik Sanayindeki Yerinin Araştırılması, Tübitak TAGG-28.

Aral, E. ve Korkmaz, Ş., "Doğal ve Preslenmiş Sepiolitin Bazı Fiziksel Özelliklerinin Karşılaştırılması", III. Ulusal Kil Sempozyumu, Bildiriler, 21-27 Eylül 1987, 263-265.

Sarıkaya, Yüksel ve Ceylan, Hasan. "Eskişehir Sepiolitinin Gözenek Yapısı", Doğa Türk Kimya Dergisi, 13.2.1989.

İrkeç, Taner. "Bolu, Kıbrısçık Sepiolitinin Mineralojik ve Kimyasal Özellikleri ve Eskişehir-Sivrihisar Sedimenter Sepioliti ile Karşılaştırılması", V. Ulusal Kil Sempozyumu Bildiri Kitabı, Anadolu Üniversitesi, 1991.



## TARTIŞMA

Jeoloji Mühendisliği, Dergisi Mayıs 1996 tarih ve Sayı 48 de Mehmet Ekmekçi tarafından hazırlanan "Uranyum serisi ile yaş saptama yöntemlerinin hidrojeolojide kullanım olanakları" başlıklı derlemeyi ilgi ile okuduk. Öncelikle belirtmek isteriz ki, bu yazı U-serisi ile yaş saptama yöntemlerinin ülkemizde de çeşitli alanlarda uygulanabilmesi için adım olacaktır. Konunun önemi nedeniyle büyük bir ilgi ile okuduğumuz bu makalede maalesef bazı biçimsel ve bilimsel eksikliklerin varlığı saptanmıştır.

Ayrıca, U-serisi ile yaş saptama yöntemi Pamukkale Travertenlerinin incelenmesinde uygulandı ve sanırım Türkiye'deki ilk çalışma olun bu uygulamadan başarılı sonuçlar alındı. Bundan dolayı da bu metoda yabancı olmadığımız için yukarıda adı geçen makale üzerindeki görüşlerimizi size bildirmek istedik. Bu görüşleri yazara ve makaleyi inceleyenlere iletmeniz ve de bir sonraki sayınızda yayınlamanızın bundan sonraki çalışmalara katkıda bulunabileceğine inanmaktayız.

### Biçimsel olarak:

1) Makalenin derleme olduğu, bu gibi yazılarda Giriş'ten önce belirtilirse yanlış anlaşılmasını önleyecektir.

2) Makalede birçok yerde değinilen ve birçok şeklin alındığı belirtilen "Uranium Series Disequilibrium, Applications to Environmental Problems (1982)" adlı kitabın editörleri Ivanovich ve Harmon'dur. Kitap, çeşitli konular içeren ve konuların uzmanları tarafından yazılan bölümlerden oluşmaktadır. Bu kitaptan yapılan alıntılarda, alıntının sorumlusu olan bölümü yazanlar belirtilmelidir. Örneğin, makaledeki Şekil 3 ve Şekil 4, kitapta Gascoyne ve Schwarz tarafından yazılan "Carbonate ad Sulphate Precipitates" adlı çalışmaya aittir. Dolayısıyla bu modelleri oluşturanlar Ivanovich ve Harmon değil, Gascoyne ve Schwarz'dır.

Aynı şekilde makalede değinilen Smart ve Frances (1991)'de editörlerdir, yapılan alıntılarının ve alınan şekillerin esas sorumluları bu editörlerin edit ettiği kitaptaki çalışmaları yapan araştırmacılarıdır.

3) Makalede yer alan birçok şeklin kimlerden alındıkları belirtilmiş ancak bazı şekillerin kaynakları belirtilmemiştir. Bu da, bu şekillerle belirtilen modellerin ilk kez yazar tarafından ortaya konmuş olduğunu gösterir. Halbuki, örneğin makalede yer alan Şekil 1, Geyh and Schlecher (1991) {Absolute Age Determination} tarafından; Şekil 2 ise, Schwarz (1980) {Absolute Age Determination of Archaeological Sites by Uranium Series Dating of Travertines, *Archaeometry* 22, 1} tarafından geliştirilmiştir.

### Bilimsel olarak:

1) U-serisi metodunun, spektrometre türüne bağlı olarak, 350-500 bin yıl önce oluşmuş çökeller için güvenilir sonuçlar verdiği doğru, ancak eksik bilgidir. Bu metod, 5 bin yıl ile 500 bin yıl arası için iyi sonuçlar verir. Ancak yaş tayini hassaslığı yaşın artması ve uranyum içeriğinin azalması ile azalır. Örneğin standart sapma, 250 bin yıla kadar  $\pm 1000$  yıldan  $\pm 10.000$

yıla kadar artarken, 250 bin yıldan yaşlı örnekler için  $\pm 50.000$  yıl gibi ani bir artış gösterir.

2) Makalede, U-serisi yaş metodundaki varsayımlar eksik ve hatalı verilmiştir. Varsayımlar sıralanırken çökeltme sırasında  $^{232}\text{Th}$  bulunmadığı varsayımı yapılmaktadır. Halbuki, çökeltme sırasında  $^{232}\text{Th}$  değil,  $^{230}\text{Th}$  bulunmadığı varsayılmaktadır; çünkü  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{234}\text{U}$  un yarılanması sonucu ortamda oluşmaktadır ve buradan da yaş hesaplanmaktadır. Bu durumda, analizi yapılan örneğin  $^{232}\text{Th}$  içermesi Th kirliliği olduğunu gösterir ki bu, istenen bir durum değildir. Analiz sonucunda eğer  $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$  oranı  $<20$  ise  $^{232}\text{Th}$  kirliliği var demektir ve sonuçların düzeltilmesi gerekmektedir.

Önemli bir varsayım da karbonat örneğinin aynı çözeltiden hemen kristalleştiği varsayımdır ki makalede buna yer verilmemiştir.

3) Makaledeki Şekil 3'de daire içinde 1, 2, 3 ve 4 rakamları görülmektedir. Bunların ne oldukları açıklanmalıdır; çünkü bunların her biri değişik çökeltme ortamlarını temsil etmektedirler. Bu ortamlardaki çökeltme koşulları farklı oldukları için çökecek materyallerde de farklılıklar olacaktır. Bu da, örnek alınmasında önemli rol oynamaktadır. Örneğin, elimizde bu dört ortamdan da ayrı ayrı örnek alma imkanımız olsa ve de sadece bir tane örnek sonuca gitmek mümkün ise, herhangi birisinden alınacak örnek en güvenli sonucu verecek midir? Ya da, 2 ve 4 nolu ortamlardan birini seçme zorunluluğu varsa hangisi tercih edilmelidir?

4) Makalede; "Mağaraların Oluşum Yaşlarının Saptanması" ve "Traverten ve Tufaların Oluşum Yaşlarının Saptanması" başlıkları altında sadece materyallerin fiziksel özelliklerinden bahsedilmektedir. Mağaradan alınacak bir örneğin sadece yaşını bulmak o mağaranın oluşum yaşını doğrudan verir mi? Traverten veya tufalardan alınacak örneklerin yaşlarını bilmek bizi hangi sonuca götürür? Burada materyallerin fiziksel özelliklerinin tanıtımı yanısıra yaş tayinlerinin uygulandığı önceki çalışmalar da dikkate alınarak oluşum yaşlarının nasıl belirlenebileceğinin tartışılmasına da yer verilmeliydi. Yoksa bu haliyle, verilen başlıklar altındaki açıklamalar başlıklar için yetersiz kalmaktadır.

Aynı şekilde, yazarın da belirttiği gibi, göl sedimanlarından U-serisi yöntemi ile yaş tayin etmek mümkündür. Ancak bu konuda yapılan çalışmalardan da örnekler verilerek konunun önemi daha da net bir şekilde ortaya konabilirdi. Çünkü, ülkemizde Geç Pleistosen dönemine ait iklimsel bilgiler sınırlıdır. Konunun örnekler ile tartışılması özellikle bu konuda çalışma yapmak isteyen araştırmacılar için tutacaktır. Örneğin U-serisi yöntemi kullanılarak A.B.D.'nin Nevada ve California eyaletlerindeki birçok gölün son 50.000 yıllık tarihi çok iyi bilinmektedir.

Erhan ALTUNEL ve Rifat BOZKURT  
Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,  
Jeoloji Mühendisliği Bölümü  
Bademlik-ESKİŞEHİR

## YANIT

Jeoloji Mühendisliği Dergisi, Sayı 48'de yayınlanan 'Uranyum serisi ile yaş saptama yöntemlerinin hidrojeolojide kullanım olanakları' başlıklı çalışmam ile ilgili olarak Erhan Altunel ve Rifat Bozkurt imzalı eleştiri mektubunda yer alan görüş ve katkıları için adı geçen meslektaşlarıma öncelikle teşekkürlerimi sunarım. Sözü geçen mektupta yer alan ve kimine katıldığım, kimine ise katılmadığım bazı biçimsel ve bilimsel eksikliklerle ilgili benim de açıklamalarım olacaktır. Mektup, aşağıda özetlediğim ve üniversite elemanlarının yerbilimlerinin gelişimine olabilecek katkılarından biri üzerinde açıklama yapma olanağı da vermektedir. Bu olanağı yarattıkları için değerli meslektaşlarıma tekrar teşekkür ederim.

Mektup 'Makalenin derleme olduğu bu gibi yazılarda Giriş'ten önce belirtilirse yanlış anlamaları önleyecektir' tümcesi ile çalışmanın biçimsel açıdan değerlendirildiği bir görüşle başlamaktadır.

Türkiye'de Yerbilimleri konusunda, en geniş kitleye ulaşabilen Türkçe periyodiklerden ikisi Jeoloji Mühendisleri Odasının yayımları olan Jeoloji Mühendisliği Dergisi (JMD) ile Türkiye Jeoloji Bülteni (TJB)'dir. Jeoloji Mühendisleri Odasının aynı anda iki farklı periyodik çıkarmasında sanırım belirli bir amaç bulunmaktadır. Bu amaç çalışmaların kalitesi ile değil türü ile ilgilidir. Yukarıda adı geçen çalışmamın TJB'ye değil de JMD'de yayınlanmasının nedeni çalışmanın türü ile yakından ilişkilidir. Kimi yabancı periyodiklerde yayın türü (Örneğin Environmental Geology'de: Research Article, Review, Technical Note, Hydrogeology Journal'da: Paper, Report, Technical Note, Theoretical and Applied Karstology'de: Article, Note, Synthesis veya Review)'ya içindekiler dizininde altbaşlıklarla ya da çalışmanın ilk sayfasının üst köşelerinden birinde belirtilir. Kimi de bunu belirtmeye gerek görmeden, JMO'nun yaptığı gibi farklı türdeki çalışmaları farklı periyodiklerde yayınlamayı tercih eder. Bu tamamen yayıncının veya editörün sorumluluğunda olan bir işlem olup yazarların keyfiyeti dışındadır. Sanırım bu keyfiyeti dergi editörü ile tartışmak daha doğru olacaktır.

Mektuba konu olan makale *Review* türünde bir çalışmadır. Kaldı ki, çalışmayı okuyan, bu niteliğini ilk anda başlığından anlayacaktır. Başlıkta geçen '..... kullanım olanakları' bir yöntemin belirli bir amaçla kullanılabilme olanaklarının irdelediğini göstermektedir. Nitekim, yöntemin ilkelerinin tarihçesinin anlatıldığı Giriş bölümünün ilk tümcesinden itibaren U-serisi yaş saptama tekniklerinin II. Dünya Savaşından sonra derin deniz çökelleri, 1962 yılından bu yana da karasal karbonatlı çökeller üzerinde uygulanmakta olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle, Mektup Yazarlarının 'yanlış anlama' ile ilgili kaygılarının, çalışmanın ancak bir önyargı ile okunması durumunda ortaya çıkabileceğini düşünüyorum. Eğer Mektup Yazarlarının emelleri çalışmada U-serisi ile ilgili ilkeler ve uygulamaları

yazarın kendine maletmiş gibi sunduğunu ima etmek ise (ki düşünceleri bu ise açıkça belirtmeleri gerekirdi) bunun doğru olmadığını sağduyu sahibi her okur gerek metin içinde, gerekse çizelge ve şekillerin alt yazılarında gösterilen kaynaklardan açıkça görebilecektir. Nitekim, makaleyi okuduktan sonra olumlu tepkilerini dile getiren meslektaşlarımdan hiçbirinde bu yönde bir yanlış anlama izi dahi görülmemiştir. Ancak yukarıda da belirttiği gibi belirli bir önyargı ile ele alındığında ortaya çıkabilecek yanlış anlamalar zaten 'bilimsel olmayan' bir tepki niteliğinde olacağı için bizim tartışma alanımıza dahi giremeyecektir. **Bilimselin temel ilkesi nesnelliktir.**

Makale, yerbilimlerinde uygulanan yeni yöntemlerden birinin son yıllarda yapılan çalışmalardan bütün meslektaşları haberdar etme ve yine yerbilimlerinin uygulamalı bir dalı olan hidrojeolojideki ve özellikle karstlaşma evrimindeki kullanım potansiyeli konusunda yöntemi irdeleme ve meslektaşları bilgilendirme amacını taşımaktadır. Yöntemin tanıtılması ve yerbilimlerdeki kullanım potansiyelinin geniş bir yerbilimci kitlesinin değerlendirmesine sunulması, Yerbilimlerinin sayısal verilere dayanarak daha da nesnel bir bilim dalı haline gelmesine katkıda bulunacaktır. Bu yöntemin uygulanabilmesi için gerekli altyapı ve laboratuvarların kurulması yönünde meslektaşları teşvik etmek, makalenin amaçları arasında olmuştur. Amaç belli bir üniversite veya kuruma değil, Türkiye'ye bu olanağı sağlamak olduğuna göre, yöntemin Türkiye'deki meslektaşlarımızın tümüne tanıtılması zorunluluğu vardır.

Bu tanıtım, iki türlü yarar sağlamaktadır: 1) Yöntemin yaygın bir şekilde kullanım potansiyelinin bilinmesi, böylece yerbilimlerine ve özellikle karst hidrojeolojisine kazandırılması, 2) Üniversitede, 1993 yılından bu yana gösterilen bütün çabalara rağmen, maddi olanaksızlıklar nedeniyle kurulamayan laboratuvar olanaklarının kamu kuruluşlarında veya özel sektörlerdeki meslektaşlarımızdan konuya ilgi duyabilecek olanları laboratuvar kurma yönünde harekete geçirmek olmalıdır. Bu tür çalışmaların önemi geçmişte yaşanan deneyimlerle kanıtlanmıştır. Üniversite elemanlarının bir görevinin de bu şekilde meslek-içi eğitime katkı sağlamaları olduğuna inanıyorum.. Yurtdışı yayınlarla belki iyi bir özgeçmiş elde edilebilir... Ama asli görevlerden biri de Türkiye'de yerbilimlerini geliştirmek ve yerbilimcilere düşen kısmıyla Türkçe'nin bir bilim dili haline getirilmesine katkıda bulunmak olsa gerek.

Sonuç olarak, çalışmanın niteliğinin girişten önce bir yere yazılması yukarıda açıkladığım nedenlerden ötürü yazarın tasarrufunda değildir. Makalenin türünün ne olduğu gizlenecek bir şey değildir. Yazar, makalenin türünü metni yazış biçimiyle yansıtmıştır. Hiçbir makalede, *bu çalışma yenilik getiren bir makaledir, veya orjinal bir makaledir* gibi açıklamalar yer almaz.. Bu tür sınıflamalar Hakem değerlendirme formunda hakemler tarafından yapılmaktadır. Mektup Yazarları benzer uygulamaları yurtiçinden ve yurtdışından pek çok değerli çalışmada görebilirler. Gerek JMD gerekse başka yurtiçi ve yurtdışı

şı dergilerin yeni ve eski sayıları karşılaştırılırsa çok değerli meslektaşlarımızın bu tür katkıları görülebilir. Ancak, olayı özelleştireceği için, başka çalışmalar üzerinde isim vererek tartışmanın burada yerinin ve yararının olmadığına inanıyorum. Eğer Mektup Yazarları lütfedip benimle bağlantıya geçerlerse bu örnekleri kendilerine iletebilirim ve bunların hiçbirinde 'bu eleştirel bir derlemedir veya orjinal bir makaledir, veya 'review', 'research article' gibi açıklamalar bulunmaz. Çünkü metnin yazılış şekli çalışmanın niteliğinin göstergesidir. Ancak eğer, yazar çalışmayı, alıntılarını sahiplenmek gibi bir yazım şekli ile kaleme almış olsaydı, bunu zaten hakemler belirlerdi. Belirlenememişse de bir okur olarak bizim elbette müdahale edip bu etik hatayı düzeltmek için üstümüze düşen görevi yapmamız gerekir... Mektup yazarları acaba böyle bir şey mi görüldü de *yanlış anlama* olabileceğini ileri sürmektedirler...

*Biçimsel olarak başlığı altında getirdikleri eleştirinin 3. Maddesi böyle bir imayı göstermektedir. Mektupta geçen 'Şekil 1 ve Şekil 2'nin alt yazılarında kaynak gösterilememiş olması nedeniyle bu modellerin ilk kez yazar tarafından ortaya konmuş olduğunu gösterir'* tümcesi bu imayı doğrulamaktadır. Bu şekillerin altında kaynak gösterilmemiş olması modellerin ilk kez Yazar tarafından ortaya konduğunu göstermez. Kaynak gösterme ilkelerinin biraz incelenmesi ile nerede ve nasıl kaynak gösterilmesi gerektiği anlaşılabilir.

Eleştiriye konu olan bu şekiller;

*Şekil 1. Uranyum serisi izotopları ve yarılanma ömürleri.....*

Mektup Yazarları, şeklin dayandığı modelin ilk olarak **Geyh and Schlecher (1991)** tarafından ortaya konduğunu ileri sürmektedirler. Şekil, II. Dünya Savaşından bu yana daha da hızlı bir şekilde çalışılan uranyum serisi izotopları ve yarılanma ömürlerine ilişkin bilgiler vermektedir. Buna rağmen, Mektup Yazarları bu bilgilerin ilk kez '1991' yılında ortaya konmuş olabileceğinden sözdebiliyorlar!!! O halde uranyum serisi izotopları ve yarılanma ömürleri ile ilgili çok daha ayrıntılı bilgiler veren **Ivanovich and Harmon (1982)**'de, **Ivanovich**'in hazırlamış olduğu birinci bölümde, Çizelge 1.2.'de *kaynak gösterilmeden* verilen aynı bilgiler nasıl ve kime dayanarak verilmiştir? Aynı kitabın 1992'deki baskısında bu bilgiler yine bir çizelge şeklinde ve aynı biçimde verilmiş ve çizelge üst yazısında yine *kaynak gösterilmemistir.* Neden? Bu şekle temel olan modeli ilk kez **Ivanovich (1982)** veya **Ivanovich (1992)** mi ortaya koymuştur? **Smart and Francis (1991)**'de yeralan ve P.L. Smart tarafından *kaynak gösterilmeden* verilen aynı şekil yoksa **Smart (1991)** tarafından mı ilk kez ortaya konmuştur? Bu yöntemi ilk uygulayıcılarından biri olan **Schwarz (1989)**'da Şekil 1'de verilen aynı şekilde kaynak gösterilmemesi Mektup Yazarlarına acaba ne ifade ediyor? (**Schwarz**'ın *Quaternary International*'da 1989 yılında yayımlanan *Uranium Series Dating of Quaternary Deposits* başlıklı bu çalışması da kendisinden önceki araştırmacılar tarafından uygulanan bu yöntemin tanıtılması amacıyla yazılmıştır ve bu mektuba konu olan makale ile aynı türden bir çalışmadır.) Ma-

han (1968), University Chemistry ders kitabının 19. Bölümünde anlatılan alfa-bozunması ve uranyum-toryum serisine ilişkin bilgiler veren şekillerde kaynak göstermediğine göre ilk kez **Mahan (1968)** tarafından mı bu bilgiler ortaya konmuştur? Peki, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) tarafından 1983 yılında hazırlanan 'Isotope Techniques in the Hydrogeological Assessment of Potential Sites for Disposal of High-Level Radioactive Wastes' adlı teknik raporda (No 228) sayfa 104 Şekil 31'de *kaynak gösterilmeden* verilen aynı şekil bu anlamda neyi ifade ediyor? Bu örnekler sayfalar dolusu çoğaltılabilir.

Bu yöntemin dayandığı uranyum serisinin bozunmasına ilişkin bilgilere erişmek için **Geyh ve Schlecher**'in 1991'de yayınladıkları çalışmanın mı beklenmesi gerekiyordu? Bunun böyle olmadığını Mektup Yazarları da bilmeliydi. Çünkü II. Dünya Savaşı sonrasında bu yana bu bilgiler biliniyordu ki U serisi yaş saptama yöntemleri 1991 yılından çok daha önce geliştirilebildi...

Mektup Yazarlarının anlayışıyla bakıldığında, bu yazarların hepsi de kendilerine ait olmayan bir bilgiyi mi sahiplenmeye çalışmışlardır? Nihayet, **Geyh and Schlecher (1991)** acaba kaynak göstermeyerek bu uranyumun bozunma serisini ilk olarak kendilerinin mi ortaya koyduklarını ileri sürmüş oluyorlar, yoksa diğerlerinin de uymuş oldukları başka bir nedenle mi kaynak göstermemişlerdir?

Bu neden, çeşitli dönemler boyunca farklı kişilerce tamamlanmış ve anonymous (nameless) niteliğindeki çalışmalar olabilir mi? Bilindiği gibi, bu, gerek yerbilimleri, gerekse genel olarak bilim toplumunda yaygın bir şekilde bilinen ve uyulan bir durumdur.

Yine eleştiriye konu olan Şekil 2'de verilen diyagrama temel olan grafiksel modelin de Mektup Yazarlarının belirttiği gibi 'ilk olarak **Schwarz (1980)** tarafından geliştirildiği' de doğru değildir. Çünkü, aynı grafiğe **Gascoyne (1977)**'de (*Uranium series dating of speleothems: an investigation of technique, data processing and precision*, McMaster Univ. Techn. Memo., 77-4) çalışmasında rastlamaktayız. Ayrıca mektup yazarlarının belirttiği **Schwarz (1980)**'den önce **Schwarz (1979)**'da da (*Uranium series dating of contaminated travertines: a two component model*, McMaster Univ. Techn. Memo., 79-1) aynı diyagrama *kaynak gösterilmeden* rastlamaktayız. Aynı şekil, **Ford and Williams (1989)** tarafından *Karst Geomorphology and Hydrology* başlıklı kitaplarında Şekil 8.20 olarak yine *kaynak gösterilmeden* kullanılmıştır.

Görülüyor ki Mektup Yazarları Şekil 1 için düştükleri yanlışlığa burada da düşmüşlerdir. Yani, salt ellerinde bulunan veya erişebildikleri yayınlara bakarak, Şekil altyazısında kaynak gösterilmeyen hertürlü şekil ve modellerin, o çalışmanın yazarı tarafından geliştirilmiş olduğunu düşünmüşlerdir. Diğer bir deyişle, **Schwarz (1980)**'de bu şeklin herhangi bir *kaynak*

*gösterilmeden verildiğini* görmüşler ve bunun Schwarz (1980) tarafından geliştirildiğini düşünmüşler. Ellerinde Schwarz (1979) veya Ford and Williams (1989) olsaydı aynı şeyi bu kez bu çalışmalar için de düşünecekler miydi? Bu durumda, Mektup Yazarlarına göre, Schwarz (1979), Schwarz (1980) ve Ford ve Williams (1989) kaynak göstermeden bu şekli kullanmakla hangi duruma düşmüşlerdir? Ve 'neden kaynak göstermedikleri' sorulmaz mı?... Modeli sahiplenme kaygısı mı vardı bu değerleri yazarların? Bu işin önde gelenleri arasında yeralan, kendini bilimsel olarak kanıtladığı herkesçe bilinen bu bilim adamlarının böyle bir kaygısı olduğunu sanırım Mektup Yazarları da akıllarının ucundan bile geçirmeyeceklerdir!

Peki kaynak gösterilemez miydi? Elbette gösterilebilirdi.. Makalede kullanılan 10 Şekilden 8'inde, 5 Çizelge'nin de tümünde kaynak gösterilmiş olduğuna göre bu iki Şekilde kaynak göstermeyerek yazar nasıl bir kazanç ummuş olabilir? Bunun taktirini, yukarıdaki açıklamalar ve örneklerle birlikte değerlendirecek olan meslektaşlarıma bırakıyor ve bu tartışmayı burada kapatıyorum...

Mektup Yazarları, kaynak göstermeyerek sahiplenmeye kalkıştığını ima ettikleri şekiller dışında, kaynak gösterdiğim yerlerde de kaynak gösterme tarzını *biçimsel olarak* yanlış bulmuşlardır. Bu konuda tamamen haksız olmadıklarını kabul ediyorum. Ancak, kaynak gösterme biçimi de makalenin yazılış amacıyla yakından ilişkilidir. Eğer bir yöntemin ilkelerini ayrıntılarıyla sorgulayan bir çalışma yapıyorsam, çalışmanın bulunduğu yayın dışında mutlaka çalışmayı yapanın adının geçmesi gerekmektedir. Editörler ancak kaynakça kısmında anılırlar. Ancak, örneğin, Schwarz (1989) tarafından *Quaternary International Vol. 1, pp 7-17*'de yayımlanan *Uranium Series Dating of Quaternary Deposits* gibi yöntemin ilkelerinin sorgulanması değil de yöntemin kullanım alanları hakkında bir değerlendirme ve irdeleme yapmak amacıyla çalışma yapılıyorsa, bu durumda kaynak olarak editörlerin kitabı gösterilebilir. Schwarz (1989) daki Şekil 2'deki kaynak *aynen (From Ivanovich and Harmon, 1982)* şeklinde verilmiştir. Oysa Şeklin yer aldığı çalışma olan *Uranium Series Disequilibrium Applications in Geochronology*, kitapta 'M. Ivanovich, A.G. Latham and T.L. Ku' tarafından yazılmıştır. Yani Mektup Yazarlarının diliyle *bu şeklin esas sorunluları* editörler değil bu araştırmacıdır. Acaba Schwarz (1989) o halde kaynak olarak neden editörleri göstermiştir? Bu tür çalışmalar yapanların dikkat ettikleri noktalardan biri de okuru olabildiğince yormadan en kısa yoldan bilgiye ulaştırmaktır. Bu biçimsel tarz eleştirilebilir. Bu nedenle, konu olan makalede de Schwarz (1989)'ın da yaptığı gibi çalışmayı olabildiğince yalın tutarak

okuru rahatlatmak yolu seçilmiştir. Ancak, bu tarz tamamen biçimsel bir kaygı taşımakta olup bilimsel etik açısından '*sorunlu olan araştırmacıların*' dışlanması anlamında değerlendirilmemelidir. Çünkü, bu çalışmada önemli olan, dileyen okurun kaynağa kolayca ulaşabilmesini sağlamak olmalıdır. Bu tarz da, örneklerinde de görüldüğü gibi, bu amaca hizmet etmektedir.

Bilimsel açıdan eksik bulunan noktalara gelince;

Birinci maddede eksik bir bilginin tamamlanması kaygısıyla yapılan katkılarda Mektup Yazarlarının dikkate almadıkları birtakım hususlar olmuş... Makalede verilen güvenilir yaş aralığı Mektup Yazarlarının belirttiği gibi '*Uranyum Serisi metodu*' için verilmemiştir. Çünkü, makalenin başlığından da anlaşılabilirliği gibi uranyum serisi yöntemi değil, **yöntemleri** sözkonusudur. Makaledeki Çizelge 3'te de belirtildiği gibi uranyum serisine dayanan birden fazla yöntem vardır. Ancak makalede, çalışmada vurgulanmak istenen koru doğrultusunda, bunlardan **karst hidrojeolojisi çalışmalarında kullanımı en verimli olan ve büyük mali altyapılar gerektirmeyen bir yöntem olması nedeniyle sadece <sup>230</sup>Th/<sup>234</sup>U yöntemi** üzerinde durulmuştur. Kaldı ki makalede verilen Çizelge 3'ten de açıkça görülebileceği gibi Kütle Spektrometresinin kullanılmasıyla yöntemin etkin olduğu en düşük yaş Mektupta belirtildiği gibi 5000 değil 500 yıla kadar inebilmektedir. Hatta Edwards et al. (1987) *High-Precision Thorium-230 Dating of Corals using Thermal Ionization Mass Spectrometry: Applications to Paleoseismology* (Proc. Of Conf. XXXIX: Directions in Paleoseismology) adlı çalışmasında bu yöntemle 17±3 yıl, öte yandan Gascoyne (1985)'te verilen ve Alfa spektrometresinden (daha hassas sonuç veren Kütle spektrometresinde bile değil) yapılan bir analiz sonucu 278 (+26;-22) bin yıl gibi hassas bir yaş verilmiştir (Bkz. *Bölüm 12. Carbonate and Sulphate Precipitates* (by Latham and Schwarz-in Ivanovic and Harmon, 1992).

Görülüyor ki, Mektupta belirtildiği gibi güvenilirlikte 250 bin yıl sınırı çeşitli yöntemlerle aşılmış ve daha hassas ölçümler yapılmaya başlanmıştır. Kaldı ki, makalede yöntemin hassasiyeti konusuna da değinilmiş ancak elbette makalenin amacı gereği ayrıntıya inilmemiştir. Zira, makalenin amacı, okura bu yöntemin kabuledilebilir bir güvenle kullanılabilirliğinin aktarılmasıdır.

İkinci maddede ise Mektup Yazarları bir dizgi hatasından kaynaklanan bir yanlış haklı olarak belirlemişlerdir. Sayfa 8'de '*... varsayımlar ve kısıtlar*' başlığının altındaki ilk satırda geçen <sup>232</sup>Th, <sup>230</sup>Th olmalıydı. Benzer bir dizgi hatası, Mektup Yazarlarının da dikkatinden kaçan sayfa 7-ikinci sütun 3. Paragrafta da görülmektedir. Burada da '*Çizelge 2'de görüldü-*

ğü gibi  $^{23}\text{Th}/^{234}\text{U}$  yöntemidir' tümcesinde  $^{23}\text{Th}$  yerine  $^{230}\text{Th}$  olmalıydı. Elbette bu hataların hiç bulunmaması için azami çaba gösterilmelidir ve gerek yazar tarafından gerekse hakemler ve editör tarafından da gösterilmiştir.

Birinci maddede belirtilen ve Şekil 3'te açıklama gerektiren rakkamlar makalenin daha fazla uzamasını önlemek amacıyla şekil alt yazısı içinde verilmek üzere metinden çıkarılmış ancak daha sonra bu alt yazının tamamlanması gözden kaçmıştır. Bu durum tamamen yazarın sorumluluğundadır. Şekil alt yazısının aşağıdaki şekilde olması gerekmektedir.

Şekil 3. Bir Mağaranın Genel Kesiti ve Oluşan Mağara Çökelleri (Ivanovic and Harmon, 1992'den)

1) Giriş kesimi: genellikle buharlaşmanın etkili olduğu hızlı çökme; gözenekli, genellikle kırıntı ve organik malzeme içeren tufa oluşumu.

2) Girişe yakın kesim:  $\text{CO}_2$  kaybı ile buharlaşmanın etkin olduğu hızlı çökme; genellikle gözenekli, kırıntı içerebilen traverten

3) İç kesim: genellikle  $\text{CO}_2$  kaybının baskın olduğu daha yavaş çökme; gözenekliliği düşük, sellenmenin olduğu dönemler dışında kırıntılarının bulunmadığı traverten

4) En İç Kesim: sadece  $\text{CO}_2$  kaybının sözkonusu olduğu yavaş çökme; gözeneksiz ve kırıntılı malzemenin bulunmadığı temiz traverten

Ancak, Mektup Yazarlarının sorularına konu olan en uygun örneğin nereden alınması gerektiği, metinde sayfa 10'da birinci sütun birinci paragrafta '*Bununla birlikte, mağaraların derinliklerinde (iç kısımlarında) ve sellenme düzeyinin üzerinde oluşan mağara çökelleri klasik sediman içermemeleri nedeniyle uranyum serisi yaş saptama teknikleri için ideal örnekler oluşturmaktadırlar*' tümcesi ile gerektiği kadar açık bir şekilde belirtilmiştir. Sözü geçen iç kesim ise Şekil 3'te 4 rakkamıyla gösterilen kesimdir. Dolayısıyla, Mektup Yazarları makaleyi dikkatle okudukları takdirde 3. Maddede sormuş oldukları sorunun yanıtını bulmuş olacaklardır.

Mektup Yazarları, göl sedimanları ile ilgili biraz daha ayrıntılı bilginin makalede kapsanması konusunda bir görüş bildirmişlerdir. Ancak, Makalenin Giriş Bölümünde de belirtildiği gibi, yöntemin hidrojeoloji, özellikle de karstlaşma evriminin ortaya konmasına yönelik çalışmalarda kullanım potansiyelinin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu nedenle, yerbilimlerdeki genel kullanım konusunda kısa bilgiler vermekle yetinilmiştir. Aksi takdirde, jeokimyasal prospeksiyondan jeotermal enerjiye kadar her konu ayrıntıları ve örnekleri ile vermeye kalkışılrsa bu durumda çalışma bir dergide yayınlanacak halden çıkarak bir kitapçık haline döntüştü. Bu konu göl sedimanları ile ilgili araştırma yapan meslektaşlarımızın alanına girmektedir.

Son olarak;

Mektup Yazarları mektubun ikinci paragrafında konuya yabancı olmadıklarını belirtmişlerdir. Yazar, Mektup Yazarlarından Sayın Erhan Altunel'in çalışmalarını yakından bilmektedir. Sayın Erhan Altunel de Yazarın çalışmalarını yakından bilmektedir. Çünkü, Yazar, makalenin Katkı Belirtme bölümünde de belirtildiği gibi Birleşmiş Milletler burslusuz olarak İngiltere-Bristol Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, Uranyum Serisi Yaş Saptama Laboratuvarında Dr. P.L. Smart ile çalışmalarını yaparken, Sayın Erhan Altunel de aynı üniversitenin Jeoloji Bölümünde Pamukkale yöresinin neotektoniği konusunda Doktora çalışmasını yapmaktaydı. Hatta, bu çalışmada sanıyorum Dr. P.L. Smart da danışmanlardan biriydi. Bu cümleden olarak, Sayın Erhan Altunel'in konu ile ilgisi, Doktora tez çalışmasında kullandığı ve Dr. P.L. Smart ile Pamukkale'den örnekledikleri travertenlerin yaşlarının bu yöntemle belirlenmesi kapsamında yaptıkları çalışmalar nedeniyledir. Daha sonra, Yazarın da yer aldığı hidrojeoloji amaçlı bir çalışma için aynı bölgede yine P.L. Smart ile ortak çalışmalar yapılmıştır. Bu nedenle, Yazar, Pamukkale'de yapılan ancak hidrojeolojiye ilişkin olmayan Doktora çalışmasından da haberdardır.

Nitekim, bu çalışmanın traverten yaşı ile ilgili sonuçlarına benzer sonuçlar Ekmeççi vd., (1995) (*Pamukkale Sıcak Sulasının Traverten Çökeltme Özelliklerinin  $\text{CO}_2$  Kaybı-Çökeltme Kinetiği İlişkileri Açısından İrdelenmesi-Yerbilimleri, 17, 101-113*) hidrojeokimyasal yöntemlerle hesaplamıştır.

Sayın Erhan Altunel'in yabancı olmadığı uranyum serisi yaş saptama tekniklerinin çalışma konusu olan neotektonik yorumlamalarındaki yeri ve önemini bir makale ile kazandırmasının Türk meslektaşlarımıza büyük yararlar sağlayacağına inanıyorum.

Öte yandan, gerek literatürde gerekse meslektaşlarımla kurduğum bağlantılar sonucunda, bu konuda herhangi bir çalışmasına erişemediğim Mektup Yazarlarından Sayın Rıfat Bozkurt'un da benzer şekilde bilgi ve deneyimlerini meslektaşlarına aktarması durumunda Türkiye'de yerbilimlerine yararlı katkılarda bulunacağına inanıyorum.

**SONSÖZ:** Tartışma bilimsel gelişmenin olmazsa olmaz gereğidir. Meğer ki, tartışmacılara ve okurlara harcadıkları zaman karşılığında bir katkı sağlamış olsun.

Sevgi ve Saygılarımla,

Mehmet EKMEÇİ  
Hacettepe Üniversitesi  
Jeoloji (Hidrojeoloji) Mühendisliği  
Bölümü Beytepe-ANKARA

## Ersin Gırbalar

İller Bankası Genel Müdürlüğü, Ankara

### YANIT

Jeoloji Mühendisliği Dergisi'nin Mayıs 1996 tarihli 48. sayısında yayınlanan "Jeoteknik Çalışmalarda Doğru Adlandırmanın Önemi" başlıklı makalede "Manisa ili Demirci ilçesinin batısında yer alan Ilıca deresinde ..... Bu alanda, ilgili bir kamu kuruluşu tarafından yapılan sondajda 40 m. kireçtaşı içerisinde ilerlendikten sonra gnaysa girildiği sanılarak araştırma durdurulmuştur (Demirci Belediyesi ve M. Hacı, 1993, sözlü görüşme)" şeklinde bir ifade yer almaktadır.

Söz konusu edilen kuyuda gnaysa girildiği sanılarak araştırmanın durdurulduğu doğru değildir.

Manisa ili Demirci Beldesinin içme ve kullanma suyu gereksiniminin karşılanması amacıyla teknik ve idari sorumlulukta yürütülen sondaj çalışmaları sırasında Belediyesince Ilıca Deresi'nde de bir adet kuyu açılması istenmiş ve yapılan etüd sonucu varolan eski hamam yapısı yakınına, Belediyesince yapılması düşünülen tesislere kullanma suyu sağlanması

gerekçe gösterilerek, 40 m. derinliğinde bir kuyu açılmasına karar verilmiştir.

Kuyuda 0-40 m. Bloklü Alüvyon, 40-43 m. Siltli Kil, 43-47 m. Kuvarsit delinmiştir. 46. metrede yaklaşık 50 cm.'lik bir çatlak geçilmiş ve bu sırada kuyu artezyen yapmıştır. Yapılan değerlendirme sonucu derinlik yeterli görülerek kuyu techiz edilmiş ve 36.10 m. dinamik seviye ile 9 lt./sn. 40 °C sıcaklıkta su elde edilmiştir.

Kuyu açımı sırasında kırıntı örnekleri bilinçli bir şekilde incelenerek delinen formasyon tanımlanmıştır. Kuyu projelendirildiği şekilde açılmış ve inşa edilmiştir. Kuyu araştırma kuyusu olarak değil işletme kuyusu olarak açılmıştır.

Sonuç olarak söz konusu makalede yer alan "..... gnaysa girildiği sanılarak araştırma durdurulmuştur" ifadesi doğru olmayıp meslek ve kurumla ilgisi olmayan kişilerden alınan yanlış bilgilere dayanmaktadır. Makalenin temel dayanaklarından birini oluşturan bu ifadenin ilgili kişilere sorulmadan ve suçlayıcı bir biçimde kullanılması yanlıştır.

Engin Öncü Sümer ve Mine Sümer  
Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği  
Bölümü, Beytepe 06532 Ankara

## Jeoloji Panorama

Jeoloji Mühendisliği Dergisi'nin 50. sayısının "Jeoloji Panorama" Dünya Periyodiklerinden CD Tarama sayfalarında "Karbonatların jeokimyası" konusu araştırmacıların hizmetine sunulmaktadır. Öz/Abstract bölümünde sayfa sınırlaması nedeniyle ancak 4 öz/abstract'a yer verildi. Sempozyumlardan haberlere 1997 yılında Çukurova ve Selçuk Üniversiteleri Jeoloji Mühendisliği Bölümlerince gerçekleştirilmiş Jeoloji Sempozyumları konu yapılmıştır. Çeşitli yayınevlerinden derlenen yeni yayım ve kitaplarla okurlarımızın literatür dağarcığı daha da zenginleşmiş olacaktır. Yapılan değerlendirme sonucunda oldukça ilgi göreceğine inandığımız "Jeoloji Panorama" sayfalarına içerdikleri konu başlıkları kapsamında sizlerden gelecek olan yazıları beklemekteyiz. Bu düşünce ile sizlerindeki katkılarıyla jeolojinin çeşitli disiplinlerine daha geniş bir perspektifle bakabilmek olanağı bulunulacaktır. Ayrıca okurlarımızın bize gönderecekleri öğrenmek istedikleri konuları ve yanıtlamamızı istedikleri soruları yanıtları ile birlikte bulacakları "Okurlarımızdan" başlığı ile yeni bir bölümü gelecek sayımızdan başlayarak "Jeoloji Panorama" içinde yer vereceğiz.

### Dünya Periyodiklerinden CD-Tarama GEO-REF (1983-1993)

Hazırlayanlar: Engin Öncü Sümer ve Mine Sümer.  
Konu: Karbonatlı kayaların jeokimyasal özellikleri

#### Kısaltmalar

TI = Başlık  
AU = Yazar (lar)  
OS = Yayımlandığı yer, cilt, sayfa  
AB = Yayının özeti  
YR = Yayımlandığı yıl  
LA = Yayının yazıldığı dil  
DE = Yayının anahtar sözcükleri

#### GEOCHEMISTRY OF CARBONATE (References) (ODTÜ Kütüphanesi GEOREF 1983-1993 CD-Taraması)

**TI: Sedimentary cycling and environmental change in the late Proterozoic; evidence from stable and radiogenic isotopes.**

AU: Derry-Louis-A; Kaufman-Alan-J; Jacobsen-Stein-B  
SO: Geochimica-et-Cosmochimica-Acta. 56. (3). p. 1317-1329. YR: 1992

DE: carbon-; C-13/C-12; carbonate-rocks; strontium-; Sr-87/Sr-86; oxygen-; O-18/O-16; isotopes-; sedimentary-rocks; upper-Proterozoic; Proterozoic-; upper-Precambrian; Precambrian-; stable-isotopes; radioactive-isotopes; alkaline-earth-metals; metals-; ratios-; marine-environment; environment-

**TI: Geochemistry of Precambrian carbonates; IV, Early Paleoproterozoic (2.25 + or - 0.25 Ga) seawater.**

AU: Veizer-Jan; Clayton-Robert-N; Hinton-R-W  
SO: Geochimica-et-Cosmochimica-Acta. 56. (3). p. 875-885. YR: 1992

DE: South-Africa; geochemistry-; carbonate-rocks; Australia-; Canada-; oxygen-; O-18/O-16; carbon-; C-13/C-12; isotopes-; sedimentary-rocks; strontium-; Sr-87/Sr-86; Precambrian-; lower-Proterozoic; Proterozoic-; upper-Precambrian; Malmani-Dolomite; Transvaal-Supergroup; Southern-Africa; Africa-; Duck-Creek-Dolomite; Wyloo-Group; Australasia-; Bruce-Member; Espanola-Formation; Huronian-; trace-elements; stable-isotopes; ratios-; marine-environment; environment-; alkaline-earth-metals; metals-

**TI: Carbonate minerals, major and minor elements and oxygen and carbon isotopes and their variation with water depth in cool, temperate carbonates, western Tasmania, Australia.**

AU: Prasada-Rao-C; Adabi-Mohammad-H  
SO: Marine-Geology. 103. (1-3). p. 249-272. YR: 1992

DE: Tasmania-; oceanography-; sediments-; Tasman-Sea; oxygen-; O-18/O-16; carbonate-sediments; carbon-; C-13/C-12; isotopes-; diagenesis-; cementation-; geochemistry-; processes-; chemical-fractionation; Australia-; Australasia-; West-Pacific; Pacific-Ocean; carbonates-; major-elements; minor-elements; stable-isotopes; sedimentation-rates; marine-sediments; temperate-environment; environment-; depth-; temperature-; SEM-data; X-ray-diffraction-data; bryomol-; bioclastic-sedimentation

**TI: Glacial to interglacial contrasts in the calcium carbonate content and influence of Indus discharge in two eastern Arabian Sea cores.**

AU: Divakar-Naidu-P  
SO: Palaeogeography,-Palaeoclimatology,-Palaeoecology. 86. (3-4). p. 255-263. YR: 1991

DE: Arabian-Sea; stratigraphy-; Quaternary-; sediments-; composition-; calcium-carbonate; Indian-Ocean; Indus-River; cores-; discharge-; distribution-; geochemistry-; Holocene-; Pleistocene-; glacial-environment; environment-; interglacial-environment; fluctuations-; climate-; changes-; indicators-

**TI: Geochemical mapping of carbonate terrains.**

AU: Pirc-Simon; McNeal-J-M; Lenarcic-T; Prohic-Esad; Svrkota-R  
SO: Applied-Earth-Sciences. 100. p. B74-B87. YR: 1991

DE: Yugoslavia-; geochemistry-; surveys-; geomorphology-; solution-features; karst-; cartography-; topography-; terrains-; carbonates-; Southern-Europe; Europe-; statistical-analysis; soils-

**TI: Strontium isotope profile of Carboniferous-Permian Akiyoshi Limestone in Southwest Japan.**

AU: Nishioka-Sumino; Arakawa-Yoji; Kobayashi-Yoji  
SO: Geochemical-Journal. 25. (3). p. 137-146. YR: 1991

DE: Japan-; geochemistry-; isotopes-; Sr-87/Sr-86; limestone-; strontium-; sedimentary-rocks; Akiyoshi-Limestone; Honshu-; Far-

East; Asia-; alkaline-earth-metals; metals-; sedimentary-petrology; carbonate-rocks; stable-isotopes; Carboniferous-; Permian-; interpretation-

**TI: Petrographic and geochemical analysis of caliche profiles in a Bahamian Pleistocene dune.**

AU: Beier-J-A SO: *Sedimentology*. 34. (6). p. 991-998. YR: 1987  
DE: Bahamas-; geochemistry-; sedimentary-rocks; carbonate-rocks; caliche-; carbon-; C-13/C-12; oxygen-; O-18/O-16; isotopes-; ratios-; upper-Pleistocene; Pleistocene-; Quaternary-; West-Indies; clastic-rocks; eolianite-; stable-isotopes; trace-elements; petrography-; San-Salvador

**TI: Petrological and isotopic implications of some contrasting late Precambrian carbonates, NE Spitsbergen.**

AU: Fairchild-I-J; Spiro-B SO: *Sedimentology*. 34. (6). p. 973-989. YR: 1987  
DE: Spitsbergen-; sedimentary-petrology; sedimentary-rocks; carbonate-rocks; geochemistry-; carbon-; C-13/C-12; oxygen-; O-18/O-16; isotopes-; ratios-; Svalbard-; Vendian-; upper-Proterozoic; Proterozoic-; stable-isotopes; iron-; metals-; manganese-; strontium-; alkaline-earth-metals; diagenesis-; paleoenvironment-; upper-Precambrian; Precambrian-; Arctic-region; Polar-regions

**TI: Coordinated textural, isotopic, and elemental analyses of constituents in some Middle Devonian limestones.**

AU: Popp-Brian-Nicholas OS: University of Illinois, Urbana, United-States; Master's SO: 136 p. YR: 1981  
DE: sedimentary-rocks; limestone-; isotopes-; Devonian-; sedimentary-petrology; geochemistry-; carbonate-rocks; textures-; Middle-Devonian

**TI: Stable isotope geochemistry of early Proterozoic carbonate concretions in the Animikie Group of the Lake Superior region; evidence for anaerobic bacterial processes.**

AU: Winter-Bryce-L; Knauth-L-Paul SO: *Precambrian-Research*. 54. (2-4). p. 131-151. YR: 1992  
DE: Minnesota-; geochemistry-; isotopes-; Ontario-; carbon-; C-13/C-12; concretions-; oxygen-; O-18/O-16; sulfur-; S-34/S-32; sedimentary-structures; secondary-structures; Animikie-Group; Rove-Formation; Thomson-Formation; Gunflint-Iron-Formation; Midwest-; United-States; stable-isotopes; lower-Proterozoic; Proterozoic-; dolomite-; carbonates-; precipitation-; diagenesis-; reduction-; Eastern-Canada; Canada-; Pass-Lake-Quarry; Oliver-Creek; electron-probe-data; authigenic-minerals; Lake-Superior-region

**TI: Origin of carbonate deposits in the vicinity of Yucca Mountain, Nevada; preliminary results of hydrochemical modeling.**

AU: Kroitoru-Levy; Livnat-Alex; Fenster-David-F; Van-Camp-Scott-G SO: *American-Geophysical-Union*. 72. (17). p. 116 YR: 1991  
DE: Nevada-; hydrogeology-; ground-water; Nye-County-Nevada; Western-U.S.; United-States; southern-Nevada; Nevada-Test-Site; Yucca-Mountain; waste-disposal; radioactive-waste; high-level-waste; calcite-; carbonates-; fractures-; hydrochemistry-

**TI: Geochemical constraints on the origin of dolomite in the Ordovician Trenton and Black River limestones, Albion-Scipio area, Michigan.**

AU: Granath-Victoria-C SO: *AAPG-Bulletin*. 75. (3). p. 584-585 YR: 1991  
DE: Michigan-; sedimentary-petrology; sedimentary-rocks; Trenton-Group; Black-River-Group; Midwest-; United-States; geochemistry-; dolostone-; carbonate-rocks; Ordovician-; limestone-; Albion-Scipio-Field; Stoney-Point-Field; south-central-Michigan; strontium-; alkaline-earth-metals; metals-; Sr-87/Sr-86; isotopes-; stable-isotopes;

matrix-; cement-; dolomitization-; sea-water; brines-; fluid-inclusions; inclusions-; geologic-thermometry; oxygen-; O-18/O-16; hydrogen-; D/H-; deuterium-; Michigan-Basin; North-America; siliciclastics-

**TI: Carbon isotopic stratigraphy of the San Andres Formation; a possible correlation tool?.**

AU: Colgan-R-Eugene; Scholle-Peter-A SO: *AAPG-Bulletin*. 75. (3). p. 555 YR: 1991  
DE: Texas-; stratigraphy-; Permian-; San-Andres-Formation; Southwestern-U.S.; United-States; carbon-; isotopes-; correlation-; Algerita-Escarpment; Permian-Basin; transgression-; shelf-environment; environment-; nearshore-environment; progradation-; cycles-; dolostone-; carbonate-rocks; C-13/C-12; stable-isotopes; dissolved-materials; dolomitization-; chemostratigraphy-

**TI: Cathodoluminescence and trace-element geochemistry of carbonate cements formed with burial in seawater.**

AU: Budd-D-A SO: *AAPG-Bulletin*. 75. (3). p. 547 YR: 1991  
DE: Atlantic-Ocean; sedimentary-petrology; diagenesis-; cathodoluminescence-; trace-elements; cement-; carbonates-; sea-water; cementation-; Lower-Cretaceous; Cretaceous-; turbidite-; debris-flows; mass-movements; DSDP-Site-534; Leg-76; IPOD-; Deep-Sea-Drilling-Project; DSDP-Site-416; Leg-50; allochems-; petrography-; overgrowths-; siliciclastics-; Eh-; pH-; brines-; limestone-; carbonate-rocks

**TI: Diagenetic framework for chemical remanence acquisition in lower Paleozoic carbonate rocks from W. Newfoundland.**

AU: Beaubouef-R-T; Rush-P-F SO: *AAPG-Bulletin*. 75. (3). p. 539 YR: 1991  
DE: Newfoundland-; sedimentary-petrology; diagenesis-; stratigraphy-; Paleozoic-; Eastern-Canada; Canada-; lower-Paleozoic; carbonate-rocks; western-Newfoundland; Saint-George-Group; Tremadocian-; Lower-Ordovician; Ordovician-; Port-au-Port-Peninsula; Cambrian-; autochthons-; uplifts-; petrography-; evolution-; fabric-; limestone-; dolostone-; paleomagnetism-; magnetization-; hematite-; oxides-; karst-; solution-features; dedolomitization-; remagnetization-; magnetite-; geochemistry-; cementation-; precipitation-; authigenic-minerals; dolomitization-

**TI: Kuwaiti dolomite; petrology, geochemistry and groundwater origin.**

AU: El-Sayed-M-I; Fairchild-I-J; Spiro-B SO: *Sedimentary-Geology*. 73. (1-2). p. 59-75. YR: 1991  
DE: Kuwait-; sedimentary-petrology; sediments-; sedimentary-rocks; chemically-precipitated-rocks; duricrust-; ground-water; geochemistry-; isotopes-; oxygen-; O-18/O-16; carbon-; C-13/C-12; Arabian-Peninsula; Asia-; Quaternary-; calcrete-; carbonate-rocks; dolomite-; stable-isotopes; dolomite-; carbonates-; dolostone-

**TI: A reconnaissance carbon-oxygen isotopic study of micritic components in Silurian marine carbonates from eastern Iowa.**

AU: Ludvigson-Greg-A; Witzke-Brian-J; Gonzalez-L-A SO: *Geological-Society-of-America*. 23. (3). p. 26 YR: 1991  
DE: Iowa-; stratigraphy-; Silurian-; Scotch-Grove-Formation; Gower-Formation; Le-Porte-City-Limestone; Midwest-; United-States; carbon-; C-13/C-12; isotopes-; stable-isotopes; oxygen-; O-18/O-16; carbonate-rocks; micritization-; diagenesis-; sedimentary-petrology; processes-; eastern-Iowa; dolomitization-

**TI: Petroleum potentialities of central Tunisia as deduced from identification and characterization of oil source rocks.**

AU: Saidi-M; Acheche-M-H; Inoubli-H; Belayouni-H SO: *AAPG-Bulletin*. 75. (8). p. 1420 YR: 1991  
DE: Tunisia-; economic-geology; petroleum-; North-Africa; Africa-; central-Tunisia; source-rocks; possibilities-; Silurian-; Devonian-; shale-; clastic-rocks; Cretaceous-; black-shale; Eocene-; Paleogene-



Tertiary-; carbonate-rocks; genesis-; natural-gas; geochemistry-; organic-materials; exploration-

**TI: Geochemistry of metastable carbonate minerals from the Brush Creek marine interval (Missourian), Indiana County, Pennsylvania.**

AU: Cercione-Karen-Rose; Kime-Amy; Mutchler-Scott; Rittler-Keith  
 SO: AAPG-Bulletin. 75. (8). p. 1381 YR: 1991  
 DE: Pennsylvania-; geochemistry-; carbonates-; Indiana-County-Pennsylvania-; Brush-Creek-Formation; Eastern-U.S.; United-States; minerals-; marine-environment; environment-; Missourian-; Upper-Pennsylvanian; Pennsylvanian-; Carboniferous-; western-Pennsylvania; aragonite-; calcite-; shells-; X-ray-diffraction-data; magnesian-calcite; isotopes-; carbon-; C-13/C-12; stable-isotopes; oxygen-; O-18/O-16; bivalves-; mollusks-; precipitation-; Pharkidonotus-; recrystallization-; textures-; SEM-data; crinoids-; echinoderms-; pore-water; early-diagenesis; diagenesis-

**TI: Aspects of the chemistry of modern and fossil biological apatites.**

AU: Lee-Thorp-Julia-A; van-der-Merwe-Nikolaas-J  
 OS: Univ. Cape Town, Dep. Archaeol., Rondebosch, South-Africa; Univ. Fla., United-States; Harvard Univ., United-States  
 SO: Journal-of-Archaeological-Science. 18. (3). p. 343-354. YR: 1991  
 DE: carbon-; isotopes-; C-13/C-12; Mammalia-; Primates-; Pleistocene-; South-Africa; paleontology-; stable-isotopes; bones-; teeth-; Swartkrans-; geochemistry-; collagen-; proteins-; organic-materials; apatite-; phosphates-; carbonate-apatite; infrared-spectra; mammals-; Eutheria-; Theria-; biochemistry-; Quaternary-; diet-; Southern-Africa; Africa-

**TI: Carbon and oxygen isotope composition of lower Palaeozoic limestones and concretions, an example of high temperature diagenesis.**

AU: Buchardt-Bjorn  
 SO: Terra-Cognita. 4. (2). p. 219-220. YR: 1984  
 DE: Denmark-; geochemistry-; isotopes-; limestone-; carbonate-rocks; Scandinavia-; Western-Europe; Europe-; Bornholm-; geologic-thermometry; lower-Paleozoic; Paleozoic-; O-18/O-16; stable-isotopes; oxygen-; C-13/C-12; carbon-; IGCP-; high-temperature; diagenesis-

**TI: Sr isotopic variation in shallow water carbonate sequences; stratigraphic, chronostratigraphic, and eustatic implications of the record at Enewetak Atoll.**

AU: Quinn-Terrence-M; Lohmann-K-C; Halliday-A-N  
 SO: Paleoceanography. 6. (3). p. 371-385. YR: 1991  
 DE: strontium-; isotopes-; Sr-87/Sr-86; carbon-; C-13/C-12; oxygen-; O-18/O-16; Marshall-Islands; geochemistry-; stratigraphy-; Pleistocene-; sedimentary-rocks; carbonate-rocks; alkaline-earth-metals; metals-; stable-isotopes; Enewetak-Atoll; Micronesia-; Quaternary-; changes-of-level; variations-; shallow-water-environment; environment-; chronostratigraphy-; eustacy-

**TI: Geochemistry of Cambro-Ordovician Arbuckle Limestone, Oklahoma; implications for diagenetic delta (18)O alteration and secular delta (13)C and (87)Sr/(86)Sr variation.**

AU: Gao-Guoqiu; Land-Lynton-S SO: Geochimica-et-Cosmochimica-Acta. 55. (10). p. 2911-2920. YR: 1991  
 DE: Oklahoma-; geochemistry-; isotopes-; oxygen-; O-18/O-16; carbon-; C-13/C-12; strontium-; Sr-87/Sr-86; sedimentary-rocks; limestone-; Arbuckle-Group; Southwestern-U.S.; United-States; Cambrian-; Ordovician-; carbonate-rocks; ratios-; stable-isotopes; alkaline-earth-metals; metals-; diagenesis-; secular-variations; Slick-Hills; southwestern-Oklahoma

**TI: Fluorine mobility during early diagenesis of carbonate sediment; an indicator of mineral transformations.**

AU: Rude-Peter-D; Aller-Robert-C

SO: Geochimica-et-Cosmochimica-Acta. 55. (9). p. 2491-2509. YR: 1991

DE: fluorine-; geochemistry-; carbonate-sediments; Gulf-of-Mexico; diagenesis-; indicators-; halogens-; migration-of-elements; sediments-; early-diagenesis; marine-sediments; Florida-Bay; North-American-Atlantic; North-Atlantic; Atlantic-Ocean; pore-water; fluoride-ion; mobility-

**TI: Paleolimnological signatures from carbon and oxygen isotopic ratios in carbonates from organic carbon-rich lacustrine sediments.**

AU: Talbot-M-R; Kelts-K

SO: AAPG-Memoir. 50. p. 99-112. YR: 1990

DE: Ghana-; geochemistry-; isotopes-; sediments-; carbonate-sediments; sedimentary-petrology; carbon-; oxygen-; ratios-; lacustrine-environment; environment-; organic-carbon; organic-materials; carbonates-; paleolimnology-; West-Africa; Africa-; Lake-Bosumtwi; diagenesis-; water-; mineral-composition; paleohydrology-; processes-; salinity-

**TI: Carbon dioxide in the Paleozoic atmosphere; evidence from carbon-isotope compositions of pedogenic carbonate.**

AU: Mora-Claudia-I; Driese-Steven-G; Seager-Paula-G

SO: Geology-(Boulder). 19. (10). p. 1017-1020. YR: 1991

DE: Pennsylvania-; stratigraphy-; Paleozoic-; carbon-; isotopes-; C-13/C-12; sedimentary-rocks; clastic-rocks; Paleosols-; paleoclimatology-; Bloomsburg-Formation; Catskill-Formation; Mauch-Chunk-Formation; paleoatmosphere-; carbon-dioxide; stable-isotopes; red-beds; Eastern-U.S.; United-States; central-Pennsylvania; soils-; claystone-; atmospheric-pressure; fluvial-environment; environment-; deltaic-environment

**TI: Influence of deep-sea benthic processes on atmospheric CO<sub>2</sub>.**

AU: Sundquist-E-T

SO: Mathematical-and-Physical-Sciences. 331. (1616). p. 155-165. YR: 1990

DE: geochemistry-; geochemical-cycle; carbon-; atmosphere-; sediments-; marine-sediments; diagenesis-; carbon-dioxide; deep-sea-environment; environment-; processes-; sea-water; solution-; carbonate-sediments; buffers-; models-

**TI: Calcium carbonate preservation in the ocean.**

AU: Emerson-S-R; Archer-D

SO: Mathematical-and-Physical-Sciences. 331. (1616). p. 29-40. YR: 1990

DE: Indian-Ocean; oceanography-; sediments-; marine-sediments; geochemistry-; Atlantic-Ocean; carbon-; sea-water; calcium-carbonate; sediment-water-interface; preservation-; degradation-; solution-; saturation-; organic-materials; deep-sea-environment; environment-; organic-carbon; sedimentary-petrology; processes-; models-

**TI: Geochemical differences between subtropical (Ordovician), cool-temperate (Recent and Pleistocene) and subpolar carbonate, Tasmania, Australia.**

AU: Prasada-Rao-C

SO: Carbonates-and-Evaporites. 6. (1). p. 82-106. YR: 1991

DE: Tasmania-; sedimentary-petrology; sedimentary-rocks; carbonate-rocks; environment-; geochemistry-; oxygen-; isotopes-; O-18; carbon-; C-13; Australia-; Australasia-; Permian-; Pleistocene-; Quaternary-; Holocene-; temperate-environment; subpolar-environment; subtropical-environment; Ordovician-; classification-; stable-isotopes; trace-elements

**TI: Chemical and isotopic evolution of fluids in the active Long Valley hydrothermal system.**

AU: Peterson-Maria-L; White-Art-F

SO: 1989 annual meeting. Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America. 21. (6). p. A85 YR: 1989

DE: California-; geochemistry-; isotopes-; Pacific-Coast; Western-U.S.; United-States; evolution-; Long-Valley-Caldera; topography-; hydrology-; hydrogen-; D/H-; stable-isotopes; deuterium-; oxygen-; O-18/O-16; rainfall-; seasonal-variations; tuff-; pyroclastics-; volcanic-rocks; carbon-; C-13/C-12; carbonate-rocks; geologic-thermometry; temperature-; pH-; kinetics-; sulfates-; sulfides-

**TI: delta (18)O and delta (13)C stable isotope geochemistry of dolomitized detrital calcites of the Los Monegros Group, southeastern Ebro Basin, Spain.**

AU: Peterson-Jonathan-D

SO: AAPG-Bulletin. 74. (5). p. 739-740 Y.R: 1990

DE: Spain-; sedimentary-petrology; diagenesis-; geochemistry-; isotopes-; Iberian-Peninsula; Southern-Europe; Europe-; oxygen-; O-18/O-16; stable-isotopes; carbon-; C-13/C-12; dolomitization-; calcite-; carbonates-; Los-Monegros-Group; Ebro-Basin; lacustrine-environment; environment-; limestone-; carbonate-rocks; lithocalcarene-; paleogeography-; pore-water

**TI: Petroleum potential of the Upper Ordovician Maquoketa Group in Illinois; a coordinated geological and geochemical study.**

AU: Crockett-Joan-E; Kruge-Michael-A; Oltz-Donald-F

SO: AAPG-Bulletin. 74. (5). p. 636 Y.R: 1990

DE: Illinois-; economic-geology; petroleum-; Maquoketa-Formation; New-Albany-Shale; Midwest-; United-States; possibilities-; Upper-Ordovician; Ordovician-; geochemistry-; shale-; clastic-rocks; carbonate-rocks; source-rocks; lithostratigraphy-; Rock-Eval; pyrolysis-; maturity-; pristane-; alkanes-; aliphatic-hydrocarbons; hydrocarbons-; organic-materials; phytane-; steroids-; isomers-; lithofacies-; sandstone-; migration-; stratigraphic-traps; traps-; Cottage-Grove-Fault

**TI: Paleoclimatic controls on stable oxygen and carbon isotopes in caliche of the Abo Formation (Permian), south-central New Mexico, U.S.A.**

AU: Mack-Greg-H; Cole-David-R; Giordano-Thomas-H; Schaal-William-C; Barcelos-Jose-H

SO: Journal-of-Sedimentary-Petrology. 61. (4). p. 458-472. Y.R: 1991

DE: New-Mexico; stratigraphy-; Permian-; paleoclimatology-; isotopes-; sedimentary-rocks; caliche-; carbonate-rocks; oxygen-; O-18/O-16; carbon-; C-13/C-12; sedimentation-; deposition-; environment-; Abo-Formation; Southwestern-U.S.; United-States; stable-isotopes; south-central-New-Mexico

**TI: Isotopes in climatological studies.**

AU: Rozanski-Kazimierz; Gonfiantti-Roberto

SO: International-Atomic-Energy-Agency-Bulletin. 32. (4). p. 9-15 Y.R: 1990

DE: isotopes-; analysis-; climate-; paleoclimatology-; indicators-; atmosphere-; research-; meteorology-; techniques-; ocean-circulation; marine-environment; environment-; ice-caps; terrestrial-environment; polar-environment; changes-; marine-sediments; lake-sediments; ground-water; calcium-carbonate; circulation-; data-bases; models-; precipitation-; geochemistry-

**TI: Carbonate minerals in glacial sediments; geochemical clues to palaeoenvironment.**

AU: Fairchild-Ian-J; Spiro-Baruch

SO: Geological-Society-Special-Publications. 53. p. 201-216. Y.R: 1990

DE: sediments-; carbonate-sediments; glaciomarine-environment; minerals-; carbonates-; occurrence-; sedimentation-; transport-; glacial-transport; environment-; paleoenvironment-; Quaternary-; chemostratigraphy-; geochemistry-; IGCP-; Proterozoic-; upper-Precambrian; Precambrian-; recrystallization-

**TI: Events leading to global phosphogenesis around the Proterozoic/Cambrian boundary.**

AU: Donnelly-T-H; Shergold-J-H; Southgate-P-N; Barnes-C-J

SO: Geological-Society-Special-Publications. 52. p. 273-287. Y.R: 1990

DE: diagenesis-; processes-; phosphatization-; sedimentation-; environment-; anaerobic-environment; isotopes-; ratios-; stable-isotopes; strontium-; Sr-87/Sr-86; carbon-; C-13/C-12; global-; upper-Proterozoic; Proterozoic-; Lower-Cambrian; Cambrian-; boundary-; alkaline-earth-metals; metals-; marine-environment; IGCP-; organic-materials; carbonate-rocks; geochemistry-; phosphorus-

**TI: Precambrian/Cambrian boundary problem; carbon isotope correlations for Vendian and Tommotian time between Siberia and Morocco.**

AU: Magaritz-Mordeckai; Kirschvink-Joseph-L; Latham-Andrew-J; Zhuravlev-A-Yu; Rozanov-A-Yu

SO: Geology-(Boulder). 19. (8). p. 847-850. Y.R: 1991

DE: USSR-; stratigraphy-; Proterozoic-; Morocco-; Cambrian-; isotopes-; carbon-; C-13/C-12; sedimentary-rocks; carbonate-rocks; geochemistry-; Siberia-; North-Africa; Africa-; upper-Precambrian; Precambrian-; Vendian-; upper-Proterozoic; Tommotian-; Lower-Cambrian; boundary-; correlation-; chemostratigraphy-; stable-isotopes; fluctuations-; cycles-; Anti-Atlas; Siberian-Platform; sections-; IGCP-

**TI: Oxygen-isotope composition of diagenetic calcite in organic-rich rocks; evidence for (18)O depletion in marine anaerobic pore water.**

AU: Sass-Eytan; Bein-Amos; Almogi-Labin-Ahuva

SO: Geology-(Boulder). 19. (8). p. 839-842.

Y.R: 1991

DE: Israel-; geochemistry-; isotopes-; oxygen-; O-18/O-16; diagenesis-; sedimentary-rocks; carbonate-rocks; Middle-East; Asia-; stable-isotopes; calcite-; carbonates-; organic-materials; marine-environment; environment-; pore-water; anaerobic-environment; Upper-Cretaceous; Cretaceous-; SEM-data; foraminifers-; microfossils-; paleo-oceanography; bicarbonate-ion

**TI: Geochemical studies of subsurface carbonate rocks.**

AU: Erickson-R-L; Erickson-M-S; Mosier-E-L; Chazin-Barbara

OS: U. S. Geol. Surv., United-States; U. S. Geol. Surv., United-States

SO: Geological-Survey-Bulletin. p. 51-52. Y.R: 1991

DE: Missouri-; geochemistry-; carbonate-rocks; sedimentary-rocks; surveys-; Polk-County-Missouri; Greene-County-Missouri; Dallas-County-Missouri; Laclede-County-Missouri; Webster-County-Missouri; Wright-County-Missouri; USGS-; Midwest-; United-States; southwestern-Missouri; Springfield-Quadrangle; cores-

**TI: Determination of carbonate carbon in geologic materials by coulometric titration.**

AU: Brandt-Elaine-L; Aruscavage-Philip-J; Papp-Clara-S-E

SO: Geological-Survey. p. 68-72. Y.R: 1990

DE: chemical-analysis; techniques-; sample-preparation; carbon-; analysis-; USGS-; titration-; coulometry-; carbonates-

**TI: Carbon and oxygen isotope trends of Precambrian-Cambrian carbonates from Lesser Himalaya, India.**

AU: Tewari-Vinod-C

OS: Wadia Inst. Himalayan Geol., Dehra Dun, India Y.R: 1990

CN: Himalayan geology seminar, Dehra Dun, April 4-7, 1990

DE: India-; geochemistry-; isotopes-; sedimentary-rocks; carbonate-rocks; Lesser-Himalayas; Indian-Peninsula; Asia-; Precambrian-; Cambrian-; Deoban-Formation; Riphean-; upper-Proterozoic; Proterozoic-; Vendian-; Krol-Formation; C-13/C-12; stable-isotopes; carbon-; ratios-; oxygen-; O-18/O-16; Tommotian-; Lower-Cambrian;

variations-; sedimentation-; evolution-; cyclic-processes; atmosphere-; oceanography-

**TI: Characterization of tar from a carbonate reservoir in Saudi Arabia; Part I, Chemical aspect.**

AU: Harouaka-A-S; Asar-H-K; Al-Arfaj-A-A; Al-Husaini-A-H; Nofal-W-A YR: 1991

DE: Saudi-Arabia; geochemistry-; organic-materials; engineering-geology; petroleum-engineering; reservoir-rocks; chemical-analysis; methods-; chromatography-; Arabian-Peninsula; Asia-; carbonate-rocks; characterization-; tar-; sampling-; thermal-analysis; X-ray-analysis

**TI: The influence of limestone stability on the interpretation of geochemical processes occurring in the saltwater-freshwater mixing zone.**

AU: Wicks-Carol-M; Herman-Janet-S; Randazzo-Anthony-F; Jee-Jonathan-L

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America. 22. (7). p. 63 YR: 1990

DE: Florida-; hydrogeology-; ground-water; Floridan-Aquifer; Southeastern-U.S.; Eastern-U.S.; United-States; Central-Florida; west-central-Florida; limestone-; carbonate-rocks; aquifers-; geochemistry-; hydrochemistry-; salt-water; fresh-water; solubility-

**TI: Radium isotopes, alkaline earth diagenesis, and age determination of travertine from Mammoth Hot Springs, Wyoming, U.S.A.**

AU: Sturchio-Neil-C

SO: Applied-Geochemistry. 5. (5-6). p. 631-640. YR: 1990

DE: Wyoming-; geochemistry-; isotopes-; sedimentary-rocks; carbonate-rocks; travertine-; radium-; Ra-228/Ra-226; Park-County-Wyoming; Mammoth-Hot-Springs; Western-U.S.; United-States; Yellowstone-National-Park; alkaline-earth-metals; metals-; radioactive-isotopes; diagenesis-; sedimentary-petrology; absolute-age; Quaternary-

**TI: Manganese contents of some rocks of Silurian and Devonian ages in Northwest Virginia.**

AU: Cox-Leslie-J

OS: U. S. Geol. Surv., United-States; U. S. Geol. Surv., United-States

SO: Geological-Survey-Bulletin. p. B1-B16. YR: 1991

DE: Virginia-; geochemistry-; trace-elements; economic-geology; manganese-ores; mineral-deposits; genesis-; supergene-processes; sedimentary-rocks; manganese-; carbonate-rocks; Shenandoah-County-Virginia; Frederick-County-Virginia; Rockingham-County-Virginia; Helderberg-Group; USGS-; Southeastern-U.S.; Eastern-U.S.; United-States; northwestern-Virginia; Silurian-; Devonian-; lower-Paleozoic; Paleozoic-; metal-ores; metals-; sedimentation-; marine-environment; environment-; shallow-water-environment; mineral-deposits,-genesis

**TI: Manganese contents of some lower Paleozoic carbonate rocks of Virginia.**

AU: Force-Eric-R

SO: Geological-Survey-Bulletin. p. A1-A9. YR: 1991

DE: Virginia-; economic-geology; manganese-ores; sedimentary-rocks; geochemistry-; manganese-; carbonate-rocks; mineral-deposits; genesis-; supergene-processes; Clarke-County-Virginia; Shenandoah-County-Virginia; Giles-County-Virginia; Buchanan-County-Virginia; Montgomery-County-Virginia; Grayson-County-Virginia; Carroll-County-Virginia; Botetourt-County-Virginia; Washington-County-Maryland; Shady-Dolomite; Knox-Group; USGS-; Southeastern-U.S.; Eastern-U.S.; United-States; western-Virginia; Maryland-; northwestern-Maryland; metals-; lower-Paleozoic; Paleozoic-; mineral-deposits,-genesis; metal-ores; marine-environment; environment-; shallow-water-environment; geochemical-controls; sedimentation-; hydrogeological-controls

**TI: Manganese contents of some sedimentary rocks of Paleozoic age in Virginia.**

AU: Force-Eric-R; Cox-Leslie-J

SO: Geological-Survey-Bulletin. 25 p. YR: 1991

DE: Virginia-; geochemistry-; manganese-; carbonate-rocks; sedimentary-rocks; Shady-Dolomite; Knox-Group; Oriskany-Sandstone; Helderberg-Group; USGS-; Southeastern-U.S.; Eastern-U.S.; United-States; metals-; Paleozoic-; manganese-oxides; oxides-; manganese-ores; metal-ores; Appalachians-; North-America

**TI: Devonian dolomites from the Holy Cross Mts., Poland; a new concept of the origin of massive dolomites based on petrographic and isotopic evidence.**

AU: Migaszewski-Zdzislaw-M

SO: Journal-of-Geology. 99. (2). p. 171-187. YR: 1991

DE: Poland-; sedimentary-petrology; sedimentary-rocks; carbonate-rocks; dolostone-; isotopes-; carbon-; C-13/C-12; oxygen-; O-18/O-16; diagenesis-; dolomitization-; evolution-; Central-Europe; Europe-; Swiety-Krzysz-Mountains; genesis-; petrography-; Upper-Devonian; Devonian-; clay-mineralogy; pyrite-; sulfides-; stable-isotopes

**TI: Oceanic ferromanganese geochemistry.**

AU: Andreev-Sergei-I (Andreyev, Sergey I.)

OS: VNIIOkeangeol., Leningrad, USSR

SO: AAPG-Bulletin. 74. (6). p. 958 YR: 1990

DE: nodules-; ferromanganese-composition; geochemistry-; classification-; metals-; carbonate-compensation-depth; diagenesis-; sedimentary-processes; hydrothermal-processes

**TI: A fluid inclusion and stable isotope study of synmetamorphic copper ore formation at Mount Isa, Australiareply.**

AU: Heinrich-Christoph-A; Andrew-Anita-S; Wilkins-Ronald-W-T; Patterson-David-J

SO: Economic-Geology-and-the-Bulletin-of-the-Society-of-Economic-Geologists. 86. (1). p. 206-207. YR: 1991

DE: Queensland-; geochemistry-; isotopes-; fluid-inclusions; P-T-conditions; greenschist-facies; copper-ores; stable-isotopes; carbon-; C-13/C-12; oxygen-; O-18/O-16; hydrogen-; D/H-; mineral-deposits; genesis-; metamorphic-processes; deuterium-; ore-forming-fluids; Australia-; Australasia-; metal-ores; economic-geology; Mount-Isa; inclusions-; mineral-deposits,-genesis; deformation-; breccia-; clastic-rocks; dolostone-; carbonate-rocks; zoning-; geologic-thermometry; greenstone-; schists-; paleosalinity-; alteration-; Urquhart-Shale; pH-; cooling-; mineral-assemblages; crystallization-; calcium-chloride; homogenization-

**TI: Geochemical evidence supporting T. C. Chamberlin's theory of glaciation.**

AU: Raymo-M-E

SO: Geology-(Boulder). 19. (4). p. 344-347. YR: 1991

DE: biography-; general-; Chamberlin-; T.-C.; glacial-geology; glaciation-; causes-; atmosphere-; geochemistry-; carbon-dioxide; weathering-; chemical-weathering; effects-; strontium-; isotopes-; Sr-87/Sr-86; sedimentary-rocks; carbonate-rocks; Phanerozoic-; stratigraphy-; paleoclimatology-; global-; Chamberlin,-T.-C.; history-; ancient-ice-ages; degassing-; composition-; paleoatmosphere-; orogeny-; rates-; silicates-; alkaline-earth-metals; metals-; stable-isotopes; paleo-oceanography; erosion-

**TI: Manganese carbonate bands as an indicator of hemipelagic sedimentary environments.**

AU: Sugisaki-Ryuichi; Sugitani-Kenichiro; Adachi-Mamoru

SO: Journal-of-Geology. 99. (1). p. 23-40. YR: 1991

DE: Japan-; geochemistry-; manganese-; sedimentary-rocks; sedimentation-; environment-; hemipelagic-environment; minerals-; carbonates-; rhodochrosite-; isotopes-; oxygen-; O-18/O-16; carbon-; C-13/C-12; metals-; banded-materials; carbon-dioxide; chert-; chemically-precipitated-rocks; Paleozoic-; Mesozoic-; Holocene-; Quaternary-; geochemical-indicators; Far-East; Asia-; Honshu-; Mino-Belt; stable-isotopes; geochemical-profiles

**TI: Subduction and accretion of the Permanente Terrane near San Francisco, California.**

AU: Larue-D-K; Barnes-I; Sedlock-R-L

SO: *Tectonics*. 8. (2). p. 221-235. YR: 1989

DE: California-; tectonophysics-; plate-tectonics-; San-Francisco-County-California-; Franciscan-Formation-; Calera-Limestone-; Pacific-Coast-; Western-U.S.-; United-States-; San-Francisco-California-; Permanente-Terrane-; structural-geology-; tectonics-; limestone-; carbonate-rocks-; subduction-; geochemistry-; faults-; evolution-; facies-; deformation-; greenstone-; schists-

**TI: Carbon isotope variations in Cambrian-Proterozoic rocks; a case for secular global trend.**

AU: Banerjee-D-M

SO: *Developments-in-Precambrian-Geology*. 8. p. 453-470. YR: 1990

DE: Asia-; geochemistry-; isotopes-; carbon-; C-13/C-12-; sedimentary-rocks-; carbonate-rocks-; Lower-Cambrian-; Cambrian-; Proterozoic-; upper-Precambrian-; Precambrian-; stable-isotopes-; India-; Indian-Peninsula-; Pakistan-; Mongolia-; Far-East-; variations-; ratios-

**TI: Geochemistry of Precambrian carbonates; 3-shelf seas and non-marine environments of the Archean.**

AU: Veizer-Jan; Clayton-Robert-N; Hinton-R-W; von-Brunn-Victor; Mason-T-R; Buck-S-G; Hoefs-Jochen

SO: *Geochimica-et-Cosmochimica-Acta*. 54. (10). p. 2717-2729. YR: 1990

DE: South-Africa-; geochemistry-; isotopes-; Western-Australia-; sedimentary-rocks-; stable-isotopes-; sea-water-; carbonate-rocks-; sediments-; carbonate-sediments-; strontium-; Sr-87/Sr-86-; oxygen-; O-18/O-16-; carbon-; C-13/C-12-; Precambrian-; Archean-; shelf-environment-; environment-; Southern-Africa-; Africa-; Australia-; Australasia-; Pongola-Supergroup-; Hamersley-Group-; alkaline-earth-metals-; metals-; tectonics-; marine-sediments-; playas-; dolostone-; chemical-composition-; lacustrine-environment-; Ventersdorp-Supergroup-; Fortescue-Group-; trace-elements-; iron-; manganese-

**TI: Eclogitic metamorphism in carbonate rocks; the example of impure marbles from the Sesia-Lanzo Zone, Italian Western Alps.**

AU: Castelli-D

SO: *Journal-of-Metamorphic-Geology*. 9. (1). p. 61-77. YR: 1991

DE: Alps-; petrology-; metamorphism-; Italy-; P-T-conditions-; high-pressure-; metamorphic-rocks-; facies-; eclogite-facies-; Europe-; Southern-Europe-; carbonate-rocks-; marbles-; Sesia-Lanzo-Zone-; Western-Alps-; geochemistry-; electron-probe-data-; absorption-; X-ray-spectra-; chemical-composition-; IGCP-

**TI: Glacial to Holocene changes in carbonate and clay sedimentation in the Equatorial Pacific Ocean estimated from thorium 230 profiles.**

AU: Yang-Yong-Liang; Elderfield-Henry; Ivanovich-Miro

SO: *Paleoceanography*. 5. (5). p. 789-809. YR: 1990

DE: Pacific-Ocean-; stratigraphy-; Quaternary-; thorium-; isotopes-; Th-230-; sedimentation-; sedimentation-rates-; deep-sea-sedimentation-; geochemistry-; processes-; solution-; sediments-; marine-sediments-; Equatorial-Pacific-; actinides-; metals-; radioactive-isotopes-; carbonate-sediments-; glaciomarine-environment-; environment-; postglacial-environment-; marine-environment-; geochemical-indicators-; upper-Pleistocene-; Pleistocene-; Holocene-; geochemical-profiles-; paleo-oceanography-; clay-; clastic-sediments

**TI: Tracers of ocean paleoproductivity and paleochemistry; an introduction.**

AU: Elderfield-Henry

SO: *Paleoceanography*. 5. (5). p. 711-718. YR: 1990

DE: sediments-; marine-sediments-; geochemistry-; paleoecology-; indicators-; marine-environment-; productivity-; environment-; geochemical-indicators-; cadmium-; metals-; barium-; alkaline-earth-

metals-; calcium-; ratios-; paleo-oceanography-; radioactive-isotopes-; isotopes-; geochemical-profiles-; carbonate-sediments-; tracers-

**TI: Isotopic studies of calcite, pyrite, and wood from glacial deposits in the Beardmore Glacier area, Transantarctic Mountains.**

AU: Hagen-Erik-H; Faure-Gunter; Jones-Lois-M

SO: *Antarctic-Journal-of-the-United-States*. 24. (5). p. 67-68. YR: 1989

DE: glacial-geology-; glacial-features-; debris-; absolute-age-; dates-; sediments-; Antarctica-; geochronology-; Paleozoic-; isotopes-; analysis-; sulfur-; S-34-; Beardmore-Glacier-; Polar-regions-; Transantarctic-Mountains-; C-13-; stable-isotopes-; carbon-; O-18-; oxygen-; Sr-87/Sr-86-; alkaline-earth-metals-; metals-; strontium-; glacial-sedimentation-; glacial-environment-; environment-; limestone-; carbonate-rocks-; pyrite-; sulfides-; wood-; Shackleton-Limestone-; Sirius-Formation-; East-Antarctica

**TI: Primary and diagenetic controls of isotopic compositions of iron-formation carbonates.**

AU: Kaufman-Alan-J; Hayes-J-M; Klein-C

SO: *Geochimica-et-Cosmochimica-Acta*. 54. (12). p. 3461-3473. YR: 1990

DE: Western-Australia-; geochemistry-; sedimentary-rocks-; diagenesis-; effects-; carbonate-rocks-; isotopes-; ratios-; carbon-; C-13/C-12-; oxygen-; O-18/O-16-; iron-formations-; chemically-precipitated-rocks-; lower-Proterozoic-; Proterozoic-; upper-Precambrian-; Precambrian-; Dales-Gorge-Member-; Brockman-Iron-Formation-; Australia-; Australasia-; Hamersley-Group-; stable-isotopes

**TI: Geochemistry of sedimentary carbonates.**

AU: Morse-John-W; Mackenzie-Fred-T

SO: *Developments-in-Sedimentology*. 48. 707 p. YR: 1990

DE: sedimentary-rocks-; carbonate-rocks-; geochemistry-; mineral-composition-; reactions-; carbonates-; calcium-carbonate-; diagenesis-; marine-environment-; environment-; early-diagenesis

**TI: (234)U - (238)U - (230)Th - (232)Th systematics in saline groundwaters from central Missouri.**

AU: Banner-Jay-L; Wasserburg-G-J; Chen-James-H; Moore-Clyde-H

SO: *Earth-and-Planetary-Science-Letters*. 101. (2-4). p. 296-312. YR: 1990

DE: Missouri-; hydrogeology-; ground-water-; geochemistry-; radioactive-isotopes-; isotopes-; uranium-; U-238/U-234-; thorium-; Th-232/Th-230-; Midwest-; United-States-; central-Missouri-; salt-water-; salinity-; artesian-waters-; springs-; Mississippian-; Carboniferous-; Ordovician-; sandstone-; clastic-rocks-; carbonate-rocks-; aquifers-; hydrochemistry-; actinides-; metals-; radioactive-decay-; brines-; pollution-

**TI: Relationships between organic matter and metalliferous deposits in lower Palaeozoic carbonate formations in China.**

AU: Jia-R; Liu-D; Fu-J

SO: *Special-Publication-of-the-International-Association-of-Sedimentologists*. (11). p. 193-201. YR: 1990

DE: China-; economic-geology-; metal-ores-; mineral-deposits-; genesis-; controls-; geochemical-controls-; Far-East-; Asia-; carbonate-rocks-; upper-Paleozoic-; Paleozoic-; organic-materials-; Southern-China-; mineral-deposits-; genesis-; trace-elements-; interpretation-; migration-of-elements-; asphalt-; bitumens-; IGCP-

**TI: Stable isotopic and trace elemental study of diagenetic styles in adjacent transgressive-regressive (T-R) units, Middle Devonian Cedar Valley Group.**

AU: Plocher-O-W; Ludvigson-G-A; Gonzalez-L-A

SO: *Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America*. 22. (5). p. 42YR: 1990

DE: Iowa-; stratigraphy-; Devonian-; oxygen-; isotopes-; O-18/O-16; carbon-; C-13/C-12; sedimentary-rocks; carbonate-rocks; invertebrates-; biochemistry-; diagenesis-; cementation-; geochemistry-; trace-elements; Cedar-Valley-Formation; Coralville-Member; Littleton-Member; Midwest-; United-States; transgression-; regression-; Givetian-; Middle-Devonian; petrography-

**TI: Anatomy of a Middle Ordovician carbon isotope excursion; preliminary carbon and oxygen isotopic data from limestone components in the Decorah Formation, Galena Group, eastern Iowa.**

AU: Ludvigson-G-A; Witzke-Brian-J; Lohmann-K-C; Jacobson-S-J  
SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America. 22. (5). p. 39 YR: 1990

DE: Iowa-; geochemistry-; isotopes-; carbon-; C-13/C-12; oxygen-; O-18/O-16; sedimentary-rocks; limestone-; invertebrates-; biochemistry-; Decorah-Shale; eastern-Iowa; Midwest-; United-States; Galena-Dolomite; carbonate-rocks

**TI: Trace-element distribution across calcite veins; a tool for genetic interpretation.**

AU: Erel-Yigal; Katz-Amitai

SO: Chemical-Geology. 85. (3-4). p. 361-367. YR: 1990

DE: Israel-; geochemistry-; trace-elements; sedimentary-rocks; carbonate-rocks; chalk-; crystal-chemistry; carbonates-; calcite-; Middle-East; Asia-; Judean-Desert; Menuha-Formation; Santonian-; Senonian-; Upper-Cretaceous; Cretaceous-; veins-; geochemical-profiles; dolomitization-; solution-; epigene-processes; extension-; crystal-growth

**TI: Stratigraphic shifts in carbon isotopes from Proterozoic stromatolitic carbonates (Mauritania); influences of primary mineralogy and diagenesis.**

AU: Fairchild-I-J; Marshall-J-C; Bertrand-Sarfati-J

SO: American-Journal-of-Science. 290-A. p. 46-79. YR: 1990

DE: Mauritania-; stratigraphy-; Proterozoic-; carbon-; isotopes-; C-13/C-12; diagenesis-; materials-; stromatolites-; sedimentary-structures; biogenic-structures; sedimentary-rocks; carbonate-rocks; geochemistry-; IGCP-; West-Africa; Africa-; upper-Precambrian; Precambrian-; Atar-Group; stable-isotopes; ultrastructure-; fractionation-; algae-; paleo-oceanography; chemostratigraphy-

**TI: Carbon isotope shifts in Pennsylvanian seas.**

AU: Magaritz-Mordeckai; Holsler-William-T

SO: American-Journal-of-Science. 290. (9). p. 977-994 YR: 1990

DE: New-Mexico; geochemistry-; isotopes-; Pennsylvanian-; stratigraphy-; paleo-oceanography; carbon-; C-13/C-12; sedimentary-rocks; carbonate-rocks; Nevada-; Carboniferous-; Southwestern-U.S.; United-States; southwestern-New-Mexico; Big-Hatchet-Peak; stable-isotopes; marine-environment; environment-; Western-U.S.; Arrow-Canyon; paleoatmosphere-; geochemical-profiles

**TI: Extreme (13)C depletions in seawater-derived brines and their implications for the past geochemical carbon cycle.**

AU: Lazar-Boaz; Erez-Jonathan

SO: Geology-(Boulder). 18. (12). p. 1191-1194. YR: 1990

DE: sea-water; geochemistry-; carbon-; isotopes-; C-13/C-12; geochemical-cycle; ecology-; observations-; hypersaline-environment; Israel-; Red-Sea; stable-isotopes; brines-; salinity-; evaporites-; chemically-precipitated-rocks; carbonate-rocks; organic-materials; microbial-mats; sediments-; fractionation-; photosynthesis-; environment-; Middle-East; Asia-; Indian-Ocean; Gulf-of-Aqaba

**TI: Paleomagnetism of the Cambrian Royer Dolomite and Pennsylvanian Collings Ranch Conglomerate, southern Oklahoma; an early Paleozoic magnetization and nonpervasive remagnetization by weathering.**

AU: Nick-Kevin-E; Elmore-R-Douglas

SO: Geological-Society-of-America-Bulletin. 102. (11). p. 1517-1525. YR: 1990

DE: Oklahoma-; stratigraphy-; Pennsylvanian-; Cambrian-; paleomagnetism-; Paleozoic-; isotopes-; sedimentary-rocks; stable-isotopes; oxygen-; O-18/O-16; carbon-; C-13/C-12; Carter-County-Oklahoma; Murray-County-Oklahoma; Collings-Ranch-Conglomerate; Royer-Dolomite; Southwestern-U.S.; United-States; south-central-Oklahoma; Arbuckle-Mountains; Carboniferous-; dolostone-; carbonate-rocks; conglomerate-; clastic-rocks; weathering-; remagnetization-; dedolomitization-; karstification-; chemical-remanent-magnetization; remanent-magnetization; magnetization-; SEM-data; natural-remanent-magnetization; depositional-remanent-magnetization; pole-positions

**TI: The influence of growth mechanism and surface structure on the partitioning of trace elements into minerals; examples from carbonate minerals.**

AU: Reeder-Richard-J

SO: Chemical-Geology. 84. (1-4). p. 305 YR: 1990

DE: crystal-chemistry; carbonates-; calcite-; crystal-growth; partitioning-; diagenesis-; trace-elements; crystal-structure

**TI: Dolomites; reconciling modern sample with the ancient record.**

AU: McKenzie-J-A

OS: ETH Geol. Inst., Zurich, Switzerland; Univ. Aix-Marseille III, Lab. Geosci. Environ., Marseilles, France

SO: Chemical-Geology. 84. (1-4). p. 190-191 YR: 1990

DE: diagenesis-; dolomitization-; sebkha-environment; environment-; dolomite-; carbonates-; dolostone-; carbonate-rocks

**TI: Carbon and oxygen isotopic evidence for iron-formation depositional conditions; Gunflint Formation, Thunder Bay region, Ontario, Canada.**

AU: Carrigan-W-J; Cameron-E-M

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America. 21. (6). p. 24 YR: 1989

DE: Ontario-; stratigraphy-; Proterozoic-; Eastern-Canada; Canada-; upper-Precambrian; Precambrian-; isotopes-; carbon-; C-13/C-12; stable-isotopes; oxygen-; O-18/O-16; iron-formations; chemically-precipitated-rocks; deposition-; Gunflint-Formation; Thunder-Bay; limestone-; carbonate-rocks; dolostone-; siderite-; carbonates-; black-shale; clastic-rocks; chert-; precipitation-; organic-materials; iron-; metals-

**TI: Evolution of mississippi valley-type (MVT) brines in Lower Ordovician carbonate rocks of the Appalachian Orogen.**

AU: Kesler-Stephen-E

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America. 21. (6). p. 8 YR: 1989

DE: Appalachians-; economic-geology; base-metals; North-America; evolution-; mississippi-valley-type; metal-ores; Lower-Ordovician; Ordovician-; carbonate-rocks; Appalachian-Phase; sphalerite-; sulfides-; dolomite-; carbonates-; fluorite-; fluorides-; halides-; barite-; sulfates-; paragenesis-; isotopes-; strontium-; alkaline-earth-metals; metals-; Sr-87/Sr-86; stable-isotopes; brines-; fluid-inclusions; inclusions-; East-Tennessee-Field; solubility-; Tennessee-; Southern-U.S.; United-States; Pennsylvania-; Eastern-U.S.; Newfoundland-; Eastern-Canada; Canada-; ore-forming-fluids; mineral-deposits-; genesis

**TI: Dolomitization of Lower Cambrian carbonate platform during deep burial, Virginia Appalachians, USA.**

AU: Barnaby-R-J; Read-J-F

SO: International-Geological-Congress.-Abstracts-Congres-Geologique-Internationale.-Resumes. 28. (1). p. 89-90. YR: 1989

DE: Virginia-; sedimentary-petrology; diagenesis-; Appalachians-; Shady-Dolomite; Southeastern-U.S.; Eastern-U.S.; United-States; North-America; stratigraphy-; Cambrian-; Lower-Cambrian; dolomitization-; carbonate-platforms; cathodoluminescence-; brecciation-; C-13/C-12; isotopes-; stable-isotopes; carbon-; O-18/O-16; oxygen-; strontium-; alkaline-earth-metals; metals-; Sr-87/Sr-86; iron-; manganese-; marine-environment; environment-; cement-; solution-; fluid-inclusions; inclusions-

**TI: The carbon- and oxygen-isotope record of the Precambrian-Cambrian boundary interval in China and Iran and their correlation.**

AU: Brasier-Martin-D; Magaritz-Mordeckai; Corfield-Richard; Luo-Huilin; Wu-Xiche; Ouyang-Lin; Jiang-Zhiwen; Hamdi-B; He-Tinggui; Fraser-A-G

SO: Geological-Magazine. 127. (4). p. 319-332. YR: 1990

DE: China-; stratigraphy-; Cambrian-; Iran-; Proterozoic-; carbon-; isotopes-; C-13/C-12; oxygen-; O-18/O-16; invertebrates-; biostratigraphy-; USSR-; ratios-; interpretation-; Far-East; Asia-; Middle-East; Yunnan-; Southwestern-China; Meishucun-; Szechwan-; Maidiping-; Vailiabad-; stratotypes-; upper-Precambrian; Precambrian-; Lower-Cambrian; upper-Proterozoic; correlation-; boundary-; diagenesis-; early-diagenesis; dolostone-; carbonate-rocks; phosphate-rocks; chemically-precipitated-rocks; trilobites-; stable-isotopes; Morocco-; North-Africa; Africa-; Tommotian-; India-; Indian-Peninsula; Siberia-; mollusks-; Russian-Republic

**TI: Experimental study bearing on the absence of carbonate in mantle-derived xenoliths.**

AU: Canil-Dante

SO: Geology-(Boulder). 18. (10). p. 1011-1013. YR: 1990

DE: magmas-; geochemistry-; dissociation-; processes-; mantle-; composition-; mineral-composition; inclusions-; xenoliths-; kimberlite-; phase-equilibria; experimental-studies; CaO-MgO-SiO<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>; P-T-conditions; high-pressure; peridotites-; ultramafics-; carbon-dioxide; synthesis-; decompression-; decarbonation-; carbon-

**TI: Dinantian dolomites from East Fife; hydrothermal overprinting of early mixing-zone stable isotopic and Fe/Mn compositions.**

AU: Searl-A; Fallick-A-E

SO: Journal-of-the-Geological-Society-of-London. 147. (4). p. 623-638. YR: 1990

DE: Scotland-; sedimentary-petrology; sedimentary-rocks; carbonate-rocks; geochemistry-; isotopes-; oxygen-; O-18/O-16; carbon-; C-13/C-12; diagenesis-; dolomitization-; Great-Britain; United-Kingdom; Western-Europe; Europe-; Dinantian-; Carboniferous-; limestone-; dolomite-; carbonates-; mixing-; stable-isotopes; iron-; metals-; manganese-; Saint-Monans-Syncline; Fife-; SEM-data; cement-; petrography-; thin-sections; Mid-Kinniny-Limestone; Charlestown-Main-Limestone; Saint-Monans-Little-Limestone; Pathhead-Fault; major-elements; calcite-; siderite-; Saint-Monans-Brecciated-Limestone; Saint-Monans-White-Limestone

**TI: Intracrystalline carbon and oxygen isotope variations in calcite revealed by laser microsampling.**

AU: Dickson-J-A-D; Smalley-P-C; Raheim-A; Stijfhoorn-D-E

SO: Geology-(Boulder). 18. (9). p. 809-811. YR: 1990

DE: minerals-; carbonates-; calcite-; crystal-growth; spectroscopy-; laser-methods; techniques-; chemical-analysis; methods-; carbon-; isotopes-; C-13/C-12; oxygen-; O-18/O-16; Wales-; Great-Britain; United-Kingdom; Western-Europe; Europe-; South-Wales; Abercrombie-; Carboniferous-; limestone-; carbonate-rocks; vugs-; sample-preparation; stable-isotopes; zoning-; chemical-composition; precipitation-

**TI: Glaciation and saline-freshwater mixing as a possible cause of cave formation in the eastern Midcontinent region of the United States; a conceptual model.**

AU: Panno-Samuel-V; Bourcier-William-L

SO: Geology-(Boulder). 18. (8). p. 769-772. YR: 1990

DE: Illinois-; geomorphology-; solution-features; Michigan-; Appalachians-; caves-; glacial-geology; glaciation-; diagenesis-; effects-; karstification-; Midwest-; United-States; Illinois-Basin; Michigan-Basin; North-America; Appalachian-Basin; Midcontinent-; genesis-; theoretical-models; models-; karst-; salt-water; discharge-; fresh-water; ice-movement; aquifers-; limestone-; carbonate-rocks; ground-water; consolidation-; recharge-; mixing-; hydrochemistry-

**TI: Channelized fluid flow through shear zones during fluid-enhanced dynamic recrystallization, Northern Apennines, Italy.**

AU: Carter-Karen-E; Dworkin-Stephen-I

SO: Geology-(Boulder). 18. (8). p. 720-723. YR: 1990

DE: Italy-; structural-geology; deformation-; Apennines-; crystal-growth; carbonates-; calcite-; structural-analysis; preferred-orientation; faults-; effects-; shear-zones; field-studies; recrystallization-; isotopes-; sedimentary-rocks; limestone-; strontium-; Sr-87/Sr-86; oxygen-; O-18/O-16; geochemistry-; trace-elements; Southern-Europe; Europe-; Northern-Apennines; Liguria-; Triassic-; Portoro-Limestone; nappes-; fluid-phase; stable-isotopes; alkaline-earth-metals; metals-; low-grade-metamorphism; metamorphism-; carbonate-rocks

**TI: Geochemical and isotopic constraints on the diagenetic history of a massive stratal, Late Cambrian (Royer) dolomite, Lower Arbuckle Group, Slick Hills, SW Oklahoma, USA.**

AU: Gao-Guoqiu

SO: Geochimica-et-Cosmochimica-Acta. 54. (7). p. 1979-1989. YR: 1990

DE: Oklahoma-; geochemistry-; trace-elements; diagenesis-; isotopes-; sedimentary-rocks; ratios-; carbonate-rocks; dolostone-; oxygen-; O-18/O-16; strontium-; Sr-87/Sr-86; carbon-; C-13/C-12; Slick-Hills; Southwestern-U.S.; United-States; southwestern-Oklahoma; Arbuckle-Group; Royer-Dolomite; Upper-Cambrian; Cambrian-; stable-isotopes; alkaline-earth-metals; metals-

**TI: Geochemical sampling and analysis.**

AU: Jones-D-G; Webb-P-C

**TI: Diagenesis of carbonate cements in Permo-Triassic sandstones from the Iberian Range, Spain; evidence from chemical and stable isotopes.**

AU: Morad-S; Al-Aasm-Ihsan-Shakir; Ramseyer-Karl; Marfil-R; Aldahan-A-A

SO: Sedimentary-Geology. 67. (3-4). p. 281-295. YR: 1990

DE: Spain-; stratigraphy-; Permian-; Triassic-; isotopes-; diagenesis-; cementation-; oxygen-; O-18/O-16; carbon-; C-13/C-12; sedimentary-rocks; clastic-rocks; sandstone-; Iberian-Peninsula; Southern-Europe; Europe-; Iberian-Mountains; cement-; carbonates-; stable-isotopes; dolomite-; calcite-; Guadalajara-Province; petrography-; geochemistry-

**TI: Precipitation of dissolved carbonate species from natural water for delta (13)C analysis; a critical appraisal.**

AU: Bishop-Philip-K

SO: Chemical-Geology-Isotope-Geoscience-Section. 80. (3). p. 251-259. YR: 1990

DE: chemical-analysis; techniques-; sample-preparation; carbon-; isotopes-; C-13/C-12; geochemistry-; processes-; precipitation-; stable-isotopes; natural-materials; water-; fractionation-; analysis-; experimental-studies; carbonates-

**TI: Sedimentology and geochemistry of a regional dolostone; correlation of trace elements with dolomite fabric and texture.**

AU: Shukla-Vijai

SO: Abstracts - Society - of - Economic - Paleontologists - and - Mineralogists, -Annual-Midyear-Meeting. 1986 (Vol. 3). p. 102 YR: 1986

DE: North-Dakota; geochemistry; trace-elements; Interlake-Formation; Williston-Basin; Midwest; United-States; diagenesis; Silurian; dolomitization; dolostone; carbonate-rocks; textures-

**TI: A multicomponent carbonate-silicate model of the sedimentation process in the Precambrian oceans.**

AU: Mel'-nichuk-V-I

SO: Oceanology. 29. (2). p. 203-207. YR: 1989

DE: Precambrian; stratigraphy; paleo-oceanography; sedimentation; processes; marine-sedimentation; theoretical-studies; mathematical-models; models; silicates; carbonates; carbon-dioxide

**TI: Successive pore fluid generations in a Lower Permian brine aquifer, Palo Duro Basin, Texas Panhandle, U.S.A.**

AU: Fisher-R-Stephen; Posey-Harry-H; Kyle-J-Richard

SO: Applied-Geochemistry. 4. (5). p. 455-464. YR: 1989

DE: carbon; isotopes; C-13/C-12; oxygen; O-18/O-16; strontium; Sr-87/Sr-86; water; ratios; Texas; geochemistry; sedimentary-rocks; carbonate-rocks; pore-water; Lower-Permian; Permian; brines; Palo-Duro-Basin; Southwestern-U.S.; United-States; Panhandle; alkaline-earth-metals; metals; stable-isotopes

**TI: Microlithon alteration associated with development of solution cleavage in argillaceous limestone; textural, trace-elemental and stable-isotopic observations.**

AU: Bhagat-Snehal-S; Marshak-Stephen

SO: Journal-of-Structural-Geology. 12. (2). p. 165-175. YR: 1990

DE: structural-analysis; interpretation; cleavage; oxygen; isotopes; O-18/O-16; New-York; structural-geology; carbon; C-13/C-12; sedimentary-rocks; limestone; strontium; geochemistry; manganese; Greene-County-New-York; Albany-County-New-York; Ulster-County-New-York; Kalkberg-Limestone; Coeymans-Formation; Manlius-Formation; Eastern-U.S.; United-States; eastern-New-York; carbonate-rocks; Hudson-River-valley; Catskill-New-York; Albany-New-York; Kingston-New-York; recrystallization; petrofabrics; calcite; carbonates; slip-cleavage; foliation; microlithons; trace-elements; statistical-analysis; metals; Lower-Devonian; Devonian; alkaline-earth-metals; stable-isotopes

**TI: Stable isotopic systematics of the Bushveld Complex II, Constraints on hydrothermal processes in layered intrusions.**

AU: Schiffries-Craig-M; Rye-Danny-M

SO: American-Journal-of-Science. 290. (3). p. 209-245. YR: 1990

DE: South-Africa; geochemistry; isotopes; intrusions; layered-intrusions; contact-metamorphism; metasomatism; processes; hydrothermal-alteration; hydrogen; D/H; carbon; C-13/C-12; oxygen; O-18/O-16; mineral-deposits; genesis; metal-ores; hydrothermal-processes; analysis; stable-isotopes; Southern-Africa; Africa; Transvaal; Bushveld-Complex; aureoles; metamorphism; hydrothermal-conditions; deuterium; mineral-deposits; genesis; veins; carbonate-rocks; igneous-rocks; ore-forming-fluids

**TI: Geochemistry and sedimentology of a facies transition from limestone to iron-formation deposition in the early Proterozoic Transvaal Supergroup, South Africa.**

AU: Klein-Cornelis; Beukes-Nicolas-J

SO: Economic - Geology - and - the - Bulletin - of - the - Society - of - Economic-Geologists. 84. (7). p. 1733-1774. YR: 1989

DE: South-Africa; economic-geology; iron-ores; mineral-deposits; genesis; hydrothermal-processes; sedimentary-petrology; sedimentary-rocks; chemically-precipitated-rocks; iron-formations; Southern-Africa; Africa; Transvaal-Supergroup; reconstruction; deposition; limestone; carbonate-rocks; dolostone; shale; clastic-rocks; precipitation; regression; models; Kaapvaal-Craton; organic-carbon; organic-materials; transgression; rare-earths; metals; East-Pacific-Rise; Atlantic-Ocean; mixing; ore-forming-fluids; mineral-

deposits; genesis; metal-ores; Kuruman-Iron-Formation; outcrops; weathering; alteration; Danielskuil; Kuruman; Pomfret-Mine; asbestos-deposits; boreholes-

**TI: Petrographic and geochemical evidence for origin of paleospeleothems, New Mexico; implications for the application of fluid inclusions to studies of diagenesis.**

AU: Goldstein-Robert-H

SO: Journal-of-Sedimentary-Petrology. 60. (2). p. 282-292. YR: 1990

DE: New-Mexico; stratigraphy; Mississippian; isotopes; sedimentary-rocks; ratios; carbon; C-13/C-12; oxygen; O-18/O-16; fluid-inclusions; geologic-thermometry; interpretation; geochemistry; trace-elements; diagenesis; processes; carbonate-rocks; limestone; Lake-Valley-Formation; Southwestern-U.S.; United-States; Carboniferous; solution-features; paleokarst; speleothems; calcite; carbonates; stable-isotopes; inclusions; paleosalinity-

**TI: (13)C and (18)O compositions of carbonates from a cyclic carbonate-evaporite rock sequence; evidences for meteoric water input.**

AU: Sheu-Der-Duen

SO: Chemical-Geology. 81. (1-2). p. 157-162. YR: 1990

DE: Texas; geochemistry; isotopes; sedimentary-rocks; carbonate-rocks; sedimentation; environment; nearshore-environment; carbon; C-13/C-12; oxygen; O-18/O-16; McKnight-Formation; Cretaceous; Albian; Lower-Cretaceous; southern-Texas; evaporites; chemically-precipitated-rocks; cyclic-processes; stable-isotopes; paleogeography; geochemical-indicators; marine-environment; fresh-water-environment; meteoric-water; subtidal-environment; intertidal-environment; rhythmic-bedding; planar-bedding-structures; sedimentary-structures; Southwestern-U.S.; United-States

**TI: Comparative study of the kinetics and mechanisms of dissolution of carbonate minerals.**

AU: Chou-Lei; Garrels-Robert-M; Wollast-Roland

SO: Chemical-Geology. 78. (3-4). p. 269-282. YR: 1989

DE: geochemistry; processes; solution; calcite; carbonates; aragonite; magnesite; dolomite; experimental-studies; kinetics; pH; thermodynamic-properties; stoichiometry-

**TI: Petrography, trace elements and oxygen and carbon isotopes of Gordon Group carbonates (Ordovician), Florentine Valley, Tasmania, Australia.**

AU: Rao-C-Prasada

SO: Sedimentary-Geology. 66. (1-2). p. 83-97. YR: 1990

DE: Tasmania; geochemistry; trace-elements; sedimentary-rocks; carbonate-rocks; stratigraphy; Ordovician; diagenesis; isotopes; oxygen; O-18/O-16; carbon; C-13/C-12; Australia; Australasia; Florentine-Valley; Gordon-Limestone; petrography; stable-isotopes; Arenigian; Lower-Ordovician; Ashgillian; Upper-Ordovician; strontium; alkaline-earth-metals; metals; sodium; alkali-metals; manganese; iron; magnesium; dolostone; glacial-environment; environment; Benjamin-Limestone; materials; intertidal-environment; supratidal-environment; subtidal-environment; Cashions-Creek-Limestone

**TI: Did major changes in the stable-isotope composition of Proterozoic seawater occur?.**

AU: Burdett-J-W; Grotzinger-John-P; Arthur-M-A

SO: Geology-(Boulder). 18. (3). p. 227-230. YR: 1990

DE: Northwest-Territories; geochemistry; isotopes; Canadian-Shield; Proterozoic; stratigraphy; paleo-oceanography; oxygen; O-18/O-16; carbon; C-13/C-12; sedimentary-rocks; carbonate-rocks; diagenesis; Canada; North-America; Rockwest-Formation; upper-Precambrian; Precambrian; lower-Proterozoic; stable-isotopes; early-diagenesis; dolomitization; cementation; oolite; marine-environment; environment-

**TI: Origin of late Precambrian intrusive carbonates, Eastern Desert of Egypt and Sudan; C, O and Sr isotopic evidence.**

AU: Stern-Robert-J; Gwinn-Cynthia-J

SO: Precambrian-Research. 46. (3). p. 259-272. YR: 1990

DE: Egypt-; geochemistry-; sedimentary-rocks; carbonate-rocks; isotopes-; carbon-; C-13/C-12; oxygen-; O-18/O-16; strontium-; Sr-87/Sr-86; North-Africa; Africa-; Sudan-; East-Africa; genesis-; upper-Precambrian; Precambrian-; intrusions-; Eastern-Desert; stable-isotopes; alkaline-earth-metals; metals-; basement-; whole-rock; Pan-African-Orogeny; mixing-; evolution-; continental-margin; melange-; X-ray-data

**TI: Geochemistry of drift over the Precambrian Grenville Province, southeastern Ontario and southwestern Quebec.**

AU: Kettles-I-M; Shilts-W-W

SO: Paper-Geological-Survey-of-Canada. p. 97-112.

YR: 1989

DE: Ontario-; geochemistry-; drift-; Quebec-; glacial-geology; glaciation-; glacial-transport; Eastern-Canada; Canada-; clastic-sediments; Precambrian-; Grenville-Province; southeastern-Ontario; southwestern-Quebec; till-; Frontenac-Arch; overburden-; acid-rain; mineral-exploration; trace-elements; minor-elements; weathering-; lithofacies-; copper-; metals-; chromium-; Ottawa-Valley; Gatineau-Valley; clay-; bedrock-; marbles-; outcrops-; glaciomarine-environment; environment-; boulder-trains; glacial-features; distribution-; zinc-; arsenic-; calcium-carbonate; histograms-; statistical-analysis

**TI: Changes in marine isotopic composition and the Late Ordovician glaciation.**

AU: Marshall-James-D; Middleton-Paul-D

SO: Journal-of-the-Geological-Society-of-London. 147. (1). p. 1-4. YR: 1990

DE: Sweden-; stratigraphy-; Ordovician-; isotopes-; sedimentary-rocks; ratios-; carbonate-rocks; coquina-; carbon-; C-13/C-12; oxygen-; O-18/O-16; geochemistry-; trace-elements; brachiopods-; biostratigraphy-; glacial-geology; ancient-ice-ages; paleoclimatology-; Scandinavia-; Western-Europe; Europe-; stable-isotopes; limestone-; Upper-Ordovician; Siljan-; central-Sweden; paleo-oceanography; Kullberg-Limestone; Boda-Limestone; Dalarna-; Hindella-; cathodoluminescence-

**TI: Carbon isotopic ratios of Silurian marine carbonates in the Michigan Basin; a record of organic productivity?.**

AU: Cercone-K-R; Lohmann-K-C

SO: Abstracts-Society-of-Economic-Paleontologists-and-Mineralogists,-Annual-Midyear-Meeting. 3. p. 20 YR: 1986

DE: Michigan-; geochemistry-; carbon-; Michigan-Basin; North-America; isotopes-; Silurian-; carbonate-rocks; marine-environment; environment-; ratios-; brachiopods-; cementation-; diagenesis-; C-13/C-12; stable-isotopes; anaerobic-environment; bacteria-; fermentation-; organic-materials; Midwest-; United-States; oxidation-; shelf-environment

**TI: Gradients in carbonate mineralogy, Biscayne Bay, SE Florida; a reassessment of XRD analysis.**

AU: Burton-Elizabeth-A

SO: Abstracts-Society-of-Economic-Paleontologists-and-Mineralogists,-Annual-Midyear-Meeting. 3. p. 16-17 YR: 1986

DE: Florida-; sedimentary-petrology; sediments-; Dade-County-Florida; Southeastern-U.S.; Eastern-U.S.; United-States; Biscayne-Bay; carbonate-sediments; fresh-water-environment; environment-; magnesium-; alkaline-earth-metals; metals-; calcite-; carbonates-; aragonite-; X-ray-data; ratios-; solution-; Atlantic-Coastal-Plain; North-America

**TI: Sedimentary cycling and the Phanerozoic carbonate mass distribution.**

AU: Mackenzie-Fred-T

SO: Abstracts - of - Papers - American -Chemical-Society,-National-Meeting. 198. p. GEOC 15 YR: 1989

DE: sedimentary-rocks; carbonate-rocks; geochemistry-; geochemical-cycle; carbon-; Triassic-; Phanerozoic-; uniformitarianism-; Devonian-; rates-; calcite-; carbonates-; dolomite-; ratios-; Cambrian-; Permian-; Quaternary-; Ordovician-; Carboniferous-; Silurian-; Jurassic-; Cretaceous-; Cenozoic-; oxygen-; concepts-

**TI: Global Phanerozoic geochemical cycle of carbon.**

AU: Ronov-Alex-B

OS: Vernadsky Inst., Moscow, USSR

SO: Abstracts-of-Papers-American-Chemical-Society,-National-Meeting. 198. p. GEOC 13 YR: 1989

DE: geochemistry-; geochemical-cycle; carbon-; organic-carbon; organic-materials; carbonate-ion; oxygen-; sedimentary-rocks; carbon-dioxide; Phanerozoic-; paleoatmosphere-; evolution-; atmosphere-; volcanism-

**TI: Carbon isotope fractionation between dissolved carbonate (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) and CO<sub>2</sub>(g) at 25 degrees and 40 degrees C.**

AU: Lesniak-P-M; Sakai-H

SO: Earth-and-Planetary-Science-Letters. 95. (3-4). p. 297-301. YR: 1989

DE: carbon-; isotopes-; C-13/C-12; stable-isotopes; fractionation-; carbon-dioxide; carbonate-ion; dissolved-materials; experimental-studies; open-systems; pH-

**TI: Geochemistry of some Ordovician and Devonian trilobite cuticles from North America.**

AU: McAllister-John-E; Brand-Uwe

SO: Chemical-Geology. 78. (1). p. 51-63. YR: 1989

DE: Ontario-; paleontology-; Trilobita-; New-York; trilobites-; biochemistry-; Ordovician-; isotopes-; cuticles-; diagenesis-; geochemistry-; trace-elements; carbon-; C-13/C-12; oxygen-; O-18/O-16; sedimentary-rocks; Erie-County-New-York; Livingston-County-New-York; Ludlowville-Formation; Moscow-Formation; Eastern-Canada; Canada-; Great-Lakes-region; North-America; Eastern-U.S.; United-States; west-central-New-York; Onondaga-Limestone; Whitby-Formation; Cobourg-Formation; Verulam-Formation; southern-Ontario; Devonian-; minor-elements; Phacops-rana; Isoletus-gigas; calcite-; carbonates-; stable-isotopes; limestone-; carbonate-rocks; shale-; clastic-rocks

**TI: Late Proterozoic glacial carbonates in Northeast Spitsbergen; new insights into the carbonate-tillite association.**

AU: Fairchild-I-J; Hambrey-Michael-J; Spiro-B; Jefferson-T-H

SO: Geological-Magazine. 126. (5). p. 469-490. YR: 1989

DE: Spitsbergen-; stratigraphy-; Proterozoic-; sedimentary-rocks; lithofacies-; isotopes-; carbonate-rocks; oxygen-; O-18/O-16; carbon-; C-13/C-12; sedimentation-; environment-; interpretation-; Svalbard-; Arctic-region; upper-Precambrian; Precambrian-; upper-Proterozoic; Petrovreen-Member; Eldobreen-Formation; stable-isotopes; glacial-environment; cathodoluminescence-; Wilsonbreen-Formation; glaciolacustrine-environment; paleoenvironment-; environmental-analysis; tillite-; clastic-rocks; petrography-

**TI: Application of geochemistry to the stratigraphic correlation of Appin and Argyll Group carbonate rocks from the Dalradian of northeast Scotland.**

AU: Thomas-C-W

SO: Journal-of-the-Geological-Society-of-London. 146. (4). p. 631-647. YR: 1989

DE: Scotland-; geochemistry-; trace-elements; stratigraphy-; Cambrian-; Precambrian-; metamorphic-rocks; metasedimentary-rocks; Great-Britain; United-Kingdom; Western-Europe; Europe-; Dalradian-; Appin-Group; Argyll-Group; carbonate-rocks; northeastern-Scotland



**TI: Trace element and isotope geochemistry of zoned calcite cements, Lake Valley Formation (Mississippian, New Mexico); insights from water-rock interaction modelling.**

AU: Meyers-William-J

SO: *Sedimentary-Geology*. 65. (3-4). p. 355-370. YR: 1989

DE: New-Mexico; geochemistry-; trace-elements; diagenesis-; cementation-; calcite-; oxygen-; isotopes-; O-18/O-16; carbon-; C-13/C-12; minerals-; ratios-; Lake-Valley-Formation; Southwestern-U.S.; United-States; carbonates-; cement-; stable-isotopes; crystal-zoning; Mississippian-; Carboniferous-; rock-water-interface; models-; cathodoluminescence-

**TI: Determination of both chemical and stable isotope composition in milligramme-size carbonate samples.**

AU: Coleman-Max-L; Walsh-J-Nick; Benmore-Richard-A

SO: *Sedimentary-Geology*. 65. (3-4). p. 233-238. YR: 1989

DE: minerals-; carbonates-; chemical-composition; oxygen-; isotopes-; O-18/O-16; carbon-; C-13/C-12; ratios-; stable-isotopes; experimental-studies; inductively-coupled-plasma-methods

**TI: High-resolution scanning proton microprobe studies of micron-scale trace element zoning in a secondary dolomite; implications for studies of redox behaviour in dolomites.**

AU: Fraser-Donald-G; Feltham-David; Whiteman-Mark

SO: *Sedimentary-Geology*. 65. (3-4). p. 223-232. YR: 1989

DE: Italy-; geochemistry-; trace-elements; crystal-growth; carbonates-; dolomite-; minerals-; diagenesis-; cementation-; Southern-Europe; Europe-; Eh-; crystal-zoning; cement-; electron-probe-data; cathodoluminescence-; X-ray-data; Gargano-Peninsula

**TI: The laser microprobe and its application to the study of C and O isotopes in calcite and aragonite.**

AU: Smalley-P-C; Stijfhoorn-D-E; Raheim-A; Johansen-H; Dickson-J-A-D

SO: *Sedimentary-Geology*. 65. (3-4). p. 211-221. YR: 1989

DE: oxygen-; isotopes-; O-18/O-16; carbon-; C-13/C-12; diagenesis-; cementation-; calcite-; minerals-; ratios-; carbonates-; crystal-growth; analysis-; laser-methods; stable-isotopes; aragonite-; cement-; crystal-zoning

**TI: Neomorphism and cementation in ancient deep-water limestones, Cow Head Group (Cambro-Ordovician), western Newfoundland, Canada.**

AU: Coniglio-M

SO: *Sedimentary-Geology*. 65. (1-2). p. 15-33. YR: 1989

DE: Newfoundland-; geochemistry-; trace-elements; diagenesis-; cementation-; limestone-; sedimentary-rocks; carbonate-rocks; carbon-; isotopes-; C-13/C-12; oxygen-; O-18/O-16; Eastern-Canada; Canada-; sedimentary-petrology; deep-sea-environment; environment-; Cow-Head-Group; Cambrian-; Ordovician-; western-Newfoundland; stable-isotopes; cathodoluminescence-; recrystallization-; calcite-; carbonates-; crystal-zoning; Humber-Arm-Allochthon; petrography-; SEM-data

**TI: Active dissolution in modern shallow marine carbonate sediments; global implications?.**

AU: Walter-Lynn-M; Burton-Elizabeth-A

SO: *Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America*. 19. (7). p. 880 YR: 1987

DE: Florida-; oceanography-; sediments-; solution-; shallow-water-environment; environment-; marine-environment; carbonate-sediments; global-; pore-water; geochemistry-; Florida-Keys; Southeastern-U.S.; Eastern-U.S.; United-States; aragonite-; carbonates-; calcite-; cores-; carbonate-platforms; organic-materials; geochemical-cycle

**TI: Th/U dating of open carbonate systems.**

AU: Hillaire-Marcel-C; Causse-C; Carro-O; Casanova-J; Ghaleb-B; Goetz-C

SO: *Chemical-Geology*. 70. (1-2). p. 127 YR: 1988

DE: absolute-age; dates-; carbonate-rocks; sedimentary-rocks; age-; caliche-; travertine-; stromatolites-; biogenic-structures; algae-; Th/U-; calcite-; carbonates-

**TI: The use of the Th-230 and Ba as indicators of palaeoproductivity over a 300 kyr time scale; evidence from the NW Arabian Sea.**

AU: Shimmield-Graham-B; Price-N-B; Khan-A-A

SO: *Chemical-Geology*. 70. (1-2). p. 112 YR: 1988

DE: Arabian-Sea; stratigraphy-; Quaternary-; thorium-; isotopes-; Th-230; barium-; geochemistry-; sediments-; northwestern-Arabian-Sea; actinides-; metals-; radioactive-isotopes; alkaline-earth-metals; Owen-Ridge; calcium-carbonate; paleoproductivity-; Indian-Ocean; paleo-oceanography

**TI: Chemical and mineralogical effects of acid deposition on Shelburne Marble and Salem Limestone test samples placed at four NAPAP weather-monitoring sites.**

AU: Ross-Malcolm; McGee-Elaine-S; Ross-Daphne-R

SO: *American-Mineralogist*. 74. (3-4). p. 367-383. YR: 1989

AB: Marble and limestone briquettes were placed at National Acid Precipitation Assessment Program (NAPAP) test sites in North Carolina, Washington, D.C., New Jersey, and New York to determine mineralogical changes that might be attributed to acid deposition. Samples have been examined after exposures of 1 and 2 yr, and the most significant change is the development of a gypsum-rich "spot" on the sheltered side of the briquettes. X-ray and SEM analyses reveal that gypsum plus calcite is present within the "spot" area, but outside this area and on the upper surface of the briquettes, only calcite is detected. A model, based on the sequence of salts observed to crystallize from a progressively more concentrated solution, is presented to explain the presence of the "spot" on the undersides of the briquettes. In the models, the CaCO<sub>3</sub>-saturated solutions filling the pore space in the stone continuously precipitate calcite during the drying period after the rain event; gypsum is precipitated only after evaporation is nearly complete. As evaporation proceeds, the solution migrates by gravity to the lower surface of the briquette and the last residual liquid precipitates gypsum and produces the gypsum-rich "spot". It is proposed that the most significant stone damage is due to salt build up on and within the stone rather than due to stone removal through dissolution.--Modified journal abstract.

DE: construction-materials; geochemistry-; weathering-; chemical-weathering; building-stone; rock-mechanics; materials-; properties-; pollution-; effects-; atmosphere-; acid-rain; hydrology-; atmospheric-precipitation; Salem-Limestone; Shelburne-Marble; NAPAP-; Natl.-Acid-Precipitation-Assess.-Program; marbles-; limestone-; carbonate-rocks; limestone-deposits; marble-deposits; field-studies; sulfuric-acid; nitric-acid; SEM-data; salt-; evaporites-; chemically-precipitated-rocks; gypsum-; sulfates-; calcite-; carbonates-

**TI: Stable isotopic (S,C,O) study of the Abbeystown Zn+Pb+Ag mine, Co. Sligo, Ireland.**

AU: Hitzman-Murray-V; Recio-C; Caulfield-J-B-D; Boyce-A-J; Fallick-Anthony-E

SO: *Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America*. 20. (7). p. 38 YR: 1988

DE: Ireland-; economic-geology; silver-ores; lead-zinc-deposits; Western-Europe; Europe-; metal-ores; pyrite-; sulfides-; precious-metals; geochemistry-; isotopes-; stable-isotopes; oxygen-; carbon-; sulfur-; Abbeystown-Mine; Mississippian-; Carboniferous-; carbonate-rocks; dolomitization-; dedolomitization-; fluid-inclusions; inclusions-; sphalerite-; galena-; breccia-; clastic-rocks; S-34/S-32; C-13/C-12; O-18/O-16; Sligo-

**TI: Discovery of a second Ordovician meteorite using chromite as a tracer.**

AU: Nystrom-Jan-Olav; Lindstrom-Maurits; Wickman-Frans-E

SO: *Nature-(London)*. 336. (6199). p. 572-574. YR: 1988

DE: meteorites-; detection-; stony-meteorites; Sweden-; geochemistry-; diagenesis-; materials-; conodonts-; biostratigraphy-; Ordovician-; fossil-meteorites; chromite-; oxides-; geochemical-indicators; limestone-; carbonate-rocks; Scandinavia-; Western-Europe; Europe-; southern-Sweden; Osterplana-; Kinnekulle-; electron-probe-data; SEM-data; microfossils-; metasomatism-

**TI: Mixing-zone dolomites in the Gully Oolite, Lower Carboniferous, South Wales.**

AU: Searl-A

SO: Journal-of-the-Geological-Society-of-London. 145 (Part 6). p. 891-899. YR: 1988

DE: Wales-; stratigraphy-; Carboniferous-; sedimentary-petrology; sedimentary-rocks; geochemistry-; isotopes-; carbonate-rocks; limestone-; oxygen-; O-18/O-16; carbon-; C-13/C-12; Great-Britain; United-Kingdom; Western-Europe; Europe-; Dinantian-; South-Wales; dolomitic-limestone; petrography-; Gully-Oolite; stable-isotopes

**TI: Stable isotopes in the back reef facies of the Bonnetterre and Davis formations (Cambrian), MO; evidence for a complex diagenetic history.**

AU: Gregg-Jay-M; Shelton-Kevin-L

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America. 20. (7). p. 120 YR: 1988

DE: Missouri-; sedimentary-petrology; diagenesis-; Bonnetterre-Formation; Davis-Formation; Midwest; United-States; geochemistry-; isotopes-; Cambrian-; carbon-; oxygen-; limestone-; carbonate-rocks; dolostone-; dolomitization-; mississippi-valley-type; mineralization-; mudstone-; clastic-rocks; O-18/O-16; stable-isotopes; C-13/C-12

**TI: Kristalle als Geothermometer und-barometer.**

AU: Paulitsch-Peter

SO: Zentralblatt für Geologie und Paleontologie. Teil I. H.3.p. 181-344. YR: 1990

LA: German

De: *Jadeite*: Paragensis, crystal structure and color, orientation in rocks and experimental deformation, experiments on jadeite forming, jade as roughmaterial for the art handwork, summary; *Amphibole*: Preferred orientation of hornblendes, experimental hornblende - deformation, anisotropy of amphibolites, crystal structure of the hornblende and facies, aluminium, sodium, calcium, magnesium, iron and titanium in hornblendes, isotopes in hornblendes, epitaxis, biopyriboles, hornblende reactions in nature, experimental forming of amphiboles, technical syntheses, summary; *Chloritoid*: Natural paragensis, with chloritoid, crystal structure and polytyps, orientation von chloritoid in rocks, experimental chloritoid-reactions, literature aut of lands, summary; *Staurolite* Paragensis, crystal structure and epitaxis, orientation, experimental deformation, laboratory experiments on the forming conditions, summary; *Titanite*: Paragensis, age, form, crystal structure, experimental deformation and orientation, titanite-syntheses, titanites in technic, summary; *Corundum*: Paragensis, form and epitaxis, structure, color, orientation, corundum-syntheses with different mineral pairs, technic, rubies, world wide, summary; *Talc*: Paragensis, ore deposits, structure, talc-synthesis, technic, summary; *Phlogopite*: Natural paragensis, crystal chemistry and polytyps, isotopes and trace elements, fluid inclusions, epitaxis, orientation and experiments of deformation, conditions of experimental forming, weathering, technic, summary. (Özcan DORA)

## Özler / Abstracts

**Candan Gökçeoğlu, Hüsnü Aksoy, 1996, Landslide Susceptibility mapping of the slopes in the residual soils of the Mengen region (Turkey) by deterministic stability analyses and image processing techniques: Engineering Geol., 44, 147-161 .**

**Abstracts:** The aim of present study is to prepare a landslide susceptibility map of a region of about 120 km<sup>2</sup>, between Gökcesu and Pazarköy (around Mengen, NW Turkey) at approximately 10 km north of the North Anatolian Fault Zone, where frequent landslides occur. For this purpose, mechanisms of the landslides were studied by two-dimensional stability analyses together with field observations, and the parameters controlling the development of such slides were identified. Field observations indicated that the failures generally developed within the unconsolidated and/or semiconsolidated soil units in forms of rotational, successive shallow landslides within the weathered zone in Mengen, Cukurca and Sazlar formations. Although consisting of residual soils, Capak and Gökdağ formations do not exhibit landslides as the natural slopes formed on these, do not exceed the critical slope angles. Statistical evaluations and distribution of the landslides on the topographical map showed that such parameters as cohesion, angle of internal friction, slope, relative height, orientation of slopes, proximity to drainage pattern, vegetation cover and proximity to major faults were the common features on the landslides. Digital images were obtained to represent all these parameters on gray scale on the SPOT image and on the digital elevation model (DEM) of the area using image processing techniques. Soil mechanics tests were carried out on 36 representative samples collected from different units, and parameters were determined for two-dimensional stability analyses basing on "sensitivity approach" and for the preparation of digital shear strength map. In order to determine the critical slope angles values for the residual soils, a series of sensitivity analyses were realized by using two-dimensional deterministic slope stability analyses techniques for varying values of cohesion, angle of internal friction and slope height along with varying saturation conditions. According to the results of the sensitivity analyses, the Mengen formation was found to be most susceptible unit to landslides, covering about 33.5 % of the region studied in terms of surface area. The distribution of the critical slopes were determined by superimposing the critical slope values from sensitivity analyses on slope map of the study area. On the other hand, iso-cohesion and iso-friction maps were produced by locating the values of cohesion and internal friction angles in a geographic coordinate system such that they coincide with sample locations on the DEM and by further interpolation of the values concerned. The pixel values were evaluated in gray scale from 0 to 255,0 representing the lowest pixel value and 255 representing the highest. Sensitivity analyses on cohesion and angle of internal friction investigate the effects of the parameters only on stability, revealed that cohesion was effective at a rate of 70% by itself, while angle of internal friction alone controlled the stability by a rate of 30%. The iso-cohesion and iso-friction maps previously obtained were digitally combined in these rates and a "shear strength map" was prepared. The geographic setting of the study area is such that northern slopes usually receive dense precipitation. In relation to this fact, about 42% of the landslides are due north. Thus, a slope orientation map was prepared using the DEM, and slo-

pes facing north were evaluated as being more susceptible to sliding. Proximity to the drainage pattern was another important factor in the evaluation, as streams could adversely affect the stability by either eroding the toe or saturating the slope, or both. When considered together, in conjunction with the field observations, faults and landslides showed a close association. In the area, about 88% of the landslides were detected within an area closer than 250 m to major faults, therefore, a main discontinuity map was produced using the SPOT image of the region, and "proximity to major faults" was evaluated as a parameter as most of the landslides developed in areas where the vegetation was rather sparse. A vegetation cover map was therefore obtained from the SPOT image, and the areas with denser vegetation were considered to be less susceptible to sliding with respect to the areas with less or no vegetation. Having prepared the maps accounting for the distribution of critical slopes, shear strength properties, relative height, slope angle, orientation of the slopes, vegetation cover, proximity to the drainage pattern, geographic corrections were carried on each of these, and a potential failure map was obtained for the residual soils by superimposing all these maps. Next, a classification was performed on the final map and five relative zones of susceptibility were defined. When compared with this map, all of the landslides identified in the field were found to be located in the most susceptible zone. The performance of the method used in processing the images appears to be quite high, the zones determined on the map being the zones of relative susceptibility.

Ernst JA. Leven, Aral I. Okay, 1996, *Foraminifera from the exotic Permo-Carboniferous limestone blocks in the Karakaya Complex, Northwestern Turkey*: *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 102, 2, 139-174.

**Abstract:** Karakaya Complex in northern Turkey is a tectonic assemblage of strongly deformed Permo-Triassic mafic volcanic and clastic rocks, representing subduction-accretion complexes of the Paleo-Tethys. It forms an over 1000 km long discontinuous east-west trending belt and constitutes the basement to the little deformed Jurassic-Cretaceous sequence of the Pontides. In northwest Turkey four tectonic units are differentiated within the Karakaya Complex. A basal metabasite-marble-phyllite sequence, an arkosic sandstone-olistostrome unit, a greywacke unit and a mafic lava-tuff-olistostrome unit. The latter three units comprise numerous exotic blocks of Permo-Carboniferous limestone ranging up to one kilometre in size. Foraminifera from over 180 blocks from these three Karakaya Complex units are studied, many in oriented sections. The rich fusulinid and small foraminifer assemblage in the blocks of the Karakaya Complex with three new fusulinid species, *Triticites* (?) *kozakensis*, *Palaeofusulina* (*Paradunbarula*) *okayi* and *Palaeofusulina* (*Paradunbarula*) *ottomana*, indicate the presence of all the Carboniferous and Permian stages with the exception of Tournaisian, Kasimovian and Bolorian. However, the majority of the limestone blocks (>80%) are of Murgabian to Midian age. Compared to the Upper Paleozoic sequences from the Anatolide-Taurides, the limestone blocks in the Karakaya Complex are characterised by richer fusulinid assemblages, and a more complete synthetic sequence suggesting that they were deposited to the north of the Anatolide-Tauride platform along the southern or northern margin of the Paleo-Tethys. The concentration of the olistostromes along the suture with the Anatolide-Taurides suggests that the limestone

blocks were derived from the southern margin of the Paleo-Tethys. However, fusulinid assemblages of the Karakaya Complex show similarities to those from Urals, northern Pamir and Darvaz, all thought to be located along the northern margin of the Paleo-Tethys, suggesting an opposing view. This could be due to the narrow width of the Permian Paleo-Tethys in the Turkish paleo-longitude, which might have obliterated faunal differences in fusulinid assemblages from both sides of the ocean.

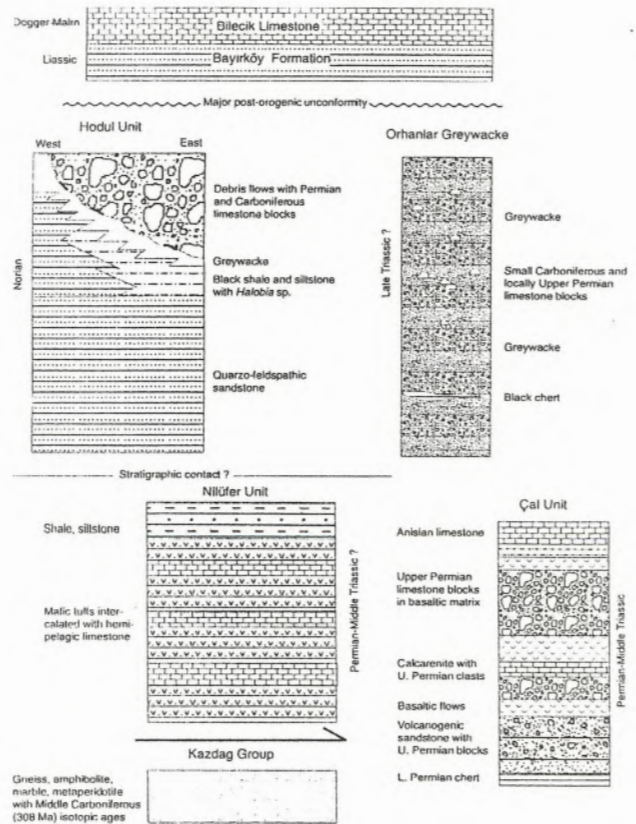
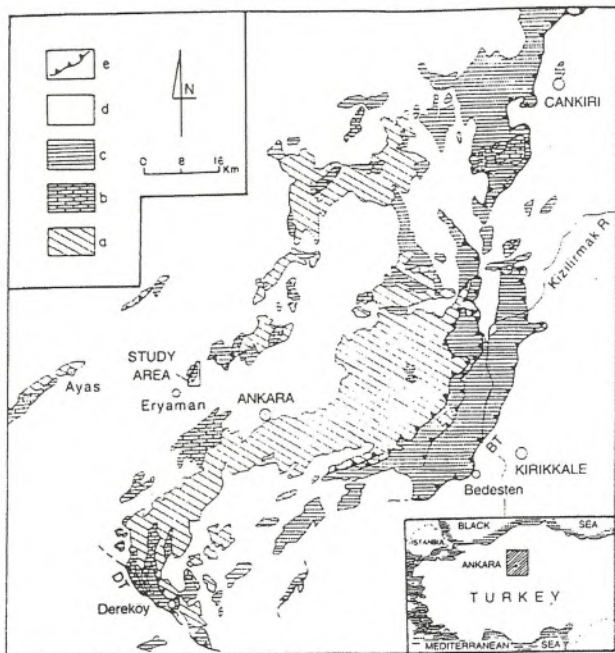


Figure 2. Generalized synthetic stratigraphic columns of the Karakaya Complex (The Nilüfer, Hodul and Çal units and the Orhanlar Greywacke) and their tectono-stratigraphic position.

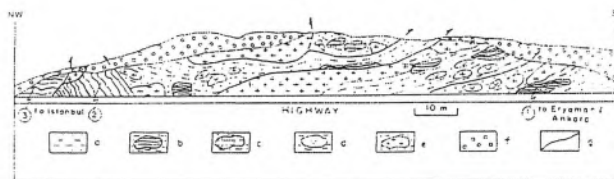
Nikita Yu. Bragin, U. Kağan Tekin, 1996, *Age of radiolarian-chert blocks from the Senonian Ophiolitic Mélange (Ankara, Turkey)*: *The Island Arc*, 5, 114-122.

**Abstract:** The Senonian Ophiolitic Mélange of the Mélange Supergroup includes numerous blocks of radiolarian cherts. These blocks contain various radiolarian assemblages from the Albian to the Turonian (*Pseudodictyomitra pseudomacrocephala*, *Thanarla veneta*), the Lower Cretaceous (*Thanarla conica*, *Alievium helenae*, *Pseudodictyomitra carpatica*), the Kimmeridgian-Tithonian (*Ristola altissima*, *Sethocapsa cetia*, *Podocapsa amphitreptera*) and the Lower Jurassic (*Parahsuum simplun*). Upper Norian radiolarians were obtained from two of these blocks. The assemblage is represented by *Betraccium deweveri* Pessagno and Blome, *Ferresium triquetrum* Carter, *Pylostephanidium ankaraense* n. sp. (Genus *Pylostephanidium* was formerly unknown in the Upper Triassic) and other taxa. Thus, Upper Norian fauna of

Turkey exhibits close similarity to the radiolarian assemblages of western North America, Eastern Russia, Japan and the Philippines. This provides further evidence for the correlation of Mediterranean and Pacific Triassic sequences. These data allow for the conclusion that the sedimentation of radiolarian cherts was common in this part of Tethys during the Late



**Figure 1.** Geological map showing major rock units of the Ankara mélange. (a) Pre-Liassic 'Karakaya Group'. (b) Jurassic-Cretaceous sedimentary sequence. (c) Senonian Ophiolitic Mélange. (d) Tertiary-Recent cover rocks. (e) Thrust to reverse fault. BT: Bedesten Thrust Fault Zone, DT: Derekoy Thrust Fault Zone, ET: Elmadag Thrust Fault Zone (Modified after Koçyiğit 1992).



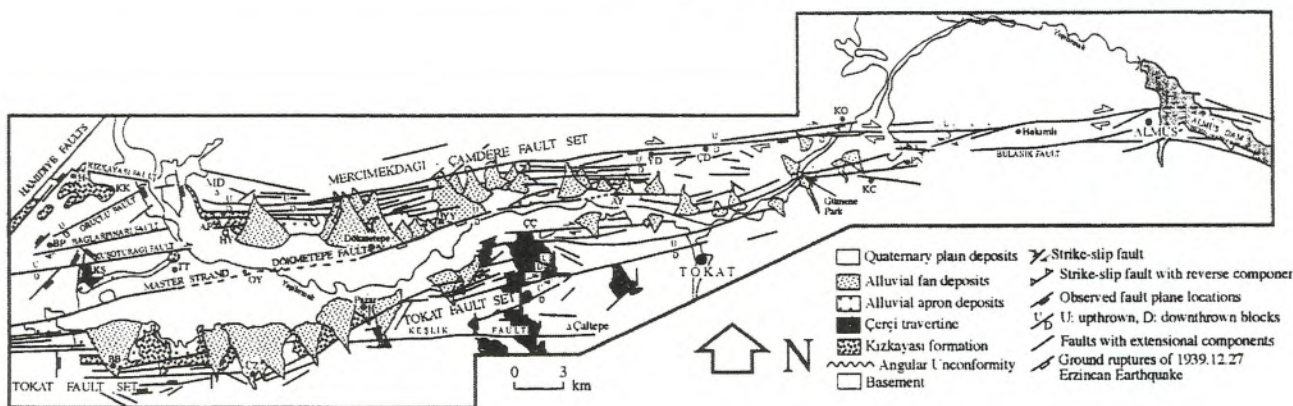
**Figure 2.** Generalized cross-section of a road-cut between Eryaman and Istanbul. (a) Volcaniclastic matrix. (b) Blocks of mudstone and chert with 1, Upper Triassic; 2, Lower Jurassic; 3, Kimmeridgian-Tithonian Radiolaria. (c) Blocks of limestones. (d) Blocks of volcanics. (e) Blocks of serpentinized gabbro. (f) Tertiary-Recent cover rocks. (g) Tectonic contact.

Triassic and the Jurassic.

**Erdin Bozkurt, Ali Koçyiğit, 1996, The Kazova basin: an active negative flower structure on the Almus Fault Zone, a splay fault system of the North Anatolian Fault Zone, Turkey: Tectonophysics, 265, 239-254.**

**Abstract:** The Kazova basin is located within the Almus Fault Zone (AFZ), a splay fault system of the North Anatolian Fault Zone, in the central Pontides, Turkey. It is a 0.7-10-km-wide, 60-km-long, wedge-shaped right-lateral strike-slip depression bounded by the Mercimekdağı-Çamdere fault set in the north and the Tokat fault set in the south. The Kazova basin is superimposed on pre-Pliocene basement rocks while its basin fill comprises the Pliocene to lower Quaternary Kızkayası and Çerçi formations, and Quaternary alluvials.

The Mercimekdağı-Çamdere and Tokat fault sets of the AFZ, the basin-margin faults of the Kazova basin have a considerable amount of normal separation, and show a divergent character. Here, the Kazova basin is interpreted as an active negative flower structure, where the combination of normal movement (extension) along the different segments of the AFZ, and the oblique extension between its branching splays resulted from a natural response to the anticlockwise rotation along the AFZ are suggested basin-forming mechanism. This kind of basin is first reported from Turkey although different types of strike-slip basins, such as fault-wedge, pull-aparts, composite

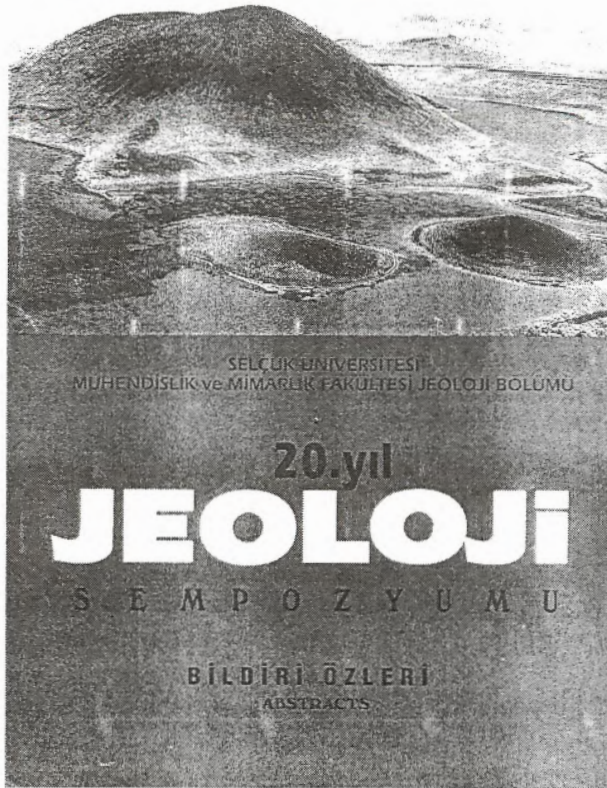


**Figure 3.** Neotectonic map of the Almus Fault zone. AK= Ahurköy; AP= Arzıpınarı; AY= Akyamaç; BB= Bahçebaşı; BP= Bağlarpınarı; ÇÇ= Çerçi; ÇD= Çamdere; GP= Gülpınarı; H= Hamidiye; HY=Hamayeri; İH= İlephamamı; KC= Korucak; KK= Kızkayası; KO= Kızılköy; KS= Kuşoturağı; MD= Mercimekdağı; OY= Owayurt; PN= Pınarlı; SN= Sargun; TT= Tattcak; OZ= Üzümlören; YD= Yayladalı; YY= Yeşilyurt.

## Sempozyum / Seminer / Konferans

### SELÇUK ÜNİVERSİTESİ, MÜHENDİSLİK VE MİMARLIK FAKÜLTESİ, JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜNÜN 20. YILI JEOLojİ SEMPOZYUMU

Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümünün 20. Yılı Jeoloji Sempozyumu, 12-16 Mayıs 1997 tarihleri arasında Konya Üniversitesi kampüsünde gerçekleştirildi. Sempozyumda Çevre Jeolojisi, Endüstriyel Hammaddeler, Hidrojeoloji, Metalik Maden Yatakları, Mineraloji-Petrografi, Paleontoloji, Stratigrafi-Sedimentoloji, Yapısal Jeoloji, Zemin Mekaniği olmak üzere 9 konu başlığı altında 109 bildiri sunulmuştur. Sunulan bildiriye ait makaleler düzenleme komitesi tarafından yayınlanacak sempozyum bildiriler kitabında yeracaktır. Sempozyum bildiri özleri kitabında yer alan bildiri başlıkları ve yazarları aşağıda verilmiştir.



#### 1- ÇEVRE JEOLojİSİ

Asitli topraklarda ağır metallerin jeolojik, pedojen ve antropolojik kısımlarının ayırteğilmesi: **Ali GÜREL**.

Kömür yakıtlı termik santrallerdeki uçucu küllerin çevreye etkisi: Genel değeriendirme: **Burcu ÇANCI, Nilgün GÜLEÇ ve Ayhan ERLER**.

Maden sahalarında arazi düzenlemesinin önemi ve ülkemizdeki uygulamalar: **Nurten ŞENSÖĞÜT ve Cem ŞENSÖĞÜT**.

Şabanözü (Çankırı) yöresindeki ofiyolitik birimlerin mineralojik-petrografik incelemesi ve alterasyon ürünü minerallerin insan sağlığı üzerindeki riskleri: **Mine ŞENOĞLU**.

Samsun ili civarındaki topoğrafik yapının bölgenin hava kirliliğine etkisi (POSTER): **Şükrü DURSUN**.

Konya Ovası yeraltı sularındaki bor kirlenmesi: **Güler GÖÇMEZ ve Ahmet GÜZEL**.

#### 2- ENDÜSTRİYEL HAMMADDELER

Cemilboğazı (KD Gümüşhane) vezüvyan ve flogopitlerinin mineralojik ve kimyasal özellikleri: **Ferkan SİPAHİ ve M. Burhan SADIKLAR**.

Karamustafa ve Hasköy (Gümüşhane / KD Türkiye) yöresindeki hidrotermal barit yataklarının incelenmesi: **Faruk AYDIN ve M. Burhan SADIKLAR**.

Dolomili agregada alkali-agrega etkileşiminin sips, orjinal beton ve beton lüp örneklerinde incelenmesi: **Aynur ÖZEL, Y. Yelda DİNEROL, Meltem SAYARSLAN, Serdar HELVACI ve Cengiz YETİŞ**.

Örenli (Kepsut-Balıkesir) yöresinin jeolojisi ve talk yatakları: **Fetullah ARIK ve Sedat TEMUR**.

Üst Triyas-Alt Jura (Korkuteli-Antalya) kireçtaşının mühendislik ve teknolojik özellikleri: **Ayhan KOÇBAY, Recep KILIÇ ve Yalçın ORKUN**.

Killerin çimento sanayisinde kullanımı ve ocak işletme seçimine ilişkin bir uygulama: **Halil KUMSAR, Ali GÖKGÖZ ve Yahya ÖZPINAR**.

Sivas-Ulaş Tersiyer havzası sölestinlerinin mineralojisi, jeokimyası ve kökeni: **Erdoğan TEKİN, Baki VAROL ve Ruhi ÖZGÖNÜL**.

Ereğli (Konya)-Ulukışla (Niğde) sölestinlerinin jeolojik konumu: **Abdurahman MURAT ve Sedat TEMUR**.

Esbey-Emet (Kütahya) borat yatağı kil mineralleri ve basit bir seramik uygulaması: **Mumtaz ÇOLAK**.

Gökçeyazı-Kuşaktepe (Ereğil-Konya) sölestin zuhurlarının incelenmesi: **Ünal DEMİRAY, M. Muzaffer KARADAĞ ve M. Salim ÖNCEL**.

Karacaoğlan gaz sahasında kil diyajenezi ve vitrinit yansıması arasındaki istatistiksel ilişki: **Arda ARCASOY**.

Konya ili kömür olanakları ve ülke ekonomisindeki yeri: **Hülya İNANER ve Eran NAKOMAN**.

Ayvacık (Çanakkale) bentonit yataklarının mineralojik özellikleri: **Fazlı ÇOBAN**.

### 3- HİDROJEOLOJİ

Elazığ yakın çevresindeki bazı formasyonların hidrojeolojik karakteristikleri: **Bahattin ÇETİNDAG**.

Bergama Kleopatra Kaplıcası'nın hidrojeolojik incelemesi: **Şevki FİLİZ ve Gültekin TARCAN**.

Ildırı (Çeşme) karstik kaynaklarının hidrojeolojik incelemesi: **Yalçın ESEN, Şevki FİLİZ ve Gültekin TARCAN**.

Turgutlu (Manisa) kaplıcaları ve çevresinin hidrojeolojik incelemesi: **Gültekin TARCAN ve Şevki FİLİZ**.

İç Anadolu'daki önemli bir içme suyu kaynağının su kimyası ve izotopik özellikleri: Helvadere-Aksaray: **Mustafa AFŞİN ve Nail ÜNSAL**.

Hapis jeotermal (hidrotermal) akışkanlara bir örnek: İsmil (Konya) jeotermal sahası: **Adem AKBAŞLI**.

Seydişehir yöresinde rillenkarren oluşumuna etki eden faktörler: **Selim ERDOĞAN ve Mustafa EKMEKÇİ**.

Doğu Karadeniz Bölgesi taşkın ovalarının jeoloji ve topografya ile ilişkisi: **Ömer Murat YAVAŞ**.

Değirmenlik karst çöküntüsünde morfolojik-yapısal özelliklerin karst evrimi açısından yorumlanması: **Aylin BAŞAL ve Mehmet EKMEKÇİ**.

Dalyan-Ildır (Çeşme) yöresinin hidrojeolojisi: **Turan GÜRSEL, Şevki FİLİZ ve Gültekin TARCAN**.

Yukarı Zamantı havzasında kar erimesi ve yeraltı suyu akımı: **Ömer Murat YAVAŞ**.

Beyşehir Gölü hakkında yeni bir gözlem: **Yüksel AYDIN**.

Permo-Triyas yaşlı kireçtaşlarının (Çorum) hidrojeoloji özellikleri ve yeraltı suyu kalitesi: **Zafer ARIGÜN ve Ayhan KOÇBAY**.

Gazlıgöl (Afyon) sıcak ve mineralli su kaynaklarının hidro-kimyasal incelemesi: **Güler GÖÇMEZ ve İbrahim KARA**.

Konya dolayında suların oluşturduğu doğal anıtlar ve bunların korunması: **Baki CANİK**.

Pınarbaşı (Kayseri) karstik kaynağının hidrojeoloji incelemesi: **Ahmet GÜZEL, Tahir NALBANTÇILAR ve Mehmet BAYRAM**.

Marmara Bölgesi termomineral kaynakları: **Rüstem PEHLİVAN ve Osman YILMAZ**.

### 4- METALİK MADEN YATAKLARI

Karakaş (Baskil-Elazığ) demir cevherleşmesinin özellikleri: **Muharrem AKGÜL ve Birol ACAR**.

Kanköy (Yomra-Trabzon / KD Türkiye) civarında toprak ve bitki jeokimyasının uygulaması: **Abdurahman LERMİ ve Ali VAN**.

Olucak (Gümüşhane) altınlı kuvars damarlarının jeolojik, mineralojik ve jenetik açıdan incelenmesi: **Hakan ÇAVGA ve Miraç AKÇAY**.

Armutlartepe (Niğde) antimuan mineralizasyonunun incelenmesi: **M. Gürhan YALÇIN**.

Hacı Mustafa (Baskil-Elazığ) cevherleşmelerinin özellikleri ve kökeni: **Cemal BÖLÜCEK ve Ahmet SAĞIROĞLU**.

Elmaalan (Arsin-Trabzon) yöresinde masif sülfid mineralizasyonları üzerinde gelişen toprakların element dağılımının incelenmesi: **Saliha SARAÇ ve Ali VAN**.

Özdil granatoidine bağlı cevherleşmeler: **Hülya YAZICI ve M. Burhan SADIKLAR**.

Seydişehir bölgesindeki karstik boksitlerle Sultan Dağları'nda bulunan lateritik boksitlerin mineralojik ve jeokimyasal karşılaştırılması: **M. Muzaffer KARADAĞ, Ahmen AYHAN ve M. Salim ÖNCEL**.

Gümüşköy (Kütahya) gümüş yatağının jeolojisi ve kökeni: **Adnan KARABAŞ**.

Yeşilova (Burdur) civarı kromit yataklarının jeokimyası ve bazı yataklarla karşılaştırılması: **Adnan DÖYEN ve Ahmet AYHAN**.

Arsin (Trabzon) yöresi topraklarında Pb, Zn, Cu, Mn dağılımı ve Fe-Mn yumruları: **Ayla HANEDAN, M. Burhan SADIKLAR ve Ali VAN**.

Karot bilgi bankası ve uygulamaları: **Mehmet ŞENER**.

Trabzon yöresi güncel topraklarındaki tabaka ve yumru şekilli Fe-Mn zenginleşmelerinin kökeni: **M. Burhan SADIKLAR**.

Kanatburun (Petek-Tunceli) yöresindeki skam kayaların özellikleri: **Mehmet ALTUNBEY ve Hüseyin ÇELEBİ**.

### 5- MİNERALOGİ-PETROGRAFI

Piran Köyü (Keban) çevresindeki magmatik kayaların petrografik ve petrolojik özellikleri: **Bünyamin AKGÜL ve A. Fevzi BİNGÖL**.

Elazığ civarındaki ofiyolitlerin petrografik özellikleri: **Melihat BEYARSLAN**.

Pütürge (Malatya) Masifi'ndeki gnaysların petrografik ve petrolojik özellikleri: **Emin ERDEM ve Fevzi BİNGÖL.**

Karanlık Dere (Gölbaşı-Adıyaman) magmatitlerinin petrolojisi: **A. Fevzi BİNGÖL, Melahat BEYARSLAN, Bünyamin AKGÜL ve Emin ERDEM.**

Bolu-Yedigöller granitik kayaların petrojenezini: **P. Ayda Müğân USTAÖMER ve Erdiç KİPMAN.**

Yükselen (Kadınhanı) kuzeyindeki pelitik kayalar içinde yer alan bazı şistlerin petrokimyası: **Hüseyin KURT.**

Hidrotermal alterasyona uğramış Yunusemre (Eskişehir) serpentinitlerin jeolojisi ve petrografisi: **Ali REÇBER, Şükrü KOÇ ve Yusuf K. KADIOĞLU.**

Pulur masifi doğu kesiminin bölgesel metamorfizması, Sakızlı, Kurugüney (Demirözü-Bayburt) yöresi, KD Türkiye): **Salim GENÇ.**

Ultramafitlerin hidrotermal alterasyon derecesini belirleyen doku çeşitleri: Eskişehir: **Yusuf K. KADIOĞLU, Şükrü KOÇ ve Ali REÇBER.**

Zigana Granitoyidi'nin (Maçka-Trabzon) mineralojik ve jenetik açıdan incelenmesi: **Orhan KARSLI ve M. Burhan SADIKLAR.**

Mahmut-Demirtaş (Alanya-Antalya) yöresinde Alanya Birliği metamorfitlerinin petrografisi: **Gürsel KANSUN ve Halil BAŞ.**

Mineral kimyası ve petrografik özelliklerden yararlanarak granitoidlerdeki anklav ve gabroların ilişkilerinin belirlenmesi: Ağaçören (Aksaray): **Yusuf K. KADIOĞLU ve Nilgün GÜLEÇ.**

Galatya volkanik kompleksinin sayısal arazi modeli (POSTER): **Erhan KANSU, Arda ARCASOY, M. Lütfi SÜZEN ve Vedat TOPRAK.**

Kesirli kristallenmede magma bileşimindeki değişimin modellenmesi: **Hulusi KARGI.**

Granodiyoritik kayalarda lav akış yönlerinin anizotropik manyetik süseptibilite ile belirlenmesi: **Ali AYDIN, Kenan GELİŞLİ ve Zafer ARSLAN.**

## 6- PALEONTOLOJİ

Batı Karadeniz Bölgesi Geç Kretase rudist faunası: **Mükerrem FENERCİ ve Sacit ÖZER.**

Batı-Orta Toroslar Erken-Orta Miyosen bentik foraminiferlerinin paleobiyocoğrafyası ve evrimi: **Sefer ÖRÇEN.**

Yenice (Tarsus) kuzeyi Neojen istifinin mikropaleontolojik incelenmesi ve ortamsal özellikleri: **Güldemin ÖGRÜNÇ, Kemal GÜRBÜZ ve Atike NAZİK.**

Çaltılı (Gümüşhane) yöresi. Sinemuriyen-Kariksiyen (Alt Jura) ammonit faunası: **Fusun ALKAYA.**

Jeolojik tarihin sorunları ve "sistem düşüncesi" modellerinin gerekliliği: **Ömer Faruk NOYAN ve E. Şahin ÇAKIR.**

Marmara Denizi ve çevresi Kuvaterner mollusk faunası: **Sevinç K. YEŞİLYURT, Güler TANER ve Yeşim İSLAMOĞLU.**

Çanakkale-Gökçeada-Bozcaada üçgeni arasındaki dip sedimanlarında planktik foraminifer dağılımı: **Vedia TOKER ve Ayşegül YILDIZ.**

## 7- STRATİGRAFİ-SEDİMANTOLOJİ

Çaldıran (Van) civarının jeolojik incelenmesi: **Yaşar ÇAKIR ve Erkan TANYOLU.**

Çaltepe dolomitinin (Seydişehir-Konya) sedimentolojik ve petrografik özellikleri: **Asuman ÇETİN, M. Muzaffer KARADAĞ ve Hükmü ORHAN.**

Kırıkhan (Hatay) civarının tektono-stratigrafik incelemesi: **Alican KOP, Ulvi Can ÜNLÜGENÇ ve Cavit DEMİRKOL.**

Hazar Köyü (Elazığ) güneybatısının jeolojik özellikleri: **Mustafa SÖNMEZ.**

Tortum Gölü (Erzurum) kuzeyinin stratigrafik ve sedimentolojik özellikleri: **Raif KANDEMİR ve Sadettin KORKMAZ.**

Oligo-Miyosen Denizli molas havzasına ait alüvyal yelpaze-yelpaze delta ve sıg deniz çökellerinin stratigrafisi ve sedimentolojisi, Güneybatı Türkiye: **Hasan SÖZBİLİR.**

Neojen Peçenek havzasının jeolojik evrimi: **Vedat TOPRAK ve Bora ROJAY.**

Konya batısındaki gölsel Neojen stromatolitleri: **A. Müjdat ÖZKAN ve Hükmü ORHAN.**

Afyon Sandıklı bölgesindeki İnfakambriyen kayaları: **Burhan ERDOĞAN, T. GÜNGÖR ve Necdet ÖZGÜL.**

Denizli bölgesinde Menderes masifi ile Likya naplarının stratigrafik ve yapısal ilişkisi: **Sacit ÖZER ve Hasan SÖZBİLİR.**

Milas alanında Menderes Masifi'ne ait Kretase-Alt Tersiyer istifinin biyo-stratigrafisi: **Sacit ÖZER, İzver TANSEL, Vedia TOKER, Bilâl SARI ve Mükerrem FENERCİ.**

Amasya yöresinde Orta Kretase sürecindeki platform-havza çökelleri ve birikim koşulları: **Cemil YILMAZ.**

Doğu Pontidler'de (G-Trabzon) Üst Kretase yaşlı volkano-klastiklerin petrol kaynak kayası açısından incelenmesi: **Reyhhan KARA ve Sadettin KORKMAZ.**

Tuz Gölü havzasındaki (Şereflikoçhisar-Aksaray arası) Üst Kretase yaşlı Asmaboğazı formasyonun diyajenetik özellikleri: **Hükmü ORHAN ve A. Müjdat ÖZKAN.**

Karakeçili (Kırıkkale GGB'sı) Neojen havzasındaki playa kompleksinin sedimentolojik özellikleri, Türkiye: **İbrahim TÜRKMEN ve Mehmet ÖZKUL.**

Soma kömür, havzası Miyosen istifi: **Uğur İNCİ.**

Soma yöresinin Kuvaterner jeolojisi: **İbrahim ARPALİYİÇİT.**

### 8- YAPISAL JEOLJİSİ

1 Ekim 1995 Dinar depremi ve Türkiye yeni deprem haritası: **A. Baki GÜNAYDIN.**

Modem kuyu logları ile çatlak rezervuarlarının değerlendirilmesi: **Ahmet TANDIRCIOĞLU.**

Sivrice (Elazığ) çevresinde Doğu Anadolu Fay Zonu'nun tektonik Özellikleri: **Mehmet TURAN ve Zülfü GÜROCAK.**

Tokat Masifi tektonostratigrafisinde yeni bulgular: **İhsan SEYMEN.**

Van ve Elazığ yörelerinde Kırkgeçit formasyonundaki (Orta Eosen-Alt Miyosen) olistolit yerleşmelerinin tektonik önemi: **Ercan AKSOY ve Mehmet TURAN.**

Kapıdağ Yarımadası kayma zonu: **Rahmi AKSOY.**

Kartalkaya-Köroğlu kompleksinin jeolojisinin gravite ve havadan manyetik anomalileri ile incelenmesi: **Seyfullah TUFAN, Erhan KANSU ve Vedat TOPRAK.**

Belirsiz uzunluktaki eklemlerin geometrik parametreleri ile kaya kütesinin dayanımı arasındaki ilişki: **Hasan ÜÇPİRTİ.**

### 9- ZEMİN MEKANİĞİ

Ayrık elemanlar yöntemi (DEM) ile süreksizliklerin kaya kütlelerinin dayanımına olan etkisinin iki boyutta incelenmesi: **Hasan ÜÇPİRTİ.**

Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi katı atıkları için düşünülen düzenli deponi sahasının zemin özelliklerinin incelenmesi: **Bilâl TUNÇSİPER, Orhan CERİT ve Ergün KARACAN.**

Süreksizlik aralıklarının belirlenmesinde karşılaşılan problemler: **M. Kemal GÖKAY.**

Çumru (Konya) civarının zemin özellikleri: **Adnan ÖZDEMİR ve İbrahim AKBULUT.**

Kayaçların ısısal iletkenliklerini belirlemek amacıyla bir ısısal iletkenlik ölçek sisteminin geliştirilmesi: **Ayhan BAYRAK, Mustafa EĞRİBOYUN ve Selahattin PELİN.**

Tikintinin temelinde kil yapılmış toprak kabarması ve reoloji deformasyonunun önceden tayin edilmesi: **Ç. Hamidin DANYALOĞLU.**

Lös zeminlerin kayma mukavemeti parametrelerinin zamana göre değişiminin araştırılması: **Geybulla R. GEYBULLAOĞLU ve Sabır K. ALİOĞLU.**

Zeminlerde sıkışma eğrisinin başlangıç boşluğa bağlı olarak değişiminin araştırılması: **Yakup A. EYUBOĞLU, Ana N. ALİZADE, Mehti C. CAFEROĞLU ve Acam Ö. NAGDİOĞLU.**

Killerde oluşan tek boyutlu şişme deformasyonunun zamana göre değişiminin araştırılması: **Sabır K. ALİOĞLU ve Ali Abdullah SÜLEYMAN.**

Apşeron Yarımadası kireçtaşlarının mühendislik jeolojisi özellikleri: **İ. Azızağa MUHTAROĞLU.**

Lös batan zeminler üzerinde yolların projelendirilmesi için yapılan mühendislik jeolojisi etüdlerinin farklı özellikleri: **Vügar S. ALİOĞLU.**

Mühendislik jeolojisi araştırma işlerinde lös zeminlerin esas deformasyonu göstericilerin belirlenmesi: **Tevfik İSMAİLOĞLU.**

## ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİNDE JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİNİN 20. YILI SEMPOZYUMU

Çukurova Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü tarafından düzenlenen "Çukurova Üniversitesinde Jeoloji Mühendisliği Eğitiminin 20. Yılı Sempozyumu" 30 Nisan-3 Mayıs 1997 tarihleri arasında Adana-Balçalı Üniversite kampüsünde gerçekleştirildi. Sempozyumda Genel Jeoloji, Mineraloji-Petrografi, Maden Yatakları-Jeokimya ve Uygulamalı Jeoloji anabilim dallarında 126'sı sözlü, 15'i poster olmak üzere toplam 141 bildiri sunulmuştur. Sunulan bildire ait makaleler düzenleme komitesi tarafından düzenlenerek GEOSOUND dergisinde yayımlanacaktır. Sempozyum bildiri özleri kitabında yeralan bildirimlerin başlıkları ve yazarları aşağıda verilmiştir.





ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİNDE  
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİNİN  
20. YILI SEMPOZYUMU

### *Bildiri Özleri*

30 Nisan-3 Mayıs 1997  
ADANA

Geç Kuvaterner (Holosen) döneminde İstanbul ve çevresinde gözlenen değişimler: **Engin MERİÇ.**

Orta Toros'ların kuzey kısmında bir YB/DS Neotetis dilimi: Koçkaya metaofiyolitik karmaşığı: Yitilen pasif bir kıtasal kenar kalıntısı mı?: **Levent ÖZGÜL, M. Cemal GÖNCÜOĞLU.**

Olucak (Gümüşhane-Torul) yöresi, Üst Kretase yaşlı volkanik ve subvolkanik kayaçların petrografisi-petrokimyası ve tortul granitoyidi ile olan kökensel ilişkisi: **Hakan ÇOBAN, Şemsettin CARAN.**

Osmaneli (Bilecik) yöresindeki *Orbitoides*'lerin biyometrik incelenmesinin ön bulguları: **Muhittin GÖRMÜŞ.**

Maden (KD Türkiye) resifal kireçtaşının birikim koşulları ve Geç Kretase paleocoğrafyasındaki konumu: **Cemil YILMAZ, Firdevs AYAZ.**

K/T toplu yok olması öncesinde bentik foraminifer anomalileri: **Nurdan İNAN, Engin MERİÇ.**

K/T geçişinde anormal büyümüş *Orbitoides apiculatus* Schlumberger bireyleri: **Nurdan İNAN, Engin MERİÇ.**

Trakya havzası kuzeybatısının Orta-Geç Eosen foraminiferlerinin paleoekolojisi ile bölgenin paleocoğrafyasına bir yaklaşım: **Sefer ÖRÇEN, Aynur BÜYÜKUTKU.**

Pazarcık-Sakçagöz-Kilis-Gaziantep arası Paleosen-Erken Miyosen çökellerinin foraminifer fasiyesleri temelinde paleobatimetrik değerlendirilmesi: **Sefer ÖRÇEN.**

Neojen Pelitçik havzasının jeolojisi, Galatya volkanik provenisi (Ankara): **Vedat TOPRAK, M. Lütfi SÜZEN.**

Pelitçik havzası (Ankara) dolayındaki püskürme merkezlerinin jeofizik (Gravite ve manyetik) yöntemlerle incelenmesi: **Seyfullah TUFAN, Vedat TOPRAK, Lütfi SÜZEN.**

Uydu görüntülerinde sınıflandırma metodları ve jeolojik uygulamalarda kullanımı: **Arda ARCASOY.**

Tuz Gölü havzasındaki evaporit minerallerinin uzaktan algılama yöntemleri ile belirlenmesi ve haritalanması: **Nadir Taşkın AKPULAT, Arda ARCASOY.**

Temel bileşen analizinin litolojik haritalama için kullanılması: **Erhan KANSU.**

Orta-Batı Anadolu'da alkali volkanizma, manto ksenolitleri ve tektonik ilişkiler: **M. Yılmaz SAVAŞÇIN, Tolga OYMAN.**

Çakmak trakit-porfirinin mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özellikleri: Yıldızeli, Sivas: **Musa ALPASLAN.**

Ağaçören intruzif takımının petrolojisi (Aksaray): **Yusuf Kağan KADIOĞLU, Nilgün GÜLEÇ.**

Bolkardağlar, Aladağlar ve Niğde Masifinde kabuk kalınlaşması ve Ulukışla-Çamardı baseninde riftleşme ile ilgili plütonların karşılaştırmalı incelenmesi, Orta Toroslar, Türkiye: **Ali ÇEVİKBAŞ, Durmuş BOZTUĞ, Cavit DEMİRKOL, Sabah YILMAZ, Mustafa AKYILDIZ.**

İç Anadolu Alkali plütonizmasındaki Korkundağ ve Baranadağ plütonlarında (D Kaman-KB Kırşehir) silisçe aşırı doygun (alkos) ce silisçe tüketilmiş (alkus) alkali kayaç birlikteliği: **Nazmi OTLU, Durmuş BOZTUĞ.**

İğdir Köyü (Yeşilova-Burdur) çevresindeki ofiyolitler ve bunlarla ilişkili metamorfik kayaçların petrografik incelenmesi: **Yahya ÖZPINAR.**

Aygörmez Dağı napı (Pınarbaşı-Kayseri) Devoniyen-Triyas yaşlı diyajenez-çok düşük mertebeli metasedimanter kayaçların mineralojik ve petrografik karakteristikleri: **Ömer BOZKAYA, Hüseyin YALÇIN.**

Bursa-Hamitler katı atık alanının jeolojik ve hidrojeolojik incelenmesi: **K. Tahsin ŞENYUVA ve Okay EROSKAY.**

Keban Magmatitleri (Elazığ) sanidinin jeokimyası: **Hüseyin ÇELEBİ, Şahin HANELÇİ, Ali SEYREK.**

Bigadiç zeolitlik tüflerinin bazı anyonik iyon değiştirme yetenekleri: **Yılmaz BÜRKÜT, Vildan ESENLİ, Ahmet ÇELENLİ.**

Çayırhan-Beyazırma Bölgesi (Ankara) tenardit trona yatakları oluşum koşulları: **Yılmaz BÜRKÜT, Fikret SUNER, Vildan ESENLİ.**

Trakya Havzası Kuzeybatısında Üst Eosen yaşlı tüflerin hidrokarbon potansiyeli: **Aynur (GEÇER) BÜYÜKUTKU, Nurettin SONEL, Mustafa BAYRAKTAR.**

Tepearası formasyonu (Beyşehir güneydoğusu) dolomitlerinin diyajenetik gelişimleri ve rezervuar karakteri (Konya, Türkiye): **Ali SARI, Erdoğan TEKİN, Nurettin SONEL, İsmail BAHTİYAR.**

Karakaya Problemi: tektonostragrafi evrimi üzerine öngörülen modeller ve Kozak uzanımı batısı, KB Anadolu ve İmrahor bölgesi, Ankara'dan yeni bulgular: **A. Alper ATILLA, Levent ÖZGÜL, Cemal GÖNCÜOĞLU.**

Orta Anadolu ofiyolitlerinin genel jeolojik özellikleri: **Cemal GÖNCÜOĞLU, Kenan YALINIZ, Osman PARLAK, P.A. FLOYD.**

Dalma-batma zonu üstü tipte ofiyolitlerin oluşum ve yerleşme yaşları: Sarıkaraman ofiyoliti, Orta Anadolu, Türkiye: **Kenan YALINIZ, Osman PARLAK, Sevinç (ÖZKAN) ALTINER, Cemal GÖNCÜOĞLU.**

Domaniç Neojen Havzasının ortamsal özellikleri: **Yakup ÇELİK.**

Kuzey Anadolu Fayı Zonunda Ağvanis metamorfiteilerinin petrojenezine ilişkin ön bulgular, Gülova (Sivas), KD Türkiye: **Lütfi ALTINKAYNAK, Salim GENÇ.**

Maçka-Zigana (KD Türkiye) yöresinde Üst Kretase sürecindeki yay-ıçi çökel kayıtları ve bölge jeolojisindeki önemi: **Cemal YILMAZ, Orhan KARSLI.**

Nurdandağı'nı oluşturan birimlerin yanlış adlandırılmasından kaynaklanan jeoteknik sorunlar: **İlyas YILMAZER, Tamer Yiğit DUMAN.**

Su basıncı ve K ( $\sigma$  yatay/ $\sigma$  düşey) değerlerinin tünel tasarımı-na etkisi: Köroğlu sıradağlarındaki bir örnek: **Tamer Yiğit DUMAN, İlyas YILMAZER.**

Filişten oluşan bir bölgede kurulacak organize sanayi sitesinin (OOS) jeoteknik açıdan öndependirilmesi: Batı Karadeniz bölgesinden bir örnek: **Tolga ÇAN, Tamer Yiğit DUMAN, İlyas YILMAZER.**

Kadınhanı pelitik kayalarında kloritoyid içeren şistler: **Hüseyin KURT.**

Seyhan ve Ceyhan Deltalarının kronolojik evrimi ve bunların kıyı değişimine etkileri: **Kemal GÜRBÜZ.**

Adana Baseni kuzeyinde yer alan Miyosen yaşlı denizaltı yelpazelerinin iz fosilleri yardımı ile ortamsal özelliklerinin araştırılması: **Huriye DEMİRCAN, Kemal GÜRBÜZ, Vedat TOKER.**

Topuk-Göyünkbelen sokulumunun mineralojik ve jeokimyasal özellikleri, Orhaneli-KB Anadolu: **Yüksel ÖRGÜN, Atilla AKYOL.**

Alt Ordovisiyen öncesi yaşlı yay magmatizmasının Kuzey Türkiye'den bir örnek: Çadırtepe Formasyonu'nun jeokimyasal incelenmesi (Bolu, B Pontidler): **P. Ayda USTAÖMER, Erdiñ KİPMAN.**

Trakya Havzası kuzey şelfinde (Silivri civarı) Oligo-Miyosen delta çökellerinin sismik görünümü: **Taner TANIŞ, Nurettin SONEL.**

Sivas Havzası kuzeybatı kenarında Eosen sonrası kuzey yönlü bindirmeler: İmbrike yapılar: **Selim İNAN.**

Trakya Havzası kuzeybatısında yeraltı verileri ile mikrofasiyes analizi: **Aynur (Geçer) BÜYÜKUTKU, Göksekin ESELLER, Nurettin SONEL.**

Çevre Jeolojisi ve jeofizik ile Kocaeli-Kızıldere heyelan ve erozyon alanı araştırılması ve önleme teknikleri: **Cengiz KURTULUŞ, Hasan ENDEŞ, Funda DÖKMEN, Savaş AYBERK.**

Fele yöresinde Üst Jura-Alt Kretase gelgit çevresi karbonatlarının sekans stratigrafisi (Batı Toroslar, Türkiye): **İsmail Ömer YILMAZ, Demir ALTINER, Muzaffer BEYAZITOĞLU.**

Alt Kretase gelgit çevresi ortamı karbonat istiflerinde metre ölçekli devirsel çökeller (Üzümlü, Batı Toroslar, Türkiye): **Naki AKÇAR, Demir ALTINER.**

Sulakyurt granitoidlerinde açılan derivasyon tünelineki destek tasarımı: **Aydın ÖZSAN, Yusuf Kağan KADIOĞLU.**

Ezine (Çanakkale) metamorfiteilerinde görülen farklı türdeki buruşma klivajı ve fiziksel koşullarla ilişkisi: **İsmail BİLGİN.**

Batı Toroslarda Geç Mesozoyik-Tersiyer evrimine yaklaşım: Cide-Devrek virgasyonu'nun gelişimi: **Erdiñ YİĞİTBAŞ, Ali ELMAS.**

Bolu-Eskipazar zonu'nun jeolojisi: İnter Pontit Zonu'nun gelişimine bir yaklaşım: **Ali ELMAS, Erdiñ YİĞİTBAŞ, Yücel YILMAZ.**

Tavşanlı zonunda (Batı Orta Anadolu) yer alan bazı granitoidlerin kökensel karşılaştırılması: **Nuran SÖNMEZ, Muharrem SATIR.**

H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> (CH<sub>4</sub>)-NaCl sistemiyle temsil edilen karbonik sıvı kapanımlar ve iki örnek inceleme: **Nuran SÖNMEZ, Zeynep AYAN.**

Ezine Ayancık bölgesindeki magma kaynaklarının jeokimyasal özellikleri: **Z. KARACIK, Y. YILMAZ.**

Eğirdir (Isparta) güneyinde yer alan Mesozoyik yaşlı birimlerin petrol jeolojisi yönünden incelenmesi: **Ayşe BOZCU, Fuzuli YAĞMURLU.**

Alt Ordovisiyen öncesi yaşlı bir Kadomiyen aktif kenarında gelişmiş granitoidlerin (Bolu granitoid kompleksi) jeokimyasal değerlendirilmesi (B Pontidler): **P. Ayda USTAÖMER, Erdiñ KİPMAN.**

Porfiroklast sistemleri ve makaslama durumunun belirlenmesinde kullanımı: **Musa ALPARSLAN, Süha ÖZDEN, Jean Claude GUEZOU.**

Trabzon civarı topraklarındaki iyot konsantrasyonları: **Emine TAŞHAN.**

Karamağara (Keban) Moliibdenit-Flüorit cevherleşmelerinin jeokimyası: **Hüseyin ÇELEBİ, Ali SEYREK, Şahin HANELÇİ.**

Elazığ-Maden bölgesi maden çayı boyunca bakır için biyojeokimyasal anomililerin incelenmesi: **Zeynep ÖZDEMİR, Ahmet SAĞIROĞLU.**

Bayburt-Kelkit havzasında Mesozoyik volkanizmasının zaman içindeki evrimi: Doğu Pontid magmatik yayının yay geri magmatizması (KD Türkiye): **Osman BEKTAŞ, Zafer ASLAN, Nezihi KÖPRÜBAŞI, Mehmet ARSLAN.**

Uluçınar (Arsuz) ovasının hidrojeoloji incelenmesi: **Nezih YAVUZ, Aziz ERTUNÇ.**

Gökova tuzlu kaynaklarının hidrojeolojik modeli: **Ali Malik GÖZÜBOL, Okay EROSKAY.**

Sivrihisar Neojen göl basenindeki farklı jips oluşumlarının duraylı izotoplara (8180;813C) göre ortamsal yorumları: **Zehra KARATAŞ.**

Yunussemre (Eskişehir) listvenitlerinin jeokimyasal ve jeoistatistiksel incelenmesi: **Ali REÇBER, Şükrü KOÇ, Yusuf Kaan KADIOĞLU.**

Sulakyurt plütonunun günlenme ve alterasyon dereceleri, Kırkkale: **Yusuf Kaan KADIOĞLU, Aydın ÖZSAN.**

Marmara Denizi güneyinin güncel planktik foraminifer yayılımı: **Aynur HAKYEMEZ, Vediz TOKER.**

Miyosen yaşlı Sultançayır havzasındaki evaporit oluşumlarında sülfat ve borat ilişkisi (Batı Anadolu, Türkiye): **C. HELVACI, F. ORTİ, L. ROSELL, İ. GÜNDOĞAN.**

Alüvyon zeminde (Konya) ıslanmayla oluşan göçmeler: **Adnan ÖZDEMİR.**

Loras Dağı-Çaldağı ile Hatunsaray (Konya batısı) arasında kalan bölgenin stratigrafisi ve bazı tektonik özellikleri: **Ahmet TURAN, Şuayip KÜPELİ, İlkay KARAKOÇ.**

Silifke batısında göksu vadisi boyunca yüzeylenen Miyosen öncesi oluşukların tektonostratigrafik özellikleri: **Ahmet TURAN, Fetullah ARIK.**

Mekanik Röle Separatörü iletken tank modeli çalışması: **Tekin YEKEN, Cengiz KURTULUŞ.**

Kıyı akiferlerinde deniz suyu intruzyonuna bir örnek: İstanbul Tuzla İçmeleri: **İ. BARUT, O. EROSKAY.**

Kopdağı (Erzincan) kromitlerinin aranmasında kullanılacak mineralojik, petrografik ve yapısal kriterler: **Hasan KOLAYLI.**

Kop ultramafitlerinin (Erzincan-Erzurum) mineralojik ve petrografik özellikleri: **Hasan KOLAYLI.**

Orta Anadolu'da kabuksal deformasyonun paleomanyetik yöntemlerle incelenmesi: **O. TATAR, J.D.A. PİPER, H. GÜRSOY, H. TEMİZ.**

Gediz Grabeninde güncel deformasyon verileri: **Halil GÜRSOY, Haluk TEMİZ, Orhan TATAR, Aykut BARKA.**

Yavru batısında (Yıldızeli-Sivas) Orta Anadolu bindirme kuşağının stratigrafisi ve tektoniği: **Fikret KOÇBULUT, Orhan TATAR, Halil GÜRSOY.**

Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun kinematiği ve sismotektoniği: **Semih ÖVER.**

Kırkgeçit (Biga/Çanakkale) termomineral kaynağının hidrojeokimyasal incelenmesi ve sıcak suyun insan sağlığına etkisi: **Rüstem PEHLİVAN.**

Yeraltısuyunun depolanmasında ve iletilmesinde süreksizliklerin etkisi: **M. Tahir NALBANTÇILAR, M. Kemal GÖKAY.**

Samsun merkez yeraltısuyu kalitesinin incelenmesi: **Salih YÜKSEL, M. Tahir NALBANTÇILAR, Nilgün BAYKAYA, A. Nur ONAR.**

Dereli-Şebinkarahisar (Giresun) arasında yüzeylenen Doğu Pontid plütonizması petrojenezinde magma karışımı fraksiyonel kristalleşme, kabuksal kirlenme ve kısmi erime süreçleri: **Sabah YILMAZ, Durmuş BOZTUĞ.**

Cürek (Divriği-Sivas) ve Güvenç, Karakuz (Hekimhan-Malatya) bölgelerindeki Geç Kretase Ofiyolitik melanjları içerisindeki silika karbonat (Listvenit) kayaların jeolojisi, jeokimyası ve mineralizasyonu: **Ali UÇURUM, Lawrence T. LARSON, Durmuş BOZTUĞ.**

Acıpayam Ovası (Denizli) ana kanal güzergahında gelişen kama tipi kaymanın geri analizi yöntemi ile incelenmesi: **Halil KUMSAR, Mehmet AKGÜN, Turgay BEYAZ, Ömer AYDAN.**

Gürpınar Formasyonundaki kitle hareketlerine hidrojeolojik koşulların etkisi: **İ. Halil ZARİF, A. Malik GÖZÜBOL.**

İstanbul'daki tarihi eserlerde kullanılan Bakırköy kireçtaşı atmosferik parametrelerin etkisi: **Okay GÜRPINAR, Cemil SEYİS, Atiye TUĞRUL, İ. Halil ZARİF.**

İzmit genç çökellerinin temel oyma nitelikleri: **İ. Halil ZARİF, Atiye TUĞRUL, Okay GÜRPINAR, Ferhan TEMEL.**

Cingöz Denizaltı yelpazeleri (Adana Baseni-Türkiye) ağır mineral analizlerinin provens araştırmalarında kullanımları: **İsak YILMAZ, Kemal GÜRBÜZ.**

Terkedilmiş maden ocaklarındaki (Pb-Zn yatakları) ağır minerallerin çevreye etkisi: **Adem ERSOY.**

Tuzhisar (Sivas) kayatuzu kristallerinde sıvı kapanım incelemeleri: **Fuat Ceyhan KOPTAGEL, Ahmet EFE.**

Doğu Pontid magmatik arkında (KD Türkiye) neptuniyen daykları ve blok tektoniği: Mesozoyik havzaların kinematikiği ile ilgili bulgular: **Osman BEKTAŞ, Şenol ÇAPKINOĞLU.**

Karaserin Formasyonu'ndan (Amasya) Erken Devoniyen ve Permiyen yaşlı Kireçtaşı olistolitleri: **Şenol ÇAPKINOĞLU, Osman BEKTAŞ.**

Madenköy (Çayeli, Rize) masif sülfid yatağındaki cevher merceğinin jeolojisi ve mineralojisi üzerine yeni gözlemler: **Miğraç AKÇAY, Muhammed ARAR.**

Paleozoyik yaşlı Gümüşhane granitoidi içerisindeki kalk-alkalen lamprofirlerin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri: **F. AYDIN, C. ŞEN, M.B. SADIKLAR.**

Gümüşhane köyü (Artvin) yöresinde çok fazlı magmatik soku-lumlar ve onlarla ilişkili porfiri Cu-Au cevherleşmesi: **Miğraç AKÇAY, Ömer GÜNDÜZ, Hakan ÇOBAN.**

Murgul Cu madeni çevresinde ağır elementlerin yanal dağılımı ve çevresel kirlilik üzerine etkileri: **Miğraç AKÇAY, Necati TÜYSÜZ, Nigar ALEMDAĞ.**

Mersin Ofiyolitinin ada yayı ortamında oluştuğunu gösteren jeokimyasal veriler G, Türkiye: **Osman PARLAK, Ergüzer BİNGÖL, Michel DELALOYE.**

Mersin ofiyolitinde metamorfik dilim ve izole daykları jeokimyası ve 40Ar/39Ar jeokronolojisi (G, Türkiye): **Osman PARLAK, Ergüzer BİNGÖL, Michel DELALOYE.**

Kızıldere (Denizli) Jeotermal enerji sahasının reenjeksiyon olanakları: **N. AKSOY, Ş. FİLİZ.**

Hatay-Reyhanlı barajının mühendislik jeolojisi incelemesi: **Sedat TÜRKMEN, Servet BAHADIRLI.**

Denizli Kızıldere jeotermal sahasında açılan TH-2 reenjeksiyon sondaj kuyusu verilerinin hidrojeolojik değerlendirilmesi: **Ş. FİLİZ, H.L. ÇETİNER.**

Zonguldak (Velibey) kumtaşlarının endüstriyel kullanım olanaklarının araştırılması: **Şenol YÜCEL, Gürken BACAK, İhsan TOROĞLU.**

Hadim Napı'nda Karbon-Perm geçişi, Girvanella Kireçtaşı oluşumunun paleontolojisi: **Cengiz OKUYUCU, Tuncer GÜVENÇ.**

Hadim Napı Üst Permiyen stratigrafisi ve paleontolojisi: **Gülğün GÖKTEPE, Tuncer GÜVENÇ.**

Yozgat Batoliti GB kesiminde (Şefahtlı-Yerköy arası) FC ve magma mingling/mixing süreçlerinin kanıtları: **Sibel TATAR, Durmuş BOZTUĞ.**

Anatolid-Pontid çarpışma sisteminin pasif kenarında yer alan Yozgat Batolitinde syn-colg ve post-colg granitoid birlikteliği: **Taner EKİCİ, Durmuş BOZTUĞ.**

Granitoidlerdeki K-feldispat megakristallerinin anlamı ve önemi: **Taner EKİCİ, Durmuş BOZTUĞ.**

İç Anadolu çarpışma sonrası alkali plütonizmasında bazı jenetik gruplaşmalar: **Durmuş BOZTUĞ, Sabah YILMAZ.**

Kaçkar Batoliti Altınparma Dağı-Soğanlı Dağı arası (GD Çamlıhemşin-Rize) kesiminin petrografik, jeokimyasal ve petrogenetik incelenmesi: **Yıldırım GÜNGÖR, Durmuş BOZTUĞ, Osman YILMAZ.**

Granitoid kayaların mineralojik değişiminin belirlenmesinde yeni bir yaklaşım: **Orhan KARSLI, M. Burhan SADIKLAR.**

Pamukkale-Karahayıt hidrotermal karst yapılarında kirlenebilirlik ve çevresel etki değerlendirilmesi: **Ali GÖKGÖZ, Şevki FİLİZ.**

Hacıbekili (Kahramanmaraş) ve dolayının krom yatakları ve jeolojisi: **Mehmet TURMUŞ, Erdal KEREY.**

Akarca (Afyon) kireçtaşının mermer olabilirliğinin araştırılması: **Servet KABASARI, Mustafa KUSÇU.**

Gökçeada-Bozcaada-Çanakkale Bölgesinin Geç Kuvaterner (Holosen) Mollusk faunası: **Uğraş IŞIK, Güler TANER.**

Neojen yaşlı Kuzgun ve Handere Formasyonları Mollusk biyostratigrafisi (Adana): **Gamzegül UYAR, Güler TANER.**

Marmara Denizi ve çevresi ve Kuvaterner Mollusk faunası (Türkiye): **Sevinç KAPAN YEŞİLYURT, Yeşim İSLAMOĞLU, Güler TANER.**

Çukurovanın neotektonik jeomorfolojik evrimi: **Oğuz EROL.**

Ayvacak (Çanakale) bentonit yataklarındaki beidellit oluşumu: **Fazlı ÇOBAN.**

Yozgat Batolitinin Petrografisi, iz-element jeokimyası ve petrografisi: **Nurdan S. AYDIN.**

Yeni yerleşim alanlarının belirlenmesinde yerbilimi verilerinin kullanımı: **Hidayet TAĞA, Cavit DEMİRKOL.**

Güvenç köyü (Adana) civarındaki sedimanların mineralojik ve kimyasal bileşimi: **Meltem SAYARSLAN, Fevzi ÖNER.**

Aydıncık (İçel) yöresinin jeolojisi: **Hayati KOÇ, Erol ÖZER, Türker ÖZSAYAR.**

Tarsus yöresi (Adana Baseni) Üst Tersiyer-Kuvaterner istifinin mikropaleontolojik (plaktik foraminifer, nannoplankton ve ostrakod) incelenmesi: **Atike NAZİK, Vedra TOKER, Muzaffer ŞENOL, Gülde'nin ÖRGÜNÇ.**

Bakırköy havzası (İstanbul) Tersiyer çökellerinin ostrakod faunası: **Ümit ŞAFAK.**

Güneşli çöp döküm alanında jeofizik araştırmalar: **Mehmet GÜZEL, Şaziye ABACI.**

Bir çarpışmanın kilometre taşları olan Arabistan çevresi ofiyolitleri: olaylar ve sorunlar: **Michel DELALOYE.**

Antakya ve civarındaki potansiyel deprem kaynaklarının olası maksimum yer ivmesi azalımı: **Alican KOP, Hasan ÇETİN.**

Soketli kaya temelleri: **Nildan YALÇIN, Altay ACAR.**

Büyük Menderes rift zonunda yer alan Kızıldere Salavatlı ve Germencik bölgesi jeotermal sularının Hidrojeokimyası ve izotop jeokimyası: **Nevzat ÖZGÜR.**

Türkiye'nin tektonik birimleri ile metalojenezi (cevher yatakları) arasındaki ilişkiye kısa bir bakış: **Atilla AKYOL.**

Anadolu Platformu Üst Paleozoyik stratigrafisi ve paleontolojisi: **Tuncer GÜVENÇ.**

İnternet'in yerbilimlerinde öğretme ve öğrenme amacı ile kullanımı: **M. Zeki BİLLOR.**

Kopdağı kromitlerinin mineralojisi ve jeokimyası: **M. Zeki BİLLOR.**

Bahçe-Haruniye (Adana) ofiyolitine bağlı kromit cevherleşmesi: **Ender SARIFAKIOĞLU, Mesut ANIL.**

Belen (Hatay) ve güney kesiminin stratigrafisi ve tektoniği: **Ulvi Can ÜNLÜGENÇ, Alican KOP, Yavuz DOKUMACI, Cavit DEMİRKOL.**

Ortaköy civarının (Şarkışla kuzeyi-Sivas) jeolojik incelemi: **Ulvi Can ÜNLÜGENÇ, Mahmut EROĞLU.**

Adana Baseni Tersiyer stratigrafisi üzerine yeni gözlemler: **Ulvi Can ÜNLÜGENÇ.**

## DÜNYA ENERJİ KONSEYİ KONGRESİ

Dünya Enerji Konseyi'in 17. Kongresi 13-18 Eylül 1998 tarihleri arasında Houston-Texas'ta yapılacaktır.

Kongre'nin Ana Teması, "Enerji ve Teknoloji: Gelecekte bin yıllık dönemde dünya kalkanmasının sağlanması" olan bu kongrede işlenecek konular aşağıda 4 başlık altında toplanmıştır:

### 1. Bölüm: Bilinen kaynakların kalkınmadaki ve uygulamadaki etkileri

- \* Enerji gereksiniminin yakın anlamı,
- \* Enerji kaynakları ve teknolojisi,
- \* Çevresel konuların, teknolojilerin ve stratejilerin, kalkınma ve uygulamadaki etkileri,
- \* Enerji endüstrisindeki tekrar yapılanma.

### 2. Bölüm: Bilinen kaynakların uygulanması ve gelişimi için kullanılacak sistemler

- \* Bilinen enerji kaynaklarının yaygınlaştırılmasında teknolojinin rolü,
- \* Enerji kaynaklarının dağılımı ve korunması,
- \* Bilinen kaynakların kullanımının artışı için toplumsal uygulamalar.

### 3. Bölüm: Kaynakların, sistemlerin ve servislerin gelişimindeki roller

- \* Fosil yakıtlarının sağlanması,
- \* Nükleer ve tekrar kullanılabilir kaynakların kullanılması için teknolojik gelişmeler,
- \* Enerji dağılımı ve kullanımında ekonomik kavramlar,
- \* Bilinmeyen kaynakların kullanımında sosyal topluluklar.

### 4. Geleceğin yaşatılması için kavramlar

- \* Daha az enerji sağlayan sistemler,
- \* Enerji kaynaklarındaki ve sistemlerindeki teknolojiler,
- \* Kalkınabilir sistemlere geçişte toplumsal konular.

## Yeni Yayınlar / Kitaplar

### Ahmad N. and Mermut A.-Vertisols and Technologies for their Management

1996. 566 pages.  
ISBN 0-444-88789-X Hardbound  
Price: NLG 495.00 (US\$ 309.50)  
Discount price: NLG 396.00 (US\$ 247.60)  
*ELSEVIER*

### Baker D.N., Papitashvili V.O. and Teague M.J.-Solar-Terrestrial Energy Program

1994. 844 pages.  
ISBN 0-08-042131-8 Hardbound  
Price: NLG 441.00 (US\$ 272.25)  
Discount price: NLG 352.80 (US\$ 217.80)  
*PERGAMON*

### Bathurst R.G.C. - Carbonate Sediments and their Diagenesis / Second Enlarged Edition

1975. 6th reprint 1994.  
xx+660 pages.  
ISBN 0-444-41353-7 Paperback  
Price: NLG 225.00 (US\$ 85.00)  
Discount price: NLG 180.00 (US\$ 68.00)  
*ELSEVIER*

### Böhme R. -Inventory of World Topographic Mapping Volume 1

1989. 196 pages.  
ISBN 1-85166-357-6 Hardbound  
Price: NLG 348.00 (US\$ 215.00)  
Discount price: NLG 278.40 (US\$ 172.00)  
*PERGAMON*

### Böhme R. -Inventory of World Topographic Mapping Volume 2

1991. 524 pages.  
ISBN 1-85166-661-3 Hardbound  
Price: NLG 547.00 (US\$ 337.75)  
Discount price: NLG 437.60 (US\$ 270.20)  
*PERGAMON*

### Böhme R. Anson Roger-Inventory of World Topographic Mapping, Volume 3

1993. 466 pages.  
ISBN 1-85861-034-6 Hardbound  
Price: NLG 521.00 (US\$ 321.75)  
Discount price: NLG 416.80 (US\$ 257.40)  
*PERGAMON*

### Böhme R. -Inventory of World Topographic Mapping, 3-Volume Set

1993. ISBN 0-08-042414-7 Hardbound  
Price: NLG 1188.00 (US\$ 735.50)  
Discount price: NLG 950.40 (US\$ 586.80)  
*PERGAMON*

### Bonham-Carter Graeme F. - Geographic Information Systems for Geoscientists:

**Modelling with GIS**  
1994. 415 pages.  
ISBN 0-08-042420-1 Paperback  
Price: NLG 72.00 (US\$ 44.50)  
Discount price: NLG 57.60 (US\$ 35.60)  
*PERGAMON*

### Brand U. and Morrison J.O. - Geochemistry of Fossils- In preparation

*ELSEVIER*

### Briggs J.C. - Global Biogeography

1995. 472 pages.  
ISBN 0-444-882997-9 Hardbound  
Price: NLG 348.00 (US\$ 215.00)  
Discount price: NLG 278.40 (US\$ 172.00)  
ISBN 0-444-82560-6 Paperback  
Price: NLG 160.00 (US\$ 100.00)  
Discount price: NLG 128.00 (US\$ 80.00)  
*ELSEVIER*

### Büchner J. - The Three-Dimensional Magnetosphere

1996. 326 pages.  
ISBN 0-08-042674-3 Paperback  
Price: NLG 150.00 (US\$ 92.75)  
Discount price: NLG 120.11 (US\$ 74.20)  
*PERGAMON*

### Cawthorn R.G. -Layered Intrusions

1996. 542 pages.  
ISBN 0-444-81768-9 Hardbound  
Price: NLG 320.00 (US\$ 197.75)  
Discount price: NLG 256.00 (US\$ 158.20)  
ISBN 0-444-82518-5 Paperback  
Price: NLG 150.00 (US\$ 92.75)  
Discount price: NLG 120.00 (US\$ 74.20)  
*ELSEVIER*

### Condie K.C. - Archean Crustal Evolution

1994. 542 pages.  
ISBN 0-444-81621-6 Hardbound  
Price: NLG 305.00 (US\$ 188.50)  
Discount price: NLG 244.00 (US\$ 150.80)  
*ELSEVIER*

### Culhane J.L. and Hiel E. - Solar Flare, Coronal and Heliospheric Dynamics

1995. 392 pages.  
ISBN 0-08-042644-1 Paperback  
Price: NLG 315.00 (US\$ 194.50)  
Discount price: NLG 252.00 (US\$ 155.60)  
*PERGAMON*

**Denègre J. - Thematic Mapping from Satellite Imagery, A Guidebook**

1994. 200 pages.  
 ISBN 0-08-042351-5 Hardbound  
 Price: NLG 192.00 (US\$ 118.75)  
 Discount price: NLG 153.60 (US\$ 95.00)  
 PERGAMON

**Doerffer J.W. - Oil Spill Response in the Marine Environment**

1992. 395 pages.  
 ISBN 0-08-041000-6 Hardbound  
 Price: NLG 230.00 (US\$ 142.00)  
 Discount price: NLG 184.00 (US\$ 113.60)  
 PERGAMON

**Dresen L. and Rüter Horst-Seismic Coal Exploration Part B: In-Seam Seismics**

1994. 446 pages.  
 ISBN 0-08-037226-0 Hardbound  
 Price: NLG 235.00 (US\$ 145.25)  
 Discount price: NLG 188.00 (US\$ 116.20)  
 PERGAMON

**Embleton C. and Embleton-Hamann C.-Geomorphological Hazards of Europe**

1997. 534 pages.  
 ISBN 0-444-88824-1 Hardbound  
 Price: NLG 385.00 (US\$ 240.75)  
 In preparation  
 ELSEVIER

**Frizado Joseph-Management of Geological Databases**

1992. 264 pages.  
 ISBN 0-08-037951-6 Hardbound  
 Price: NLG 197.00 (US\$ 121.75)  
 Discount price: NLG 157.60 (US\$ 97.40)  
 PERGAMON

**Green William R.D.F. Merriam - Exploration with a Computer**

1991. 240 pages.  
 ISBN 0-08-040264-X Hardbound  
 Price: NLG 121.00 (US\$ 74.75)  
 Discount price: NLG 96.80 (US\$ 59.80)  
 PERGAMON

**Guptill Stephen C. and Morrison Joel L.-Elements of Spatial Data Quality**

1995. 250 pages.  
 ISBN 0-08-042432-5 Hardbound  
 Price: NLG 227.00 (US\$ 140.00)  
 Discount price: NLG 181.60 (US\$ 112.20)  
 PERGAMON

**Harbaugh John W., Davis John C. and Wendebourg Johannes-Computing Risk for Oil Prospects: Principles and Programs**

1995. 465 pages.

ISBN 0-08-037224-7 Hardbound  
 Price: NLG 222.00 (US\$ 137.25)  
 Discount price: NLG 177.60 (US\$ 109.80)  
 PERGAMON

**Helbig Klaus-Foundations of Anisotropy for Exploration Seismics**

1994. 502 pages.  
 ISBN 0-08-037224-4 Hardbound  
 Price: NLG 222.00 (US\$ 137.25)  
 Discount price: NLG 177.60 (US\$ 109.80)  
 PERGAMON

**Helbig Klaus-Modeling The Earth For Oil Exploration**

1994. 812 pages.  
 ISBN 0-08-042419-8 Hardbound  
 Price: NLG 294.00 (US\$ 181.50)  
 Discount price: NLG 235.20 (US\$ 145.20)  
 PERGAMON

**Hupp C.R., Osterkamp W.R. and Howard A.D.-Biogeomorphology, Terrestrial and Freshwater Systems**

1995. 356 pages.  
 ISBN 0-444-81867-7 Hardbound  
 Price: NLG 444.00 (US\$ 274.25)  
 Discount price: NLG 355.20 (US\$ 219.40)  
 ELSEVIER

**Kuo Fu-Shong-Low-Latitude Ionospheric Physics-Cospar Colloquium 7**

1994. 329 pages.  
 ISBN 0-08-042134-2 Hardbound  
 Price: NLG 348.00 (US\$ 215.00)  
 Discount price: NLG 278.40 (US\$ 172.00)  
 PERGAMON

**MacEachren Alan M. and Taylor D.R. Fraser Visualization in Modern Cartography**

1994. 368 pages.  
 ISBN 0-08-042415-5 Paperback  
 Price: NLG 81.00 (US\$ 50.00)  
 Discount price: NLG 64.80 (US\$ 40.00)  
 ISBN 0-08-042416-3 Hardbound  
 Price: NLG 206.00 (US\$ 127.25)  
 Discount price: NLG 164.80 (US\$ 101.80)  
 PERGAMON

**Marsch E. and Schween R.-Solar Wind Seven**

1992. 732 pages.  
 ISBN 0-08-042049-4 Hardbound  
 Price: NLG 334.00 (US\$ 206.25)  
 Discount price: NLG 267.20 (US\$ 165.00)  
 PERGAMON

**Martinez Paul A. and Harbaugh John W.-Simulating Nearshore Environments**

1993. 280 pages.  
 ISBN 0-08-037937-0 Hardbound

Price: NLG 222.00 (US\$ 137.25)  
Discount price: NLG 177.60 (US\$ 109.80)  
*PERGAMON*

**Moullade M. and Nairn A.E.M.-The Phanerozoic Geology of the World I**

1996. 704 pages.  
ISBN 0-444-82090-6 Hardbound  
Price: NLG 475.00 (US\$ 293.25)  
Discount price: NLG 380.00 (US\$ 234.60)  
*ELSEVIER*

**Olsen K.H.-Continental Rifts: Evolution, Structure, Tectonics**

1995. 490 pages.  
ISBN 0-444-89566-3 Hardbound  
Price: NLG 375.00 (US\$ 231.50)  
Discount price: NLG 300.00 (US\$ 185.20)  
ISBN 0-444-89567-1 Paperback  
Price: NLG 161.00 (US\$ 99.50)  
Discount price: NLG 128.80 (US\$ 79.60)  
*ELSEVIER*

**Panizza M. -Environmental Geomorphology**

1996. 284 pages.  
ISBN 0-444-89830-1 Hardbound  
Price: NLG 350.00 (US\$ 218.75)  
Discount price: NLG 280.00 (US\$ 175.00)  
*ELSEVIER*

**De Paor D.G.-Structural Geology and Personal Computers**

1996. 542 pages.  
ISBN 0-08-042430-9 Hardbound  
Price: NLG 250.00 (US\$ 154.00)  
Discount price: NLG 200.00 (US\$ 123.20)  
ISBN 0-08-043110-0 Paperback  
Price: NLG 78.00 (US\$ 48.00)  
Discount price: NLG 62.00 (US\$ 38.00)  
*PERGAMON*

**Perillo G.M.E.-Geomorphology and Sedimentology of Estuaries**

1995. 1st reprint 1996.  
488 pages.  
ISBN 0-444-88170-0 Hardbound  
Price: NLG 482.00 (US\$ 297.75)  
Discount price: NLG 385.60 (US\$ 238.20)  
ISBN 0-444-82561-4 Paperback  
Price: NLG 165.00 (US\$ 103.25)  
Discount price: NLG 132.00 (US\$ 82.60)  
*ELSEVIER*

**Rahman S.S. and Chilingarian G.V.-Casing Design-Theory and Practice**

1995. 388 pages.  
ISBN 0-444-81743-3 Hardbound  
Price: NLG 342.00 (US\$ 211.25)  
Discount price: NLG 273.60 (US\$ 169.00)  
*ELSEVIER*

**Reyment Richard A.-Multidimensional Palaeobiology**

1991. 426 pages.  
ISBN 0-08-041001-4 Paperback

Price: NLG 97.00 (US\$ 60.00)  
Discount price: NLG 77.60 (US\$ 48.00)  
*PERGAMON*

**Said Rushdi-The River Nile: Geology, Hydrology and Utilization**

1993. 332 pages.  
ISBN 0-08-041886-4 Hardbound  
Price: NLG 254.00 (US\$ 157.00)  
Discount price: NLG 203.20 (US\$ 125.00)  
*PERGAMON*

**The Geology of Sirt Basin**

**Volume I - Salem M.J., Mouzoughi A.J. and Hammuda O.S.**

564 pages  
ISBN 0-444-82611-4 Hardbound  
Price: NLG 500.00 (US\$ 312.50)  
Discount price: NLG 400.00 (US\$ 250.00)

**Volume II - Salem M.J., El-Hawat A.S. and Sbeta A.M.**

578 pages  
ISBN 0-444-82612-2 Hardbound  
Price: NLG 550.00 (US\$ 343.75)  
Discount price: NLG 440.00 (US\$ 275.00)

**Volume III - Salem M.J., Busrewil M.T., Misallati A.A. and Sola M.**

380 pages  
ISBN 0-444-82613-0 Hardbound  
Price: NLG 435.00 (US\$ 272.00)  
Discount price: NLG 348.00 (US\$ 217.60)

**The Geology of Sirt Basin - Set**

ISBN 0-444-82403-0 Hardbound  
Price: NLG 1350.00 (US\$ 843.75)  
Discount price: NLG 1350.00 (US\$ 675.00)  
*ELSEVIER*

**Schön J.H. - Physical Properties of Rocks: Fundamentals and Principles of Petrophysics**

1995. 592 pages.  
ISBN 0-08-041008-1 Hardbound  
Price: NLG 267.00 (US\$ 165.00)  
Discount price: NLG 213.60 (US\$ 132.00)  
*PERGAMON*

**Sen M.K. and Stoffa P.L. - Global Optimization Methods in Geophysical Inversion**

1995. 294 pages.  
ISBN 0-444-81767-0 Hardbound  
Price: NLG 310.00 (US\$ 191.50)  
Discount price: NLG 248.00 (US\$ 153.20)  
*ELSEVIER*

**Steel R.J., Felt V.L., Johannesson E.P. and Mathieu C.-Sequence Stratigraphy on the Northwest European Margin**

1995. 620 pages.  
ISBN 0-444-81863-4 Hardbound  
Price: NLG 353.00 (US\$ 218.00)  
Discount price: NLG 282.40 (US\$ 174.40)  
*ELSEVIER*

**Stephanson O., Jing L. and Tsang C.-F. Coupled Thermo-Hydro-Mechanical Processes of Fractured Media**

1996. 599 pages.  
ISBN 0-444-82545-2 Hardbound  
Price: NLG 350.00 (US\$ 218.75)  
Discount price: NLG 280.00 (US\$ 175.00)  
*ELSEVIER*



**Szego K. - The Environmental Model of Mars**

1991. 168 pages.  
 ISBN 0-08-040787-0 Hardbound  
 Price: NLG 67.00 (US\$ 41.50)  
 Discount price: NLG 53.60 (US\$ 33.20)  
 PERGAMON

**Vaníček P. and Krakiwsky E.J.-Geodesy: The Concepts/Second Revised Edition**

1986. 3 rd reprint 1996.  
 714 pages.  
 ISBN 0-444-87777-0 Paperback  
 Price: NLG 225.00 (US\$ 100.00)  
 Discount price: NLG 180.00 (US\$ 80.00)  
 ELSEVIER

**Young Ian and Holland Greg - Atlas of the Oceans: Wind and Wave Climate**

1996. 246 pages.  
 ISBN 0-08-0425199-4 Hardbound  
 Price: NLG 420.00 (US\$ 259.25)  
 Discount price: NLG 336.00 (US\$ 207.40)  
 PERGAMON

**Young Ian and Holland Greg - Atlas of the Oceans: Wind and Wave Climate (Hardbound and CD-Rom Set)**

1996.  
 ISBN 0-08-042435-X Hardbound and CD-ROM  
 Price: NLG 1524.00 (US\$ 960.00)  
 Discount price: NLG 1219.20 (US\$ 768.00)  
 PERGAMON

**Young Peter C. - Concise Encyclopedia of Environmental Systems**

1993. 783 pages.  
 ISBN 0-08-036198-6 Hardbound  
 Price: NLG 574.00 (US\$ 354.50)  
 Discount price: NLG 459.20 (US\$ 283.60)  
 PERGAMON

**Kitaplar****(Uygulamalı Jeoloji)**

**Engineering geology of weak rock.** Proceeding of the 26 th annual Conference of the Engineering Group of the Geotechnical Society, Leeds, United Kingdom, 9-13 September 1990, 510 pages, Fig., Tbl., Hard Back, A.A. Balkema Publishers, Amsterdam, 1993, 575 French Francs

**Rock slopes.** Proceedings of the Asian ISRM Regional Symposium on rock slopes, 7-12 December 1992, New Delhi, India, 486 pages, Tabl., Fig., Hard Back, Balkema Publishers, Amsterdam, 1993, 544 French Francs.

**Applied Karst Geology.** Proceedings of the Fourth multidisciplinary Conference on sinkholes and the engineering and environmental impacts of karst, Tabl., Fig., Hard Back, Balkema Publishers, Amsterdam, 500 French Francs.

**Geotechnical management of waste and contamination.** Proceedings of the Conference on geotechnical management of waste and contamination, Sydney, N.S.W., Australia, 22-23 March 1993, 517 pages, Tabl., Fig., Hard Back, Balkema Publishers, Amsterdam, 560 French Francs.

**Environmental Management: Geo Water and Engineering Aspects.** Proceedings of an International Conference, Wollongong, New South Wales, Australia, 8-11 February 1993, 828

pages, Tabl., Fig., Hard Back, 680 French Francs, Balkema Publishers, Amsterdam.

**Design methodology in rock engineering theory, Education and practice,** by Z.T. Bienawski, 1992; 198 pp., Tabl., Fig., Soft Back, A.A. Balkema Publishers, Amsterdam, 95 Dfl.

**Geomechanics principles in the design of tunnels and caverns in rocks,** by Ashraf Mahtab and Piergiorgio Grosso, in Developments in Geotechnical Engineering, 72, 1992, 264 pages, Tabl., Fig., U.S. \$ 143.00, Elsevier Science Publishers.

**Discontinuity analysis for rock engineering,** by Stephen D. Pries, 1992, 473 pages, Tabl., Fig., Hard Back, E 35.00, Chapman and Hall, London.

**Towards new worlds in tunnelling.** Proceedings of the International Congress towards new worlds in tunnelling, Acapulco, Mexico, 16-20 May 1992, 3 volumes (2 vol. Published 1992, vol. 3: 4/93); 1042 pages, Tabl., Fig., Hard Back, Balkema Publishers, Amsterdam, 894 French Francs (whole set).

**Geomechanics 91.** Proceedings of the International Conference "Geomechanics 91", Hrade/Ostrava/Czechoslovakia, 24-26 September 1991, 372 pages, Tabl., Fig., Hard Back, A.A. Balkema Publishers, 1992, 409 French Francs.

**Microtunnelling.** Proceeding of the 2 nd International Symposium "Microtunnelling", Munich, 8th April 1992, 89 pages, Tabl., Fig., Hard Back, A.A. Balkema Publishers, 75 Dfl.

**Ground Freezing.** Proceedings of the 6th International Symposium on ground freezing. Beijing 10-12 september 1991; Volume 2, 170 pages, Tabl., Fig., Hards Back, A.A. Balkema Publishers, 250 Dfl. (2 volumes).

**Earth Reinforcement Practice.** Proceedings of the International Symposium on earth reinforcement practice, Fukuoka. Kyushu, Japan, 11-13 November 1992; Volume 1; 725 pages, Tabl., Fig., Hard Back, A.A. Balkema Publishers, 692 French Francs.

**Application of stress wave theory to piles.** Proceedings of the Fourth International Conference, The Hague, The Netherlands, 21-24 Sept. 1992; 720 pages. Tabl., Fig., Hard Back. A.A. Balkema Publishers, 545 French Francs.

**Proceedings of the twelfth International Conference on soils mechanics and foundation engineering.** Rio de Janeiro, 1989, volumes 4 and 5; 1270 pages, Tabl., Fig., Hardback, A.A. Balkema Publishers, 1250 Dfl. (5 volumes).

**Induced Seismicity,** edited by Peter Knoll, 1992, 469 pages, Tabl., Fig., Hardback, A.A. Balkema Publishers, 160 Dfl.

**Haydrologic tropicale et appliquée en Afrique subsaharienne,** par Bernard Chuzeville, Collection Maitrise de l'Eau, Ministère de la Coopération et du Développement, Paris, France; 1991, 275 pages, tabl., Fig., Agridoc International, 27, rue Louis-Vicat, 75015 Paris, 110 Francs Francais.

**NOT:** "Jeoloji Panorama" ile ilgili görüş ve düşüncelerinizi ve yayınlanmasını istediğiniz konuları aşağıdaki e-mail adresine yazabilirsiniz.

engin @ Jeo. hun. edu. tr. (Engin Öncü Sümer)

# Jeoloji Takvimi

## 1997

### April

1-4 April 1997

**THE LATE QUATERNARY IN THE EASTERN MEDITERRANEAN** (International Symposium), Ankara, Turkey. (Neil Roberts, Department of Geography, Loughborough University, Loughborough LE11 3TU, UK. Telefax: 44 1509 223 930; e-mail: c.n.roberts@lboro.ac.uk)

6-9 April 1997

**AMERICAN ASSOCIATION OF PETROLEUM GEOLOGISTS** (Annual Meeting), Dallas, Texas, USA. (AAPG Conventions Department, P O Box 979, 1444 S Boulder Ave., Tulsa, OK 74101-0979, USA. Phone: 918 560 2679; telefax: 918 560 2684)

7-11 April 1997

**ANALYTICAL BASED MODELING OF GROUNDWATER FLOW**, Nunspeet, The Netherlands. (Conference Secretariat, Analytical based modeling of groundwater flow, Buerweg 51, 1861 CH Bergen, The Netherlands. Phone: +31 (0) 72 58 990 62; telefax: +31 (0) 72 58 990 40)

8-9 April 1997

■ **THE NORWEGIAN SHELF — A MATURING AREA OF SIGNIFICANT FUTURE PETROLEUM POTENTIAL**, Stavanger, Norway. (Norwegian Petroleum Society, PO Box 1897, Vika, N-0124 Oslo, Norway. Phone: +47 22 12 90 08; telefax: +47 22 55 46 30)

8-10 April 1997

**PRINCIPAL GENETIC PROBLEMS RELATED TO MINERAL DEPOSITS OF MAGMATIC AFFILIATION**, Moscow, Russia. (N S Bortnikov, Secretary of the Symposium, IGEN RAS, Staromonetny per., 35, Moscow 109017, Russia. Phone: 7 095 230 8259; telefax: 7 95 230 2719; e-mail: symposium@igem.msk.su)

13-16 April 1997

**UPPER MANTLE HETEROGENEITIES FROM ACTIVE AND PASSIVE SEISMOLOGY** (NATO Advanced research workshop), Moscow Russia. (Professor K Fuchs, Geophysical Institute, Hertzstr 16, D-78167, Karlsruhe, Germany.)

14-18 April 1997

**PLUMES, PLATES AND MINERALISATION** (International Symposium), Pretoria, South Africa. (Professor S A de Waal, Department of Geology, University of Pretoria, Pretoria 0002, South Africa. Phone: 27 12 420 2454; telefax: 27 12 433430; e-mail: ppm97@scientia.up.ac.za)

17-19 April 1997

**EARTH'S UPPER MANTLE STRUCTURE BASED ON INTEGRATED GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL STUDIES** (EROPROBE Conference), Moscow, Russia. (Professor K Fuchs, Geophysical Institute, Hertzstr 16, D-78167, Karlsruhe, Germany.)

23 April-3 May 1997

**INTERNATIONAL ASSOCIATION OF HYDROLOGICAL SCIENCES** (5th Scientific Assembly), Rabat, Morocco. (G D Young, IAHS, Department of Geography, Wilfrid Laerier University, Waterloo, Ont N2L 3C5, Canada. Phone: 1 519 884 1970; telefax: 1 519 846 0968; e-mail: 44iahs@mach1.wlu.ca)

24-29 April 1997

**PALEOCENE/Eocene BOUNDARY EVENTS IN TIME AND SPACE** (Geological Society of America Penrose Conference), Albuquerque, NM. (Spencer Lucas, New Mexico Museum of Natural History, 1801 Mountain Road NW, Albuquerque, NM 87104. E-mail: lucas@darwin.nmimnh-abq.mus.nm.us)

### May

5-7 May 1997

■ **ASSOCIATION OF GEOPHYSICISTS OF ALBANIA**, Tirana, Albania. (Burhan Canga, Faculty of Geology and Mining, Tirana, Albania)

10-15 May 1997

■ **PALAEOCLIMATIC MODELLING AND ANALYSIS: QUATERNARY PALAEOCLIMATE ANALYSIS**, Castelvecchio Pascoli, Italy. (Dr Josip Hendekovic, European Science Foundation, 1 quai Lezay-Mamésia 67080 Strasbourg Cedex, France. Phone: +33 3 88 767135; telefax: +33 3 88 366987; e-mail: curesco@esf.org; WWW: http://www.esf.org/curesco)

9-11 May 1997

**SECOND BRITISH COLUMBIA PALEONTOLOGICAL SYMPOSIUM**, Vancouver, British Columbia, Canada. (Vancouver Paleontological Society, Centre Point Post Office, PO Box 19653, Vancouver, BC V5T 4E7)

11-14 May 1997

**NEVES CORVO FIELD CONFERENCE** (Meeting of SEG), Lisbon, Portugal. (F J A S Barriga, GEOFCUL, Edificio C2, Piso 5, Campo Grande 17000 Lisbon, Portugal. Phone: 351 1 750 0066; telefax: 351 1 759 9380; e-mail: Fernando.Barriga@fc.ul.pt; www: http://NevesCorvo.geo.fc.ul.pt)

17-19 May 1997

■ **EUROPE'S MAJOR GOLD DEPOSITS** (International conference and field trip), Newcastle, County Down, Northern Ireland. (Kerr Anderson, Navan Resources plc, Kennedy Road, Navan, Co. Meath, Ireland. Phone: 353 46 22363; telefax: 353 46 22372; e-mail: navanr@iol.ie)

19-21 May 1997

**OTTAWA '97** (Geological Association of Canada, 50th Anniversary Celebrations), Ottawa, Canada. (Conference Secretariat, Ottawa '97, Geological Survey of Canada, 601 Booth St, Ottawa, Ontario, Canada K1A 0E8. Phone: 613 947 7649; telefax: 613 947 7650; e-mail: ottawa97@emr.ca; www: http://www.emr.ca/~ottawa97/ftp.nrcan.gc.ca, directory gsc/ottawa97)

22-25 May 1997

**CANADIAN COASTAL CONFERENCE 1997**, Guelph, Ontario, Canada. (Canadian Coastal Conference '97, c/o Department of Geography, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada N1G 2W1. www: http://www.cciw.ca/ccsea/intro.html)

25-30 May 1997

**GEOCHEMICAL EXPLORATION** (18th International Symposium of AEG), Jerusalem, Israel. (IGES Secretariat, PO Box 50006, Tel Aviv, 61500 Israel. Telefax: 972 5140000; e-mail: iges@mail.igs.gov.il)

26-30 May 1997

**EUROPEAN ASSOCIATION OF GEOSCIENTISTS AND ENGINEERS (EAGE)** (59th Conference), Geneva, Switzerland. (EAGE, E H Bornkamp, PO Box 298, NL 3700 AG Zeist, Netherlands. Phone: 31/3069 62 655; telefax: 31/306962 640)

### June

1-5 June 1997

■ **GEOANALYSIS '97**, Vail, Colorado, USA. (Belinda Arbogast, USGS, Federal Center, Box 25046, MS 973, Denver, CO 80225, USA. Telefax: +1-303-2363200; e-mail: geo97@helios.cr.usgs.gov)

1-6 June 1997

**SEDIMENTATION, SEDIMENTARY EVENTS AND HYDROCARBON SYSTEMS** (Annual joint CSPG-SEPM Convention), Calgary, Canada. (CSPG Office, 505 206 7th Avenue SW, Calgary, Alberta, Canada T2P 0W7)

2-4 June 1997

■ **SECOND GENERAL ASSEMBLY OF THE EUROPEAN ASSOCIATION FOR THE CONSERVATION OF THE GEOLOGICAL HERITAGE (PROGEO)**, Tallinn, Estonia. (Rein Raudsep, Geological Survey of Estonia, Kadakee tee 80/82, EE0026 Tallinn, Estonia. Phone: (372) 2 593 964; telefax: (372) 6 579 664; e-mail: egk@estpak.ee)

4-12 June 1997

■ **TETHYAN AND BOREAL CRETACEOUS** (Working Group Meeting of IGCP Project 362), Baku, Azerbaijan. (Mascha Tiemessen, Laboratory of Palaeobotany and Palynology, Budapestlaan 4, 3584 CD Utrecht, The Netherlands. Phone: +31 30 2532629; +31 30 2535096; e-mail: M.Tiemessen@boev.biol.ruu.nl)

10-12 June 1997

■ **STRUCTURE AND EVOLUTION OF THE MINERAL WORLD**, Syktyvkar, Russia. (D V Rakin, Institute of Geology Komi Sci. Centre Ural Div. RAS, 54 Pervomayskaya str., Syktyvkar 167610, Russia. Phone: (8212) 42 00 37; telefax: (8212) 42 53 46; e-mail: semw@geo.dereza.komi.su)

15-18 June 1997

**SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY**, São Paulo, Brazil. (Professor Miguel A S Basei, PO Box 11348, São Paulo, Brazil. Phone: (55-11) 818 3994; telefax: (55-11) 8183993; e-mail: baseimas@usp.br)

August (end) 1997

- **CARBON-CONTAINING FORMATIONS IN GEOLOGICAL HISTORY** (Regional Conference), Petrozavotsk, Russia. (Dr S I Rybakov, Institute of Geology of Karelian Division of RAS, ul. Pushkina, 11 Petrozavotsk, 185000 Russia)

## September

1-5 September 1997

- **CHALLENGES TO CHEMICAL GEOLOGY '97** (10th meeting of the Association of European Geological Societies), Carlsbad, Czech Republic. (Dr M Novák, Czech Geological Survey, Geologická 6, 152 00 Prague 5, Czech Republic, telefax: +42-2-5818748; e-mail: maegs@cgu.cz; www: <http://www.cgu.cz/maegs.html>)

1-5 September 1997

- **GEOLOGY AND ENVIRONMENT**. (Part of 50th Geological Congress of Turkey), Istanbul, Turkey. (Associate Professor Dr Ilyas Yilmazer, Yenisehir Bayindir Sokak 7/1, PO Box 464, Yenisehir 06444, Ankara, Turkey. Phone: 90 312 435 07 17; telefax: 90 312 434 23 88; e-mail: [tmobj-o@servis2.net.tr](mailto:tmobj-o@servis2.net.tr); www: <http://www.info-mine.com/events/access/970901geo.html>)

1-5 September 1997

- **IEC '97: FIFTH INTERNATIONAL ECLOGITE CONFERENCE**, Ascona, Switzerland. (Professor V Trommsdorff and Dr R Schmid, Mineralogy IEC 97, ETH centre, 8092 Zurich, Switzerland. Phone: XX41 1 632 3791; telefax: XX41 1 6321088; e-mail: [rolf@erdw.ethz.ch](mailto:rolf@erdw.ethz.ch))

2-4 September 1997

- **AQUIFER SEDIMENTOLOGY**, Heidelberg, Germany. (T Aigner, Institute of Geology, University of Tübingen, Sigwarstr 10, 72076, Tübingen, Germany. Phone: +49 (0) 7071 29 59 23; telefax: +49 (0) 7071 29 69 90; e-mail: [t.aigner@uni-tuebingen.de](mailto:t.aigner@uni-tuebingen.de))

2-4 September 1997

- **PALAEONTOLOGY AND STRATIGRAPHY OF SOUTH AMERICA** (2nd European Meeting, in conjunction with the 18th IAS Regional Meeting on Sedimentology), Heidelberg, Germany. (Peter Bengtson, Geologisch-Palaontologisches Institut, Im Neuenheimer Feld 234, D-69120 Heidelberg, Germany. Phone: 49 6221 548293; telefax: 49 6221 548640; e-mail: [Peter.Bengtson@urz.uni-heidelberg.de](mailto:Peter.Bengtson@urz.uni-heidelberg.de); WWW: <http://ix.urz.uni-heidelberg.de/~dc8/geo/1st-sam.html>)

2-4 September 1997

- **SOUTH ATLANTIC MESOZOIC CORRELATIONS** (Regional Meeting of IGCP Project 381), Heidelberg, Germany. (Peter Bengtson, Geologisch-Palaontologisches Institut, Im Neuenheimer Feld 234, D-69120 Heidelberg, Germany. Phone: 49 6221 548293; telefax: 49 6221 548640; e-mail: [Peter.Bengtson@urz.uni-heidelberg.de](mailto:Peter.Bengtson@urz.uni-heidelberg.de); WWW: <http://ix.urz.uni-heidelberg.de/~dc8/geo/1st-381.html>)

2-7 September 1997

- **GOLD MINERALIZATION AND GRANITOID MAGMATISM IN THE NORTHERN PACIFIC**, Magadan, Russia. (Scientific Secretary of the Conference, 16 Portovaya, SVKNII DVO RAN, Magadan 68500, Russia. Phone: 413-22-30850; telefax: 413-22-30051; e-mail: [root@neistri.magadan.su](mailto:root@neistri.magadan.su))

7-10 September 1997

- **AMERICAN ASSOCIATION OF PETROLEUM GEOLOGISTS** (International Conference and Exhibition), Vienna, Austria. (AAPG Convention Department, Box 979, Tulsa, OK 74101, USA. Phone 1/918 560 26 79; telefax: 1/918 560 26 84)

10-12 September 1997

- **INTRAPLATE MAGMATISM AND TECTONICS OF SOUTHERN AFRICA**, Harare, Zimbabwe. (The Conference Secretary, Geological Society of Zimbabwe, PO Box CY1719, Causeway, Harare, Zimbabwe. E-mail: [hmunyan@geology.uz.zw](mailto:hmunyan@geology.uz.zw))

10-15 September, 1997

- **FAULTS AND SUBSURFACE FLUID FLOW: FUNDAMENTALS AND APPLICATIONS TO HYDROGEOLOGY AND PETROLEUM GEOLOGY** (Geological Society of America Penrose Conference), Albuquerque and Taos, New Mexico. (William C. Haneberg, New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources, New Mexico Institute of Mining and Technology, 2808 Central Avenue SE, Albuquerque, NM 87106. E-mail: [haneberg@nmt.edu](mailto:haneberg@nmt.edu))

10-15 September 1997

- **PALEOGEOGRAPHICAL AND GEODYNAMIC CONDITIONS OF VOLCANIC-SEDIMENTARY ORE FORMATION**, Miass, Russia. (Professor V E Popov, Sredny 74, VSEGEL, 199026 St Petersburg, Russia. Telefax: 7 812 213 5738; e-mail: [vsg@sovam.csom](mailto:vsg@sovam.csom))

10-25 September 1997

- **THE ECOLOGICAL SETTING OF EUROPE—FROM THE PAST TO THE FUTURE: HUMAN INFLUENCE ON THE ECOLOGICAL SETTING OF EUROPE SINCE THE BEGINNING OF THE HOLOCENE**, Castelvecchio Pascoli, Italy. (Dr Josip Hendekovic, European Science Foundation, 1 quai Lezay-Mamésia 67080 Strasbourg Cedex, France. Phone: +33 3 88 767135; telefax: +33 3 88 366987; e-mail: [euresco@esf.org](mailto:euresco@esf.org); WWW: <http://www.esf.org/euresco>)

11-14 September 1997

- **ALEWECA-ALPINE EVOLUTION OF THE WESTERN CARPATHIANS AND RELATED AREAS** (International Conference held on the occasion of the 100th anniversary of the birth of Professor D Andrusov), Bratislava, Slovakia. (Dr József Hóc, Slovak Geological Society, Mlynská Dol. 1, SK-81704, Bratislava, Slovak Republic. Phone: +42-7-3705445; telefax: +42-7-371940; e-mail: [hoc@guds.sanet.sk](mailto:hoc@guds.sanet.sk))

9-12 September 1997

- **OFFSHORE EUROPE '97** (Oil and Gas Exhibition and Conference), Aberdeen, Scotland, UK. (Offshore Europe Partnership, Ocean House, 50 Kingston Road, New Malden, Surrey KT3 3LZ, UK)

14-18 September 1997

- **EXPLORATION '97** (4th Decennial International Conference), Toronto, Canada. (I MacLeod, Geosoft Inc., Suite 500, 204 Richmond Street W, Toronto, Ontario ON M5H 2G4, Canada)

15-18 September 1997

- **EAGO/EAGE/SEG MOSCOW '97** (International Conference and Exhibition), Moscow, Russia. (EAGE, PO Box 298, 3700 AG Zeist, The Netherlands)

15-25 September 1997

- **SOUTHERN NEW ENGLAND OROGEN, AUSTRALIA** (SCCS Field and General Meeting 1997), Armidale, Australia. (Dr Ian Metcalf, Department of Geology and Geophysics, University of New England, Armidale, NSW 2351, Australia. Phone: 61 67 73 2860; telefax: 61 67 73 3300; e-mail: [imetcalf@metz.une.edu.au](mailto:imetcalf@metz.une.edu.au))

16-19 September 1997

- **PLACERS AND WEATHERED-ROCK MINERAL DEPOSITS** (11th International Symposium), Moscow-Dubna, Russia. (N Patyk Kara, Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry of RAS, Staromostny per., 35, Moscow, 109017, Russia. Phone: 007 095 2308427; telefax: 007 095 230 2179; e-mail: [pkara@igem.msk.su](mailto:pkara@igem.msk.su))

20-25 September 1997

- **POLAR REGIONS AND QUATERNARY CLIMATE: QUATERNARY CLIMATE-INTERHEMISPHERICAL COUPLING**, Acquafredda di Maratea, Italy. (Dr Josip Hendekovic, European Science Foundation, quai Lezay-Mamésia 67080 Strasbourg Cedex, France. Phone: +33 3 88 767135; telefax: +33 3 88 366987; e-mail: [euresco@esf.org](mailto:euresco@esf.org); WWW: <http://www.esf.org/euresco>)

21-27 September 1997

- **GROUNDWATER IN THE URBAN ENVIRONMENT** (27th IAH Congress), Nottingham, UK. (Professor J D Mather, Geology Dept., Royal Holloway and Bedford New College, Egham, Surrey TW20 0EX, UK. Telefax: 784 471780)

22-24 September 1997

- **ELBA ISLAND: A KEY PUZZLE LINKING THE CORSO-SARDINIAN MASSIF AND ADRIA**, Elba Island, Italy. (Mrs Ornella Pollastri, E.I.C.A. Secretary, Dipartimento di Scienze Terra, Università di Firenze, via La Pira 4, Firenze 50121, Italy. Telefax: (39) (55) 2302302; e-mail: [ofio@cesit1.unifi.it](mailto:ofio@cesit1.unifi.it))

23-28 September 1997

- **TECTONICS OF CONTINENTAL INTERIORS** (Geological Society of America Penrose Conference), Brian Head Resort near Cedar City, Utah (Michael Hamburger, Dept. of Geological Sciences, Indiana University, Bloomington, IN 47405, USA. E-mail: [hamburg@ucs.indiana.edu](mailto:hamburg@ucs.indiana.edu))

28 September-2 October 1997

- **BRAZILIAN GEOPHYSICAL SOCIETY**, (5th International Congress), Sao Paulo, Brazil. (Technical Program Committee, Icaro Vitorello, INPE, Caixa Postal 515, 12201-970 Sao Jose dos Campos, Sao Paulo, Brazil)

15-21 June 1997

- **11TH INTERNATIONAL CLAY CONFERENCE**, Ottawa, Ontario, Canada. (Jeanne Percival, Geological Society of Canada, 601 Booth St, Ottawa, Ontario K1A 0E8, Canada. Telefax: 613 943-1287)

16-17 June 1997

- **BIOSTRATIGRAPHY IN PRODUCTION AND DEVELOPMENT GEOLOGY**, Aberdeen, UK. (M Simmons, Department of Geology and Petroleum Geology, University of Aberdeen, Meston Building, King's College, Aberdeen AB9 2UE, UK)

18-19 June 1997

- **LATE QUATERNARY COASTAL TECTONICS**, London UK (Claudio Vita-Finzi, Geological Sciences, University College, Gower St, London WC1E 6BT. Phone: 44 171 3877050 ext 2383; telefax: 44 171 3887614; e-mail: uclbvcf@ucl.ac.uk)

20-25 June 1997

- **TOURMALINE 1997** (International Symposium), Nové Město na Moravě, Czech Republic. (M Novák, Department of Mineralogy and Petrography, Moravian Museum, Zelný trh 6, 659 37 Brno, Czech Republic. Telefax (05)42 21 27 92)

23-27 June 1997

- **ENGINEERING GEOLOGY AND THE ENVIRONMENT** (International Symposium of IAEG), Athens, Greece. (Symposium Secretariat, PO Box 19140, GR-117 10 Athens, Greece. Telefax: 301 381 3900; 301 924 2570)

26-27 June 1997

- **UNRAVELLING TECTONIC AND CLIMATIC SIGNALS IN SEDIMENTARY SUCCESSIONS**, London, UK. (L Frostrick, University of Hull, Cottingham Rd, Hull HU6 7RX, UK.)

## July

1-4 July 1997

- **EUROPEAN CURRENT RESEARCH ON FLUID INCLUSIONS**, Nancy, France. (XV ECROFI, CREGU, BP 23, 54501 Vandœuvre-lès-Nancy Cédex, France. Phone: +33-83-441900; telefax: +33-83-440299; e-mail: e-rofi@cregu.cnrs.nancy.fr)

7-10 July 1997

- **REMOTE SENSING TECHNOLOGY, MEASUREMENTS AND ANALYSIS** (3rd International Conference), Copenhagen, Denmark. (Robert Rogers, ERIM Conferences, Box 134301, Ann Arbor, MI 48113-4001, USA. Phone: 313 994 1200; telefax: 313 994 5123; e-mail: raeder@erim.org; WWW: <http://www.erim.org/CONF/>)

7-11 July 1997

- **SEG/JFM/AGE ISTANBUL '97** (International Geophysical Conference and Exposition), Istanbul, Turkey. (EAGE Conferences bv, PO Box 298, 3700 AG Zeist, The Netherlands)

12-17 July 1997

- **VERTEBRATE MORPHOLOGY** (5th International Congress), Bristol, UK. (J M V Raynor, School of Biological Sciences, University of Bristol, BS8 1UG, UK. Phone: 44 117 928 111; telefax: 44 117 025 7374; e-mail: icvm97@bristol.ac.uk)

18-20 July 1997

- **WATER POLLUTION MODELING, MEASURING AND PREDICTION** (4th International Conference), (Wessex Institute of Technology, Ashurst Lodge, Ashurst, Southampton SO40 7AA, UK. Phone: 44 1703 292853; e-mail: WIT@wessex.witmi.ac.uk; <http://www.witmi.ac.uk>)

20-24 July 1997

- **HYDROTHERMAL REACTIONS** (5th International Symposium), Gatlinburg, Tennessee, USA. (ISHR '97, ORNL, Bldg 4500S, PO Box 2008, Oak Ridge, TN 37831-6110, USA. Phone +1-423-576-5109; +1-423-574-4961; e-mail: ddp@ornl.gov)

20-27 July 1997

- **DEVONIAN CYCLICITY AND SEQUENCE STRATIGRAPHY** (Subcommission on Devonian Stratigraphy Symposium and field trips), Rochester, New York, USA. (William Kirchgasser, Department of Geology, SUNY Potsdam, Potsdam, NY 13676-2294, USA. Phone: 315 267 2295; telefax: 315 267 3170; e-mail: kirchgwt@pot-dam.edu)

27-31 July 1997

- **OSTROCODA** (13th International Symposium), Greenwich, UK. (ISO '97, School of Earth Sciences, University of Greenwich, Medway Towns Campus, Chatham Maritime, Kent ME4 4AW, UK. E-mail: iso97@greenwich.ac.uk)

30 July-9 August 1997

- **CELEBRATION OF THE BICENTENARY OF CHARLES LYELL AND JAMES HUTTON**, London and Edinburgh, UK. (P Jackson, BGS, Keyworth, Nottingham NG12 5GG. Phone: 0115 936 3100; telefax: 0115 936 3200)

28 July-1 August 1997

- **GEOSCIENCE EDUCATION** (2nd International Conference), Hilo, Hawaii. (Dr Frank Watt Ireton, GeoSciEd II Local Arrangement Coordinator, American Geophysical Union, 2000 Florida Avenue, NW, Washington DC 20009, USA. E-mail: fireton@kosmos.agu.org)

28 July-2 August 1998

- **THE UPPER PERMIAN STRATOTYPES OF THE VOLGA REGION**, Kazan, Russia. (Dr Natalia K Esaulova, Kazanian State University, 18 Kremlyovskaya str., Kazan 420008, Tatarstan, Russia. Phone: (7) 843 2315 425; telefax: (7) 843 2364 704)

## August

August 1997

- **ECONOMIC SUPERACCUMULATIONS OF METALS IN THE LITHOSPHERE** (3rd Annual Meeting of IGC/P Project 354), Puerto Ordaz, Venezuela. Professor P Rongfu, Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Baiwanzhong Rd, Beijing 100037, China. Telefax: 86 10 683 10894)

August 1997

- **GRANITES AND ASSOCIATED MINERALIZATIONS** (2nd International Symposium), Salvador, Brazil. (SGM-2nd ISGAM, General Secretariat, Av. 3, 390, Plataforma IV, CAB 41746-900, Salvador, Bahia, Brazil. Telefax: 5571 231 5655)

3-10 August 1997

- **FIFTEENTH BRAZILIAN CONGRESS OF PALAEOONTOLOGY**, Rio Claro, Brazil. (Reinaldo J Bertini, Department of Sedimentary Geology, Institute of Geoscience/UNESP Rio Claro-SP, 13506-900 Brazil. Phone: 019 534 0522, ext. 234; telefax: 019 534 0327; e-mail: bertini@geo001.uesp.ansp.br)

4-8 August 1997

- **VII CHILEAN GEOLOGICAL CONGRESS**, Antofagasta, Chile. (Comité Organizador, VIII Congreso Geológico Chileno, Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad Católica del Norte, Antofagasta, AV. Angamos 0610, Casilla 1280, Chile. Phone: +56-55241148 (205/368); telefax: +56-55-248198; e-mail: dgeologi@socompa.cccun.ucn.cl)

4-8 August 1997

- **SEG/AGE ISTANBUL '97 INTERNATIONAL GEOPHYSICAL CONFERENCE AND EXPOSITION**, Istanbul, Turkey. (SEG, PO Box 702740, Tulsa, Oklahoma 74170, USA)

6-8 August 1997

- **IX PERUVIAN GEOLOGICAL CONGRESS**, Lima, Peru. (Comité Organizador del IX Congreso Peruano de Geología, C/o Sociedad Geológica del Perú, Arnaldo Marquez 2227, Lima 11, Peru. Phone: +511-4633947; telefax: +511-2612362)

11-13 August 1997

- **RESEARCH AND EXPLORATION — WHERE DO THEY MEET?** (4th Biennial Meeting of the Society Applied to Mineral Deposits) (Congress Office/SGA Meeting 1997, University of Turku, Lemminkaisenkatu 18-18B, FIN-20520 Turku, Finland. Phone: +358-21-333 6342; telefax: +358-21-333 6410, e-mail: cescon@utu.fi)

17-21 August 1997

- **PALEO FORAMS '97**, Bellingham, Washington, USA. (Charles A Ross, Department of Geology, Western Washington University, Bellingham, WA 98225-9080, USA. Phone: 360 650 3634; telefax: 360 650 3148; e-mail: rossjrp@henson.cc.wvu.edu)

18-29 August 1997

- **INTERNATIONAL ASSOCIATION OF SEISMOLOGY AND PHYSICS OF THE EARTH'S INTERIOR** (29th General Assembly), Thessaloniki, Greece. (29th IASPEI general assembly geophysical laboratory, University, GR-54006, Thessaloniki, Greece. Phone: 30/31 998 528; e-mail: iaspei@olymp.ccf.auth.gr)

19-20 August 1997

- **MINERAL EQUILIBRIA AND DATA BASES** (International Meeting), Helsinki, Finland. (Pentti Hölttä, Geological Survey of Finland, SF-02150 Espoo, Finland. Phone: 358 0 46932312; telefax: 358 0 462205)

28 August-3 September 1997

- **GEOMORPHOLOGY** (4th International Conference of International Association of Geomorphologists), Bologna, Italy. (Planning Congressi, s.r.l Via Crociali 2, I-40138 Bologna, Italy)

29 September-5 October 1997

- **TETHYAN AND BOREAL CRETACEOUS** (Annual Assembly of IGCP Project 362), Stará Lesná, High Tatra Mountains, Slovakia. (Mascha Tiemessen, Laboratory of Palaeobotany and Palynology, Budapestlaan 4, 3584 CD Utrecht, The Netherlands. Phone: +31 30 2532629; +31 30 2535096; e-mail: M.Tiemessen@boev.biol.ruu.nl)

30 September-3 October 1997

- **CONCEPTS AND MODELS FOR SUSTAINABLE WATER RESOURCES MANAGEMENT** (FRIEND '97 Conference on Regional Hydrology), Postojna, Slovenia. (Dr M Brilly, FGG Hydraulics Division, Hajdrihova 28, 6100 Ljubljana, Slovenia. Phone: (386) 61 1254 333; telefax: (385) 61 219 897; e-mail: mitja.brilly@uni-lj.si)

30 September-5 October 1997

- **MAIN CHANGES IN THE MARINE AND TERRESTRIAL ATLANTIC REALM DURING THE NEOGENE** (2nd Regional Congress), Salamanca, Spain. (Departamento de Geología (Palaeontología), Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca, 37008 Salamanca, Spain. Phone: 34 23 294497; telefax: 34 23 394514; e-mail: Civis@gugu.usal.es/Angel@gugu.usal.es)

## October

5-10 October 1997

- **ENVIRONMENTAL GEOCHEMISTRY** (4th International Symposium), Vail, Colorado, USA. (R C Severson or I P Gough, US Geological Survey, DFC, Box 25046, MS 973, Denver Colorado 80225, USA. Telefax: (1) 303 236 3200)

6-10 October 1997

- **MATHEMATICAL METHODS IN GEOLOGY** (Part of the Mining Příbram Symposium), Prague, Czech Republic. (V Němec, Kryničtím 17, 100 00 Praha 10-Strašnice, Czech Republic. Phone: 422 7811801; telefax: 42306 23169)

6-11 October 1997

- **THE BALTIC** (International 5th Marine Geological Conference), Vilnius, Lithuania. (Professor Algimantas Grigelis, Lithuanian Institute of Geology, LT 2600 Vilnius, Lithuania. Phone: +370 2 236504; telefax: +370 2 236408; e-mail: grigelis@geology.aiva.lt)

12-16 October 1997

- **TECHNOLOGY AND GLOBALISATION: LEADING THE PETROLEUM INDUSTRY INTO THE 21ST CENTURY**, (15th World Petroleum Congress), Beijing, China. (Organising Committee, c/o China National Petroleum Corporation, PO Box 766, Liu PU Kang, Beijing 100724, China)

20-22 October 1997

- **IMPROVED OIL RECOVERY** (9th European Symposium), The Hague, The Netherlands. (IOR '97, EAGE, PO Box 298, 3700 AG Zeist, The Netherlands)

20-23 October 1997

- **GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA ANNUAL MEETING**, Denver, Colorado, USA. (GSA Meetings Department, PO Box 9140, Boulder, CO 80301, USA. Phone: 800 472 1988)

26-29 October 1997

- **PETROLEUM GEOLOGY OF NORTH-WEST EUROPE** (5th Conference and Exhibition), London, UK. (CASIL, 4 Cavendish Square, London, W1M 0BX, UK. Phone 44/171 499 0900; telefax: 44/171 629 3233)

## November

2-7 November 1997

- **THE NEXT DIMENSION** (SEG International Exposition and 67th Annual Meeting), Dallas, USA. (Lynne Edleston/Mike McCormack, Technical Program Co-Chairmen, SEG 1997 International Exposition and 67th Annual Meeting, PO Box 702740, Tulsa, OK 74170-2740, USA)

7-8 November 1997

- **ORDERING THE FOSSIL RECORD—CHALLENGES IN STRATIGRAPHY AND PALEONTOLOGY**, (Cor Drooger symposium), University of Utrecht, The Netherlands. (Ank Pouw, Institute of Earth Sciences, Utrecht University, Budapestlaan 1, 3584 CD Utrecht, The Netherlands. Phone: 31-(0) 30-2535117; telefax: 31-(0) 30-2535117; e-mail: apouw@omega.earth.ruu.nl)

11-13 November 1997

- **SECOND NEPAL GEOLOGICAL CONGRESS**, Kathmandu, Nepal. (Dr B N Upreti, President and Convenor, Nepal Geological Society, PO Box 231, Kathmandu, Nepal. Phone: 977-1-416386, telefax: 977-1-414804)

17-19 November 1997

- **APPLIED GEOLOGIC REMOTE SENSING**, (12th International Conference and Workshop), Denver, Colorado, USA. (Robert Rogers, ERIM, Box 134001, Ann Arbor, MI 48113 4001 USA. Phone: (1) 313 994 1200; telefax: (1) 313 994 5123; e-mail: raeder@erim.org)

## December

4-12 December 1997

- **JURASSIC/CRETACEOUS CARBONATE PLATFORM—BASIN SYSTEMS—MIDDLE EAST MODELS**, Al Ain, United Arab Emirates. (Judy Tarpley, SEP, 17311: 71st Street, Tulsa, OK 74136-5108, USA. Phone: 918 493-3361 ext.22; telefax: 918 493-2093)

11-14 December 1997

- **ALPINE EVOLUTION OF THE WESTERN CARPATHIANS AND RELATED AREAS**, Bratislava, Slovakia. (Josef Hök, Slovak Geological Society, Mlynska dol. 1, 817 04 Bratislava. Phone: (00427) 37 05 445; telefax: (00427) 37 19 40; e-mail: hok@gds.sanet.sk)

# 1998

## CANADIAN INSTITUTE OF MINING,

**METALLURGY AND PETROLEUM** (100th annual general meeting), Quebec, Canada. (John Gaydos, Meetings Manager, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1 Place Alexis Nihon, 1210-3400 de Maisonneuve Boulevard West, Montreal, Quebec H3S 3B8, Canada. Phone: (514) 939-2710; telefax: (514) 939-2714)

## January

28-30 January 1998

- **EXPLORATION METHODS '98: PATHWAYS TO DISCOVERY** (International Meeting following annual Cordilleran Roundup), Vancouver, Canada. (BC and Yukon Chamber of Mines, Attn. Technical Chair, 840 West Hastings St., Vancouver, British Columbia, Canada V6C 1C8. Telefax: 604 681 2363)

## April

13-17 April 1998

- **15TH INTERNATIONAL SEDIMENTOLOGICAL CONGRESS**, Alicante, Spain. (15th International Sedimentological Congress, Departamento de Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente, Facultad de Ciencias, Campus de San Vicente de Raspeig, Universidad de Alicante, Apdo 99, 03080 Alicante, Spain. Phone: 34 65903552; telefax: 34 65903552; e-mail:ctierra@vm.cpd.ua.es)

13-17 April 1998

- **KIMBERLITES** (5th International Conference), Cape Town, South Africa. (J J Gurney, 71KC, Department of Geological Sciences, University of Cape Town, Private Bag, Rondebosch 7700, South Africa. Phone: 27 21 531 3162; telefax: 27 21 650 3783; e-mail: 71KC@GEOLOGY.UCT.AC.ZA URL: <http://www.uct.ac.za/depts/geolsci/71KC/>)

14-18 April 1998

- **GEOSCIENCE '98**, Keele University, UK. (The Conference Department, The Geological Society, Burlington House, Piccadilly, London W1V 0JU, UK. Phone: 0171 434 9944; telefax: 0171 439 8975; e-mail: conf@geol.soc.city-cape.co.uk)

19-23 April 1998

- **COMPUTER APPLICATIONS IN THE MINERALS INDUSTRY—APCOM '98** (27th International Symposium), London, UK. (Conference Office, Institution of Mining and Metallurgy, 44 Portland Place, London W1N 4BR, UK. Phone: +44 (0)171 580 3802; telefax: +44 (0)171 436 5388; e-mail: 106115.233@compuserve.com)

20-22 April 1998

- **GEO '98** (Middle East Geosciences Exhibition and Conference), Bahrain. (Stephen Key, Arabian Exhibition Management WLL, PO Box 20200, Manama, Bahrain. Phone: 973 550033; telefax: 973 553288)



**TÜRKİYE  
JEOLOJİ  
ARAŞTIRMALARI  
ÖZLERİ**

**Abstracts of Geological  
Researches in Turkey**

ISSN 1300 - 3607

TMMOB  
JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI  
Chamber of Geological Engineers of Turkey

**1990**

*Basım Yılı / Print Year:1994*

**TÜRKİYE  
JEOLOJİ  
ARAŞTIRMALARI  
ÖZLERİ**

**Abstracts of Geological  
Researches in Turkey**

ISSN 1300 - 3607

TMMOB  
JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI  
Chamber of Geological Engineers of Turkey

**1991**

*Basım Yılı / Print Year:1995*

**TÜRKİYE  
JEOLOJİ  
ARAŞTIRMALARI  
ÖZLERİ**

**Abstracts of Geological  
Researches in Turkey**

ISSN 1300 - 3607

TMMOB  
JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI  
Chamber of Geological Engineers of Turkey

**1992**

*Basım Yılı / Print Year:1995*

**TÜRKİYE  
JEOLOJİ  
ARAŞTIRMALARI  
ÖZLERİ**

**Abstracts of Geological  
Researches in Turkey**

ISSN 1300 - 3607

TMMOB  
JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI  
Chamber of Geological Engineers of Turkey

**1993**

*Basım Yılı / Print Year:1996*

DOĞAL KAYNAKLARIMIZI  
DOĞAYI İNCİTMEYEN  
İŞLETEN  
ÖNCÜ  
YATIRIMCI  
KURULUŞ



# ETİBANK

BORAKS ALÜMİNYUM KROM FERROKROM DK-YK  
GÜMÜŞ ANTIMUAN KARPİT PERLİT  
DİASPORİT KOLEMANİT TİNKAL PİRİT

GENEL MÜDÜRLÜK

TEL : 0 (312) 229 29 55 FAKS : 0 (312) 231 07 55  
SANTRAL : 0 (312) 231 70 20