



# JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını

Mayıs 1995 Sayı 46

ISSN 1016-9172



- ▶ Petroloji
- ▶ Mühendislik Jeolojisi
- ▶ Maden Yatakları
- ▶ Çevre Jeolojisi
- ▶ Jeokimya
- ▶ Felsefe
- ▶ Paleontoloji

# TMMOB JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI

## YÖNETİM KURULU

Hikmet TÜMER	Başkan
M.Yüksel BARKURT	İkinci Başkan
Tahir ÇEBİ	Yazman
Erçin TÜRKEL	Sayman
Dr. Zeynel DEMİREL	Mesleki Uygulamalar Üyesi
Erdem ÇÖREKÇİOĞLU	Yayın Üyesi
Yakup ÖZÇELİK	Sosyal İlişkiler Üyesi

## JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ YAYIN KURULU

**Editörler**  
Dr. Kemal TÜRELİ - Taner İRKEÇ  
Saim KALE

**Teknik Yönetmen**  
Semih GÜRSU

## MAKALELERİ İNCELEYENLER (Sayı 46)

Yar. Doç. Dr. Orhan CERİT (C.Ü)	Ferda ÖNER (MTA)
Prof. Dr. Faruk ÇALAPKULU (D.E.Ü)	Doç. Dr. Sefer ÖRÇEN (MTA)
Murat ERENDİL (MTA)	İlker ŞENGÜLER (MTA)
Doç. Dr. Süleyman KOCAEFE (H.Ü)	Tuğrul TOKGÖZ (MTA)
Nedim KUTLUAY (MTA)	Doç. Dr. Engin ÜNAY (MTA)

## SAHİBİ ve YAYIN SORUMLUSU

*Hikmet TÜMER*

**YÖNETİM YERİ** - Bayındır sok. No: 7/1 Kat :1 Kızılay - ANKARA

**YAZIŞMA ADRESİ** - P.K. 464- 06424 Kızılay - ANKARA

## REKLAM FİYATLARI

Arka Kapak (Renkli).....	10.000.000 TL.
Arka Dış Kapak (S/B).....	7.000.000 TL.
Arka İç Kapak (Renkli).....	8.000.000 TL.
Arka İç Kapak (S/B).....	5.000.000 TL.
İç Sayfa (S/B).....	4.000.000 TL.
1/2 Sayfa (S/B).....	2.000.000 TL.
1/4 Sayfa (S/B).....	1.000.000 TL.
Özel Renk.....	1.000.000 TL.
Renk Süzümü.....	1.000.000 TL.

Tescilli bürolara ve sürekli reklam yayınlanması isteminde % 10 indirim yapılır. Bu sayı 4200 adet basılmıştır.

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





# JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını

Mayıs 1995 Sayı 46

Dr. Orhan KAVAK  
Jeol. Yük. Müh.

ISSN 1016-9172

## İÇİNDEKİLER

- 1 **Metamorfizma basınç ve sıcaklık koşullarının belirlenmesi (Jeotermobarometre): Yıldızeli (Sivas batısı) yöresinde bir uygulama**  
*MusaALPASLAN, DurmuşBOZTUĞ*
- 28 **Sismik tehlike analizi: Teori ve Uygulama**  
*Kamil KAYABALI*
- 44 **Sınır tenör kararlarında üretim kapasite kısıtlarının etkileri**  
*Adnan KONUK, Gürkan YERSEL*
- 52 **Katı atık (Çöp) depo yerlerinin seçimi ve inşaatındaki bazı ana hususlar**  
*Sücaattin BARAN*
- 55 **Niggli-Magmatik kayaçların Niggli parametrelerini hesaplayan ve değerlendiren interaktif Quickbasic programı**  
*Fuat YAVUZ, Yılmaz BÜRKÜT, Murat BUDAKOĞLU*
- 64 **Yerbilimlerinin Felsefi yönleri**  
*Arthur F. HAGNER*  
*Çev.: Ayhan SOL, Dursun BAYRAK*
- 70 **Yarı fosilleşmiş Dinazor yumurtaları**  
*Ali Haydar GÜLTEKİN*
- 72 **Jeoloji Takvimi**  
**Konferans, Sempozyum.**

**kapak fotoğrafı**

Mut resifal kireçtaşlarından bir görünüm (Kemal Gürbüz)

**teknik hazırlık**

nitelik reklam 419 35 46

# Metamorfizma Basınç Ve Sıcaklık Koşullarının Belirlenmesi (Jeotermobarometre): Yıldızeli (Sivas Batısı) Yöresinde Bir Uygulama

Musa ALPASLAN  
Cumhuriyet Üniversitesi Sivas  
Durmuş BOZTUG  
Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas

## GİRİŞ

**Metamorfik** kayaların çalışılmasında günümüze kadar kullanılan klasik petrografik incelemeler sonucu elde edilen izograd haritaları yardımıyla, çalışılan bölgedeki metamorfizmanın basınç ve sıcaklık koşullarına bir yaklaşımda bulunulabilmektedir. Buna karşın, jeokimyasal analiz tekniklerinin gelişmesiyle birlikte bir kayaç içerisindeki tek bir mineralin ve çevresinde yer alan diğer **minerallerin** kimyasal birleşimlerinin belirlenmesi olanaklı olmuştur. Dolayısıyla, bir kayaç içerisindeki minerallerin kimyasal bileşimlerinin belirlenmesi ve bunlar arasındaki reaksiyon dokularının çalışılması, metamorfik petrografinin ileri ve temel unsurları arasında yerini almıştır. Bu analizlerin gerçekleştirilmesi için ise Elektron Prob Mikro Analiz (EPMA veya EMA) yöntemi olarak isimlendirilen nokta analiz yöntemleri kullanılmaktadır,

Metamorfizmada etkin olan basıncın belirlenmesi jeobarometre olarak isimlendirilmekte ve met dönüşüm reaksiyonlarından gidilerek hesaplanmaktadır. Metamorfizmanın sıcaklık koşullarının her ikisinin birden belirlenmesi yöntemi kısaca Jeotermobarometre olarak isimlendirilmektedir,

Termobarometre hesaplamaları kesin ve görelî termobarometre olarak iki türde yapılabilmektedir, Kesin termobarometre hesaplamaları, kayaç içerisindeki mineraller arasındaki reaksiyonlardan gidilerek katyon değişim oranlarının belirlenmesinden itibaren hesaplanmaktadır. Görelî termobarometre yöntemi ise daha yaygın olarak zonlanma gösteren granat gibi minerallerin kimyasal bileşimlerinin belirlenerek kristalleşme koşullarının ve dolayısı ile P-T evrim yolunun belirlenmesi ilkesine dayanmaktadır. Bu derleme çalışmasında,

jeotermobarometre ile ilişkili yöntemler kısaca anlatılmaya çalışılacak ve Yıldızeli yöresinde yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar örnek olarak verilecektir. Metamorfik kayaçalarda, metamorfizma basınç ve sıcaklık koşullarının belirlenmesi için kullanılan mineral parajenezlerinden bazıları şunlardır;

### Jeobarometrelen

Granat - rutil - ilmenit - alüminyum silikat - kuvars (Böhlen ve dig. 1983a),

Granat - plajiyoklaz - ortopiroksen - kuvars (Newton ve Parkins 1982; Böhlen ve dig, 1983c),

Granat - plajiyoklaz - kuvars - klinopiroksen (Perkins ve Newton 1981),

Granat - sillimanit/disten - kuvars - plajiyoklaz (Newton ve Haselton 1981; Anovitz ve Essene 1987; Koziol ve Newton 1988),

Ortopiroksen - granat (Barley ve Green 1982; Harley 1984a),

Granat - kordiyerit - sillimanit - kuvars (Mensen ve Green 1973; Aranovich ve Podlesskii 1983),

Biyotit - muskovit - klorit - kuvars (Powell ve Evans 1983; Nurminen 1987),

Plajiyoklaz - hombiend (Plyusnina 1982),

Fenjit (Masonne ve Schreyer 1987),

### Jeotermometrede kullanılan parajenezlen

Granat - klinopiroksen (Ellis ve Green 1979),

Granat - ortopiroksen (Marley 1984b; Lee ve Ganguly 1988),

Granat - biyotit (Ferry ve Spear 1978),

Granat - kordiyerit (Thompson 1976; Perchuk ve Lavrent'eva 1983),

Granat - amfibol (Graham ve Powell 1984),

Ortopiroksen - klinopiroksen (Lindsley 1983)

#### JEOTERMOBAROMETRE

#### ÇALIŞMALARINDA KULLANILAN

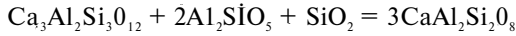
#### REAKSİYONLAR

Bu bölümde jeotermobarometre çalışmalarında kullanılan ve deneysel olarak hangi koşullarda gerçekleştiği belirlenmiş olan reaksiyonlar topluca verilecektir, Ayrıntılı bilgi için verilen referanslara bakılabilir,

#### Tek Değişkenli Reaksiyonlar

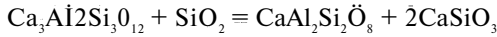
Çeşitli metamorfik fasiyeslerin jeotermobarometre koşullarının belirlenmesinde kullanılan mineral reaksiyonları şunlardır:

(1) Grossular + dişten + kuvars = anortit



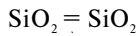
[GASP, Goldsmith, 1980; Gasparik, 1984; Chatterjee ve diğ., 1984; Koziol ve Newton, 1988],

(2) Grossular + kuvars = anortit + vollastonit



[WAGS, Newton, 1966; Gasparik, 1984; Chatterjee ve diğ. 1984],

(3) Kuvars = koesit



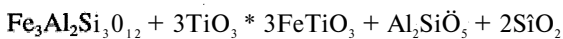
[Mirwald ve Masonne, 1980; Bohlen ve Boettcher, 1982],

(4) Yadeyit + kuvars = albit



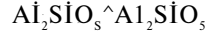
[Johannes ve diğ., 1971; Holland, 1980],

(5) Aimandin + rutil = ilmenit + dişten / sillimanit + kuvars



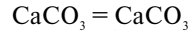
[GRAIL, Bohlen ve diğ., 1983a],

(6) dişten = sillimanit = andaluzit



[Holdaway, 1971; Robie ve Hemingway, 1984; Salje, 1986]

(7) Aragonit = kalsit



[Crawford ve Fyfe, 1965; Johannes ve Puhan, 1971],

Yukarıda verilen 7 reaksiyon, özellikle diğer termobarometrelerle birlikte kullanıldığında, yeterli termobarometrik bilgiyi oluşturabilir. Termobarometre için kullanışlı olan diğer basit reaksiyonlar ise dehidratasyon ve/veya dekarbonizasyon reaksiyonlarıdır. Bu reaksiyonlarda; dehidratasyon reaksiyonları için  $P_{\text{H}_2\text{O}}/P_{\text{total}}$  dekarbonizasyon reaksiyonları için  $P_{\text{CO}_2}/P_{\text{total}}$  ve akışkan türlerinin her ikisini de içeren reaksiyonlar için ise  $V_{\text{mo}}/P_{\text{total}}$  haktanda yeterli bilgilerin bulunması gerekmektedir. (Greenwood, 1962; Kerrick ve diğ., 1974; Flowers ve Hengleson, 1983). Örneğin; en düşük derecelerde, akışkanların düşey yöndeki hareketinin bir sonucu olarak Pf, Ps den önemli ölçüde düşüktür ve Pf in önemli bir kısmını  $P^*$  oluşturmaktadır. Üst amfibolit ve granulit fasiyesi koşullarında ise  $P_{\text{H}_2\text{O}}/P_{\text{total}}$  den önemli ölçüde daha az olmaktadır (Essene, 1989),

#### Basit Kimyasal Sistem Reaksiyonları

Basit kimyasal sistem olarak oluşan bazı reaksiyonlar, termobarometre için kullanışlı olabilmektedir, Bu reaksiyonların başlıcaları şunlardır:



(8) Antigorit - brusit = forsterit + su buharı

$\text{Mg}_3\text{Si}_2(\text{OH})_4 + \text{Mg}(\text{OH})_2 = 2\text{Mg}_2\text{SiO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$  (Chernosky ve diğ., 1985; Day ve diğ., 1985; Herman ve diğ., 1986),

(9) antigorit = forsterit + talk + su buharı

$5\text{Mg}_3\text{Si}_2(\text{OH})_4 - 6\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 + 9\text{H}_2\text{O}$  (Chernosky ve diğ., 1985; Day ve diğ., 1985; Berman ve diğ., 1986),



(10) kaolinit = pirofillit + su buharı

$\text{Al}_2\text{Si}_2(\text{OH})_4 + 2\text{SiO}_2 = \text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}$  [Thompson 1970a; Haas ve Holdaway 1973; Hemley ve diğ., 1980],

(11) pirofillit + alüminosilikat + kuvars + su buharı

$Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$  s  $Al_2Si_2O_5$  -  $3SiO_2$  +  $H_2O$  [Haas ve Holdaway 1973; Hemiey ve diğ., 1980],

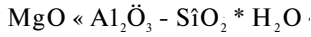


(12) kałsit + kuvars = vollastonit + karbondioksit

$CaCO_3 + SiO_2 = CaSiO_3 + CO_2$  [Greenwood 1967; Tanner ve diğ., 1985],

(13) vollastonit + kalsit = tüleyit + karbondioksit

$2CaSiO_3 + 3CaCO_3 = Ca_5Si_2O_7(CO_3)_2$  (Treiman ve Essene 1983),



(14) klinoklor = forterit + enstatit + spinel + su buhan

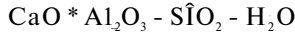
$Mg_3Al_2Si_3O_{10}(OH)_g = Mg_2Si_4 + 2MgSiO_3 + MgAl_2O_4 + CO_2$

[Fawcett ve Yoder 1966; Staudigel ve Schreyer 1977],

(15) Mg - kloritoyid + kuvars = talk + dişten + su buhanı

$3MgAl_2Si_5(OH)_x + 4SiO_2 = Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2 + 3Al_2SiO_5 + 5H_2O$

[Schreyer ve Seifert, 1969; Seifert, 1974; Chöpin ve Schreyer, 1983],



(16) margarit + kuvars = anorit + alüminosilikat + su buhanı

$CaAl_4Si_2O_{10}(OH)_2 + SiO_2 = CaAl_2Si_2O_8 + Al_2Si_2O_5 + H_2O$

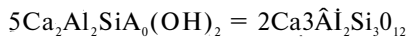
[Chaterjee 1976],

(17) margarit + kuvars = zoyisit + dişten + su buhanı

$4CaAl_4Si_4O_{10}(OH)_2 + 3SiO_2 * 2CaAlSi_3O_{12}(OH) + 5Al_2SiO_5 + 3H_2O$

[Perkins ve diğ., 180; Nitsch ve diğ., 1981; Jenkins 1984],

(18) prehnit = grossular + zoyisit + kuvars + su buhan



[Liou 1971a; Perkins ve diğ., 1980],

(19) prehnit = grossular + lavsonit + kuvars

$2Ca_2Al_2Si_3O_{10}(OH)_2 \ll Ca_3Al_2Si_3O_{12} + CaAl_2Si_2O_7(OH)_{21} + 7H_2O + SiO_2$

[Perkins ve diğ., 1980],

(20) zoyisit + dişten + kuvars = anorit + su buhan

$2Ca_2Al_3Si_3O_{12}(OH) + Al_2Si_2O_5 + SiO_2 = 4CaAl_2Si_2O_8 + H_2O$

[Jenkins ve diğ., 1983, 1985],

(21) klinozoyisit + dişten + kuvars = anorit + su buhan

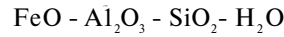
$2Ca_2Al_3Si_3O_{12}(OH) + Al_2Si_2O_5 + SiO_2 = 4CaAl_2Si_2O_8 + H_2O$

[Jenkins ve diğ., 1983, 1985],

(22) lavsonit + kuvars + su buhan = lömontit

$CaAl_2Si_2O_7(OH)_{21} + 7H_2O + 2SiO_2 + 2H_2O \ll CaAl_2Si_4O_{12} \cdot 4H_2O$

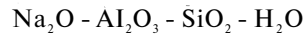
[Thompson 1970b, Liou 1971b],



(23) almadin + siilimanit + kuvars + su buhan = Fe - kordiyerit

$2Fe_3Al_2Si_3O_{12} + 4Al_2SiO_5 + 5SiO_2 + nH_2O = 3Fe_2Al_4Si_5O_{18} + nH_2O$

[Richardson 1968, Weisbrod 1973],



(24) paragonit + kuvars = albit + alüminosilikat + su buhan

$NaAl_3Si_3O_{10}(OH)_2 + SiO_2 = Al_2SiO_5 + NaAlSi_3O_8 + H_2O$

[Chaterjee 1972],

(25) yadeyit + dişten + kuvars + su buhan = paragonit

$NaAlSi_3O_8 + Al_2SiO_5 + SiO_2 + H_2O = NaAl_3Si_3O_{10}(OH)_2$

[Holland 1979],

(26) analsim + kuvars = albit + su buhan

$NaAlSi_2O_6 + H_2O + SiO_2 = NaAlSi_3O_8 + H_2O$  [Liou 1971c, Thompson 1971],

(27) yadeyit + su buhan = analsim

$\text{NaAlSi}_3\text{Al} + \text{H}_2\text{O} - \text{NaAlSi}_3\text{Al} \cdot \text{H}_2\text{O}$  [Newton ve Kennedy 1968, Manghnani 1970]

$\text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$

(28) muskovit + kuvars = alüminosiHkat + sanidin + su buhan

$\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2 + \text{SiO}_2 = \text{Al}_2\text{SiO}_5 + \text{KAlSi}_3\text{O}_8 + \text{H}_2\text{O}$

[Storre ve Karotke 1971, Kerrick 1972, Day 1973, Schramke ve diğ., 1987],

$\text{FeO} - \text{Fe} - \text{Al} - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$

(29) Grunerit = ferrosilit + kuvars + su buhan

$\text{Fe}_7\text{Si}_3\text{O}_{22}(\text{OH})_2 = 5\text{FeSiO}_3 + \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  [Miyano ve Klein 1986L

$\text{CaO} - \text{MgO} - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O} - \text{CO}_2$

(30) tremolit + kalsit + kuvars = diyopsit + akışkan

$\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2 + 3\text{CaCO}_3 + 2\text{SiO}_2 = 5\text{CaMgSi}_2\text{O}_6 + \text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2$

[Slaughter ve diğ., 1975; Eggert ve Kerrick 1981],

(31) diyopsit + forsterit + kalsit = montisellit + karbondioksit

$\text{CaMgSi}_2\text{O}_6 + \text{Mg}_2\text{SiO}_4 + 2\text{CaCO}_3 = 3\text{CaMgSiO}_4 + 2\text{CO}_2$  [Sharp ve diğ., 186],

#### BELİRLİ METAMORFİK FASİYESLERİN JEOTERMOBAROMETRİK DEĞERLERİNİN TANIMLANMASINDA KULLANILAN MİNERAL REAKSİYONLARI

Metamorfizma basınç ve sıcaklık koşullarının belirlenmesi amacıyla kullanılan termobarometreler fasiyesten fasiyese değişiklik göstermektedir. Örneğin; düşük sıcaklık metamorfitlerinde, kabul edilebilir termodinamik ve deneysel verilerin bulunduğu düşük simetrik - sulu silikatlar bol miktarda görülmektedir. Orta sıcaklıktaki metamorfik kayalarda ise, çoğunlukla granat, epidot ve homblend gibi refrakter minerallerdeki karmaşık zonlanma ile dahada karmaşılaşmış kompleks bir P-T geçmişi korunabilmektedir. Büyük ölçüde basit - susuz silikatlardan ve hornblent/biyotit gibi kompleks sulu silikatlardan oluşan yüksek sıcaklıktaki metamorfite ise progressif metamorfik geçmişi pek koruyamamaktadırlar. Çünkü bu metamorfite, metamorfizma sırasında etkin olan en yüksek P-T koşullarını maskeleyen retrograd dönüşümlere uğramışlardır.

#### Zeolit Fasiyesi

Zeolit fasiyesinin basınç ve sıcaklık koşullarını belirlemek amacıyla bazı araştırmacılarca vitrinit refleksiyon yöntemi, sıvı kapanım ve silikat mineralojisine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu fasiyesin koşullarının belirlenmesi açısından zeolitlerin ve prehnitin duraylılıklarına üzerine geliştirilen çalışmaların kullanışlı olabileceği ileri sürülmektedir (Liou 1971a-b), Ancak, burada doğal ve sentetik fazların düzeni/düzensizliği ve kimyası hakkında belirsizlikler bulunmaktadır (Essene, 1989), Dahası, bu dehidratasyon dengesinin iokasyonlan, açık kırık sistemlerine, yüksek derecede tuzlu akışkanların varlığına ve düşük derecede metamorfize olmuş karbonlu litolojilerindeki yüksek  $\text{CH}_4$  e bağlı olarak  $P_{\text{H}_2\text{O}} < P_s$  tarafından şiddetli bir şekilde etkilenmektedirler. Araştırmacılar, diyajenez, hidratermal sistemler ve düşük dereceli metamorfite yapıları çalışmalarında termometre olarak illit kristalinitesi (Kubier 1967; Kisch 1980a-b, 1981, 1987; Frey ve diğ., 1980; Thompson ve Frey 1984), vitrinit yansıması (Kisch 1980a-b, 1981, 1987; Frey ve diğ., 1980; Teichmüller 1987) ve konodont renk indisini (Rejebian ve diğ., 1987) kullanmışlardır. Ancak bu termometrelerin, metamorfizma koşullarının belirlenmesi açısından bazı güçlükleri olduğu bilinmektedir. Örneğin, izokimyasal olmayan illitin oluşması ve ayrışması reaksiyonlan, feldispatlan veya alkali metal iyonlanını ve smektiti, illit ve detritik yüksek sıcaklık feldispatlanının içerildiği reaksiyonları kapsayabilir (Ahn ve Peacor 1986), Diğer taraftan vitrinit yansımasına gelince; grafitleşme derecesi düşük sıcaklıklarda deformasyonla artmaktadır. Kontakt halelerde bölgesel metamorfitelekine göre grafitleşme daha geç oluşmaktadır ve modal karbon, metan uçuculuğu ve geçirgenlikle korele edilebilmektedir (itaya 1981; Wintsch ve diğ., 1981; Okuyama - Kusunose ve itaya 1987), Benzer problemler konodont renk indisi için de geçerlidir (Rejebian ve diğ., 1987).

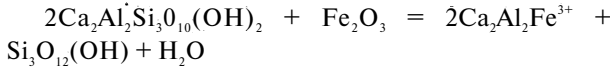
Yukarıda sayılan bu yöntemlerin yanısıra, düşük dereceli metamorfik kayalarda termobarometre çalışması, bu kayalardaki mineraller arasındaki duraylı izotop fraksiyonlanmasından da elde edilebilmektedir (Friedman ve O'neil 1977; Bottinga ve Javoy 1987),

Analim + kuvarsın duraylılığı zeolit fasiyesinin termal sınırlarını oluşturabilir (reaksiyon 26). Bu reaksiyonun termal sınırı  $180^\circ\text{C}$  dir (Liou 1971c), Buna karşın, birçok zeolit pümpelliyeit fasiyesi sınırları içinde de duraylı olabilir,

Pümpelliyit Fasiyesi

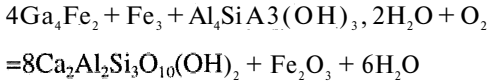
Kalsit - dolomit ve duraylı izotop termometresi yararlı termometrik bilgi oluşturabilmekle birlikte pümpelliyit fasiyesi için birkaç sistem kullanışlı termometre oluşturabilir. Reaksiyon 18 ve 19, prehnitin üst duraylılık sınırını oluşturmaktadır (Essene 1989), Düşük sıcaklık metamorfik sistemlerine uygulanabilen epidot - prehnit dengesi hakkındaki veri, termometre olarak kullanılabilir. Bu denge hakkındaki deneysel veri Liou ve diğ., (1983) tarafından elde edilmiştir:

(32) prehnit + hematit = epidot + su buharı

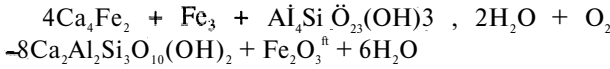


Yukarıda verilen bu denge, basitliğinden ve pümpelliyit fasiyesinde hematitin yaygın bir şekilde oluşmasından dolayı termometre olarak kullanılabilir. Demir - pümpelliyitin duraylılığı şu reaksiyonlarla verilmektedir;

(33) demir-pümpelliyit+oksijen=epidot+su buharı



(34) demir - pümpelliyit + oksijen = prehnit + hematit + su buharı



Reaksiyon (33)'ün sıcaklık aralığı 250 - 300°C arasındadır (Liou 1979). Pümpelliyit fasiyesinin P-T sınırları 5 kbar'dan düşük basınçlarda 200 - 300°C arasındadır (Essene 1989).

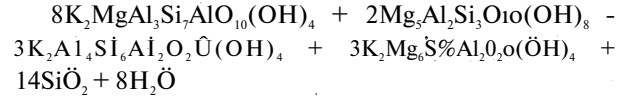
Yeşilşist Fasiyesi

Yeşilşist fasiyesindeki termobarometrik çalışmalar daha yüksek dereceli metamorfik kayalarından daha azdır. Granat - biyotit (Ferry ve Spear 1978; Ferry 1980, 1984; Hodges ve Spear 1982) veya kalsit - dolomit (Ferry 1979; Nesbitt ve Essene 1982; Di Pisa ve diğ., 1985; Anovitz ve Essene 1987a) termometrelerin dışında bu fasiyeste kullanılması için birkaç termobarometre daha düzenlenmiştir. Diğer taraftan, bu fasiyesin sıcaklık limitlerini daha iyi tanımlamak için duraylı izotop jeokimyası çalışmaları da gereklidir. Basit dehidratasyon reaksiyonları yeşilşist fasiyesi kayalarına nadiren uygulanabilmektedir (Essene 1989).

Powel ve Evans (1983) aşağıdaki reaksiyona göre

bir barometre önermiştir:

(35) fenjit + klorit = muskovit + tlogopit + kuvars + su buharı



Yeşilşist fasiyesinin termobarometresi 300 - 550°C lik bir sıcaklığı ileri sürmektedir,

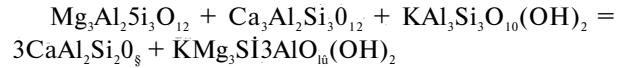
Yeşilşist - amfibolit fasiyesi sınırın 450 - 550°C arasında değişebilir (Essene 1989),

Amfibolit Fasiyesi

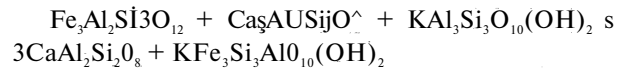
Amfibolit fasiyesinde termobarometre kullanılarak yapılan modern petrolojik çalışmalar çok yaygındır. Bu fasiye için Ferry ve Spear (1978) in granat - biyotit termometresi, doğal ve sentetik fazların benzer olmasından dolayı çok kullanışlıdır. Ancak, burada biyotitteki  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  ve O/OH m rolüne dikkat edilmelidir. Kalsit - dolomit termometresinin ise pik metamorfik sıcaklıkları verebileceği ileri sürülmektedir (Essene 1983).

Ghent ve Stout (1981) granat - muskovit - plajikyo-laz - biyotit topluluğunu baz alarak amfibolit fasiyesi için alternatif barometre geliştirmiştir:

(36) pirop + granat + muskovit = anortit + filogopit

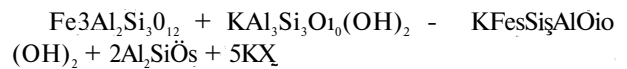


(37) almandin + grossular + muskovit = anortit + annit



Değişik araştırmacılar, muskovit - almandin - annit - sillimanit (MABS) barometresini kullanmışlardır (Spear ve Selverstone 1983; Robinson 1983; Holdaway 1988):

(38) almandin + muskovit = annit + sillimanit + kuvars



Amfibolit fasiyesindeki kayaların termobarometrik incelemeleri, bunların sıcaklık aralığının 500 - 700°C ve basınç aralığının ise 3 - 12 kbar basınç aralığında oluştuklarını göstermektedir.



Granulit Fasiyesi

Kantitatif termobarometre, granulit fasiyesinde, diğer fasiyeslerdekinden daha başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Granat, piroksen, feldispat ve olivin gibi susuz minerallerin granulit fasiyesinde yaygınlığı ve bu fazlar için belirli minerallerdeki izomorf kanşım verilerinin kullanılabilirliği, katı çözeltiliye sahip minerallerdeki uç üye bileşenlerinin aktiviteleri için düzeltmelerin yapılmasına da olanak tanımaktadır. Granulit fasiyesinde, başarılı bir şekilde kullanılan termometreler; manyetit - ilmenit termometresi (Buddington ve Lindsley 1964; Anderson ve Lindsley 1988), granat - klinopiroksen termometresi (Pattison ve Newton 1988), granat - ortopiroksen termometresi (Harley 1964b; Sen ve Bhattacharya 1984; Lee ve Ganguly 1988), *M* feldispat termometresi (Sen ve Bhattacharya 1984; Harley 1984c, 1985; Anovitz ve Essene 1989; Haselton et al. 1983; Brown ve Parsons 1985) tir.

Barometre olarak (1), (2), (3) nolu reaksiyonlar ve aşağıdaki reaksiyonlar kullanılabilirlerdir:

$$(39) \text{ ferrosilit} = \text{ fayalit} + \text{ kuvars}$$

$$\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_6 = \text{FeSiO}_4 + \text{SiO}_2 \text{ (Bohlen ve Boettcher 1981),}$$

$$(40) \text{ almandin} + \text{ sillimanit} = \text{ hersinit} + \text{ kuvars}$$

$$\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12} + 5\text{Al}_2\text{SiO}_5 = 3\text{FeAl}_2\text{O}_4 + 5\text{SiO}_2 \text{ (Bohlen ve diğ., 1986),}$$

$$(41) \text{ almandin} + \text{ korund} = \text{ hersinit} + \text{ sillimanit} + \text{ kuvars}$$

$$\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12} + 5\text{Al}_2\text{O}_3 = 3\text{FeAl}_2\text{O}_4 + 3\text{Al}_2\text{SiO}_5 \text{ (Bohlen ve diğ., 1986a),}$$

$$(42) \text{ grossular} + \text{ almandin} = \text{ anortit} + \text{ fayalit}$$

$$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12} + 2\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12} = 3\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 + 3\text{Fe}_2\text{SiO}_4$$

$$\text{(Bohlen ve diğ., 1986b=c),}$$

$$(43) \text{ grossular} + \text{ almandin} + \text{ kuvars} = \text{ anortit} + \text{ fenrosilit}$$

$$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12} + 2\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12} + 3\text{SiO}_2 = 3\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 + 3\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_6 \text{ (GASF, Bohlen ve diğ., 1986bnc),}$$

$$(44) \text{ grossular} + \text{ pîrop} + \text{ kuvars} = \text{ anortit} + \text{ enstatit}$$

$$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12} + 2\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12} + 3\text{SiO}_2 = 3\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 + 3\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6 \text{ (GAES, Newton ve Perkins}$$

1982; Perkins ve Chipera 1985),

$$(45) \text{ grossular} + \text{ pîrop} + \text{ kuvars} = \text{ anortit} + \text{ diyopsit}$$

$$2\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12} + \text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12} + 3\text{SiO}_2 = 3\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 + 3\text{CaMgSi}_2\text{O}_6 \text{ (GADS, Newton ve Perkins 1982; Moecher ve diğ., 1988),}$$

$$(46) \text{ grossular} + \text{ almandin} + \text{ kuvars} = \text{ anortit} + \text{ hedenberjit}$$

$$2\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12} + \text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12} + 3\text{SiO}_2 = 3\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 + \text{SCaFeSijO}_6 \text{ (GAHS, Moecher ve diğ., 1988),}$$

$$(47) \text{ grossular} + \text{ almandin} + \text{ rutil} = \text{ anortit} + \text{ ilmenit} + \text{ kuvar}$$

$$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12} + 2\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12} + 6\text{TiO}_2 = 3\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 + 6\text{FeTiO}_3 + 3\text{SiO}_2 \text{ (GRIPS, Bohlen ve Liotta 1986),}$$

$$(48) \text{ pîrop} + \text{ diyopsit} + \text{ kuvars} = \text{ enstatit} + \text{ anortit}$$

$$\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12} + \text{CaMgSi}_2\text{O}_6 + \text{SiO}_2 = 2\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6 + \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \text{ (Pana ve diğ., 1988),}$$

$$(49) \text{ almandin} + \text{ hedenberjit} + \text{ kuvars} = \text{ ferrosilit} + \text{ anortit}$$

$$\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12} + \text{CaMgSi}_2\text{O}_6 + \text{SiO}_2 = 2\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_6 + \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \text{ (Paria ve diğ., 1988).}$$

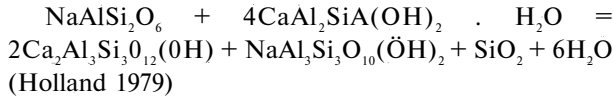
Birçok granulit fasiyesi bölgelerinde 700 veya 850°C sıcaklıklar için 6-8 kbar arasında basınçlar kaydedilirken (Perkins ve Newton 1981; Newton 1983; Bohlen ve diğ., 1983a-b-c; Bohlen 1987; Moecher ve diğ., 1988) bazen 10 - 12 kbar gibi yüksek basınçlara (O'Hara ve Yarwood 1978; Sanders ve diğ., 1987; Anovitz ve Essene 1989) veya bazen de 4 - 6 kbar gibi düşük basınçlara (Phillips, 1980; Schreurs ve Westra 1986; Anovitz ve Essene 1989) ve 900 - 1000°C lik sıcaklıklara (O'Hara ve Yarwood 1978; Ellis, 1980; Harley, 1987) ulaşılmıştır.

Eklojît Fasiyesi

Birçok araştırmacı tarafından eklojiüerin P-T koşulları konusunda araştırmalar yapılmıştır. Granulit, granat - granulit ve eklojit arasındaki geçişler değişik bazaltik bileşimler için yüksek sıcaklıklarda (1100 - 1200°C) meydana gelmektedir (Ringwood ve Green, 1964; Green ve Ringwood 1967, 1972; Ito ve Kennedy 1971). Amfibolitten granat amfibolite - eklojite kadar geçişler doğada nadir olarak görülmektedir, ancak, deneysel ola-

rak,  $P_{H_2O} = P_s$  için 675 - 700°C ve 15 - 25 kbar F nin tam altında yer almaktadır (Essene ve diğ., 1970), Bazaltik bileşimdeki kayalar için eklojit mineralojisine geçiş büyük ölçüde  $P_{H_2O}$  ya bağlıdır. Dişten, zoisit ve kuvars kabuksal eklojitlerde yaygın olmakla birlikte, çoğu eklojit toplulukları granat, klinopiroksen ve rutilde başka birkaç minerale daha sahiptirler. Manto nödüllerindeki (Sobolev ve diğ., 1976; Smyth ve Hatton 1977) ve kabuksal oluşumlardaki (Chopin 1984; Smith 1984) eklojitlerde nadir olarak koesit ( $SiO_2^f$  nin yüksek basınç modifikasyonu) görülmüştür. Amfiboller (glokofan, barroyisit, hornblend) ve mikalar (fenjit, paragonit, filogopit) eklojit örneklerinde görülmekle birlikte, bunların eklojitik topluluğunun bir bölümü olup olmadığı veya sonraki retrograd olaylarla oluşup oluşmadığı belirsizdir, Granat - klinopiroksen termometresi, eklojitler için uygulanabilir (Krogh 1988; Pattison ve Newton 1988; Essene 1982; Koons 1984), Ayrıca termometre için duraylı izotop çalışmaları da kullanılabilir (Matti hews ve diğ., 1983; Robert ve diğ., 1985; Agrinier ve diğ., 1985), Barometrelerin çoğu, yüksek değişkenli toplulukları olduklarından dolayı eklojiüere uygulanamaz. Buna karşın (1), (3), (5), (40=49) nolu reaksiyonlar ve aşağıdaki reaksiyon kullanılabilir (Essene 1989):

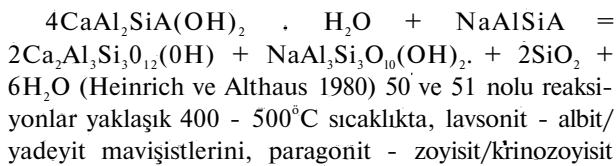
(50) yadeyit + lavsonit = zoyisit + paragonit + kuvars + su buharı



#### Mavişist Fasiyesi

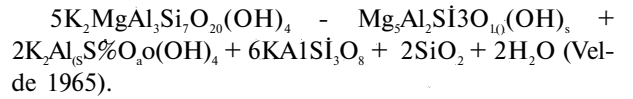
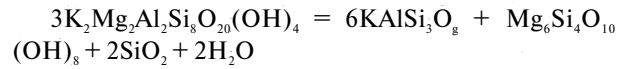
Birçok araştırmacı tarafından mavişist fasiyesi kayaların jeotermobarometre çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Mavişist fasiyesi, ilksel olarak yadeyit, glokofan ve/veya lavsonit gibi yüksek basınç minerallerinin varlığı temelinde yeşilşist fasiyesinin yüksek basınç eşdeğeri olarak ayırtlanabilir, Önemli mavişist fasiyesi denge reaksiyonları (19), (22), (23), (28) ve (50) nolu reaksiyonlarla aşağıdaki reaksiyonu kapsar:

(51) lavsonit + albit = zoyisit + paragonit + kuvars + su buharı "

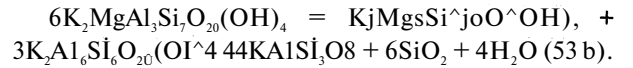
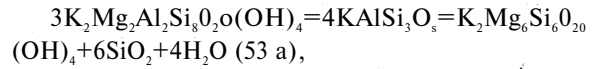


mavişistlerinden ayırır ve mavişist fasiyesi kayaların için kullanışlı termometreler oluşturur, Mavişistler için klorit - fenjit termometresi ve duraylı izotop jeokimyası verileri (Brown ve diğ., 1982) termometre olarak kullanılmaktadır (Essene 1989). Mavişistlere uygulanan termometreler fenjit içeren reaksiyonlardır:

(52) fenjit = K - feldspat + klorit + kuvars + su buhan

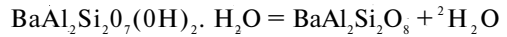


(53) fenjit = K - feldspat



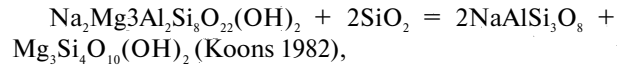
Diğer bir termometre de Sassi (1972) ve Sassi ve Scolari (1974)' ün, artan basınçların deneysel indeksi olarak fenjitin  $b_0$  hücre boyutunun belirlenmesi ilkesine dayanır, Nitsch (1980)'in deneyleri, smirit mineralinin (sulu Ba - Al silikat) mavişist fasiyesleri için gerçek bir mineral olduğunu ileri sürmekte ve smirit/selsian reaksiyonlarını kalibrasyon koşulları olarak ileri sürmektedir:

(54) smirit = selsian +  $H_2O$

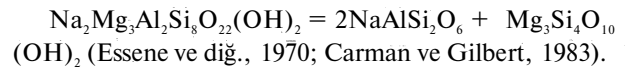


Glokofan dengesindeki uygulamalar aşağıdaki reaksiyonları kapsamaktadır. Ancak bunian termobarometre olarak kullanmak zordur (Essene 1989):

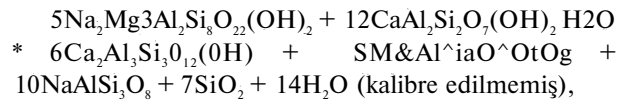
(55) glokofan + kuvars = albit + talk



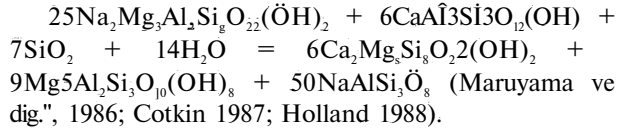
(56) glokofan = yadeyit + talk



(57) glokofan + lavsonit = klinozoyisit + klorit + albit + kuvars + su buharı



(58) glokofan + klinozîyisit + kuvars + su buharı = tremolit + klorit + albit



Yapılan termobarometre çalışmalarının çoğu, mavişistlerin 250 - 450°C lik sıcaklık aralığında dengelendiğini göstermektedir, Basınçlar ise 5-12 kbar arasında değişir, hatta, bazen eklojit fasiyesine geçiş kayaçlarında 12 - 16 kbara kadar yükselir (Koons 1986), Bu sonuçlar, mavişist - eklojit fasiyesi sınırının 15 kbar yakınında olduğunu göstermektedir (Essene 1989),

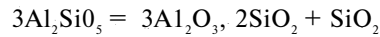
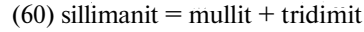
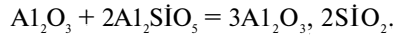
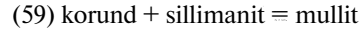
### Kontakt Metamorfik Fasiyesler

Birçok araştırmacı tarafından bu fasiyeslerde termobarometre çalışmaları yapılmıştır. Bu fasiyesler için kullanışlı jeotermometrelerin birçoğu termal olarak bölgesel metamorfik fasiyeslerdekiyle aynıdır (albit - epidot hornfels = yeşilşist; hornblend - hornfels = amfibolit; piroksen - hornfels veya sanidinit = granulit). Düşük sıcaklığa sahip kontakt metamorfitleerde kullanışlı termometreler kalsit = dolomit ve oksijen izotop sistemleridir. Dolomitte dengelenmiş kalsitteki  $\text{MgCO}_3$  içeriği 300 - 600°C arasında düzenlenir ve çoğunlukla orta sıcaklık kontakt metamorfik ortamlarda korunur (Essene 1983; Wada ve Suzuki 1983; Morikiyo 1984; Anovitz ve Essene 1987a).

Düşük dereceli kontakt metamorfitleer için kullanışlı olan kantitatif termobarometreler bulmak zordur, Ancak, bu tür kayaçlarda, dehidratasyon ve/veya dekarbonizasyon reaksiyonları termometre olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Essene 1989),

Diğer taraftan, yüksek sıcaklıklı kontakt metamorfitleer için ise kullanışlı olan termobarometreler bulunmaktadır, Ca - silikatlar ve Ca - Mg silikattan içeren sistemler, yüksek sıcaklıklı termal halelere uygun birçok termal duyarlı faz dengesi içerirler, (Winkler 1965; Turner 1968),  $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O}$  (Treiman ve Essene 1983) ve  $\text{CaO} - \text{MgO} - \text{SiO}_2 - \text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O}$  (Skippen 1974; Slaughter ve diğ., 1975; Egger ve Kerrick 1981; Sharp ve diğ., 1986) sistemlerindeki reaksiyonlar, karbonatlı kayaçlar için termometreler ve  $\text{CO}_2$  barometreleri oluşturur (Essene 1989), Granat - kuvars - plajiyoklaz - vollastonit mineral topluluğu piroksen - hornfels fasiyesinde yaygındır ve termobarometre olarak mükemmel

bir şekilde kullanılırlar, Sanidinit fasiyesinde metamorfizmaya uğramış pelitik kayaçlar, termobarometrik potansiyele sahip tek değişkenli iki reaksiyon içerirler,



Kontakt metamorfik kayaçlar 200 - 1000°C arasında değişen geniş bir sıcaklık aralığında oluşurlar. Çoğu kontakt haleler  $P < 2$  kbar da oluşur;  $P > 4 - 5$  kbar da ise bölgesel metamorfitleerden ayırtanamazlar.

### BAZI ÖNEMLİ JEOTERMOBAROMETRE HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

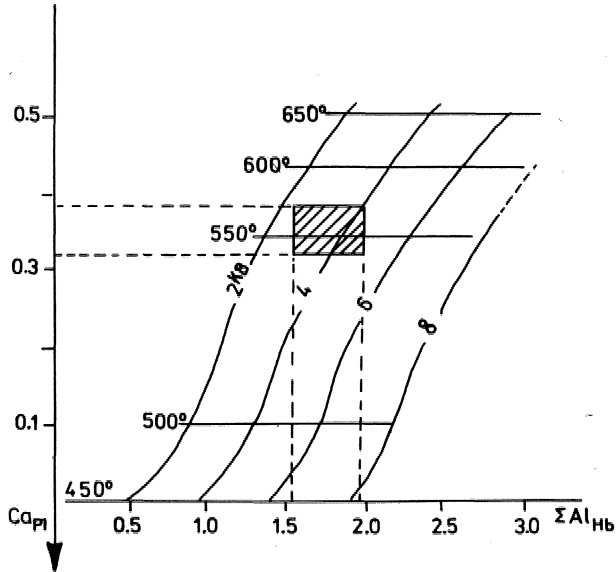
Metamorfik kayaçlardaki çalışmanın ana amacı; orojenik kuşakları oluşturan karmaşık jeodinamik süreçleri açığa çıkartmaktır. Bu sonucu elde etmede önemli bir adım olan metamorfik kayaçların kantitatif termobarometresini hesaplamak için iki ana yaklaşım bulunmaktadır. Birinci yaklaşım, kayacın jeolojik geçmişte bir noktada dengelenmiş olduğu basınç ve sıcaklık koşullarının belirlenmesini amaçlayan konvansiyonel yöntemdir. Bu yöntem, kesin termobarometre olarak bilinir ve kayaçta etkin olan fiziksel koşulların kesin değerlerinin mümkün olduğunca doğru bir şekilde belirlenmesi ilkesine dayanır. İkinci yaklaşım ise, kayaçta hakim olmuş olan fiziksel koşullardaki değişimlerin belirlenmesi ilkesine dayanır, Bu yöntemde; referans olarak alınan basınç ve sıcaklık değerlerine göre hesaplanan P ve T değerleri kayaçtaki P-T evrim yolunu veya basınç - sıcaklık geçmişini açıklamaya çalışır. Bu yaklaşım, görelî termobarometre olarak bilinir ve bu yöntemde P ve T değerleri kesin değerlerin üzerinde olabilir,

Görelî ve kesin termobarometre arasındaki en önemli fark; herbirinden elde edilen bilginin tipidir, Kesin termobarometrenin uygulanmasından elde edilen sonuçlar; bir kayaç veya kayaç grubunun kristalleşme tarihçesindeki bir noktada dengelenmiş olduğu basınç ve sıcaklık koşullarıdır. Bu sonuçlar, dengelenme sırasındaki kabuğun termal yapısı ve derinliğini ortaya çıkarmada kullanılabilir, Görelî termobarometre, T ve P veya bir P-T evrim yolunun hesaplanmasını kapsar. Burada, kabuğun zaman içerisindeki evrimi hakkında bilgiler elde edilebilir, Jeotermobarometrenin her iki tipi de, analitik hatalar, kalibrasyon hataları ve termodina-

mik veri ve çözüm modellerindeki hatalarla etkilenen belirsizliklere sahiptir. Birçok termobarometre, hesaplanan sıcaklıklarda  $\pm 25 - 50^\circ\text{C}$  ve basınçlarda ise  $\pm 0,5 - 2$  kbarlık hatalara veya  $\pm 5\% \gg 10\%$  luk hatalara sahiptir,

Plajiyoklaz - Hornblendi Jeotermobarometresi

Amfiboller, metamorfik koşulların geniş aralıkları içerisinde, sıcaklık ve basıncın iyi bir indikatörü olarak bilinmektedir, Perchuk (1970), jeotermometre olarak birlikte oluşan plajiyoklaz ve amfibollerdeki Ca:Na oranının kullanılabileceğini ileri sürmüştür. Bilindiği gibi, metamorfizma derecesinin artmasıyla Ca - amfibollerdeki Al içeriği de artmaktadır (Leake, 1962; Kostyuk, 1970; Hietanen, 1974; Graham, 1974). Plyusnina (1982) tarafından geliştirilen plajiyoklaz - hornblend jeotermobarometresinde, sıcaklığa bağlı olarak plajiyoklazlardaki Ca/Ca+Na oranındaki değişim ve basınç - sıcaklık değişimi ile de Ca - amfibollerdeki  $\text{Al}_2\text{O}_3$  içeriğinin değişimi deneysel olarak belirlenerek jeotermobarometre olarak kullanılmaktadır. Plajiyoklazlardaki An içeriği düşey eksene, Ca - amfibollerdeki Al içeriği yatay eksene yerleştirilir (Şekil 1), İzobarlar, P ve T'nin her ikisine bağlı olarak Ca - amfibollerdeki Al içeriğine göre, izotermeler ise plajiyoklazlardaki An içeriğine göre işaretlenmiştir, Sonuçta birlikte oluşan Ca - amfiboller ve plajiyoklaz bileşimlerinin işaretlenmesi, onların denge P-T koşullarını belirtir. Bu jeotermobarometre metodunda, P (febar) ölçümünde  $\pm 1$  kbarlık ve T ( $^\circ\text{C}$ ) hesapla-

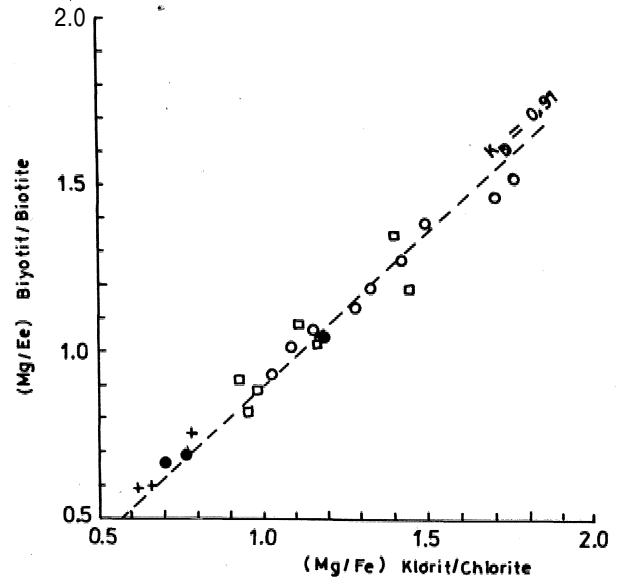


Şekil 1. Plajiyoklazlardaki  $\Sigma\text{Ca}$  ve hornblendlerdeki  $\Sigma\text{Al}$  içeriği ile basınç-sıcaklık arasındaki ilişkiyi gösterir diyagram [Plyusnina, (1982) den alınmıştır].

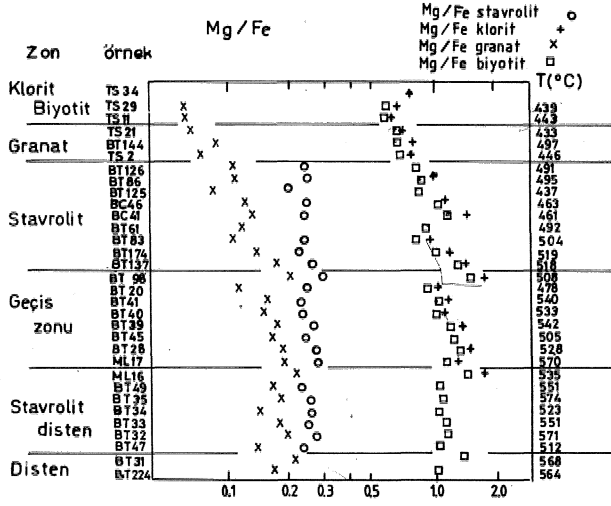
masında ise  $\pm 10 - 15^\circ\text{C}$  lik bir standart sapma sözkonusudur,

Metapelitlerde Jeotermobarometre ve Sıcaklık - Bileşim T\*X (Fe-Mg) İlişkileri

Birlikte oluşan fazlar arasındaki elementlerin sistematik paylaşılması ve disürübisyon (dağılım) katsayılarındaki sistematik değişimlerin incelenmesi, ulaşılan metamorfizma derecesi hakkında genel bir fikir verebilir. Şekil 2'de gösterilen klorit ve biyotit arasındaki Fe ve Mg paylaşımına bakıldığında, dağılım katsayısının  $(\text{KD} = * (\text{Mg}^{\text{e}})\text{Bi} / (\text{Mg}/\text{Fe})\text{Chl} = 0,91$ , olduğu ve örneklenen aralıkta metamorfizma derecesine bağımlı olmadığı görülmektedir, Diğer yandan, granat kenar zonu ile biyotit ve granat kenar zonu ile stavrolit arasındaki Fe-Mg paylaşımı, metamorfizma derecesine sistematik bağımlılık göstermektedir. Şekil 3, analiz edilen örneklerdeki ferromagnezyan mineraller arasındaki Fe ve Mg un dağılımını özetlemektedir. Bütün fazlar, metamorfizma derecesinin artmasıyla daha magnezyumlu bileşime sahip olmaktadır. Buna karşın, metamorfik akışkanın bileşimindeki yersel değişikliklere bağlı olarak metamorfik derecenin ileri evrelerinde bazen demirce zengin bileşimler de gözlenebilmektedir (Lang ve Riçe, 1985). Uygun reaksiyonlar için deneysel düzenlemeler ve törmokimyasal veri kullanıldığında, analiz edilen mi-



Şekil 2. Birlikte oluşan klorit ve biyotitteki Fe/Mg oranlarını karşılaştıran diyagram. Semboller, farklı zonlardaki mineral çiftleri için kullanılmıştır: klorit-biyotit zonu (+); granat zonu (siyah daire); stavrolit zonu (içi boş kare); geçiş zonu (içi boş daire) (Lang and Rice, 1985).



Şekil 3\* Artan melamorfizma derecesine göre, Örneklerdeki Mg/Fe oranının logariimik ölçekte gösterilmesi (Lang and Rice, 1965'ten alınmıştır).

neral topluluklarının denge koşullarını tahmin etmek olasıdır. Aşağıdaki hesaplamalarda, gazların standart hali ilgili sıcaklıkta ve 1 bar basınçtaki ideal gazdır; katı fazlar için, ilgili sıcaklık ve basınçta saf uç üye mineral bileşendir. İlgili fazlar için termodinamik veriler Çizelge 1'de toplu olarak verilmiştir,  $\ln K = A/T + B + C(P-1)T$  şeklinde ifade edilen denge sabitleri Çizelge 2'de görülmektedir. Çizelge 3 ise katı çözeltiler için aktivite modellerini tanımlamaktadır. Doğal mineral bileşimlerinden itibaren sıcaklığın hesaplanmasında deneysel kalibrasyonun kullanılması için Çizelge 4'te verilen aktivite - bileşim ilişkileri kullanılmaktadır,

Fe - Mg granat ve biyotit katı çözeltileri arasındaki Fe - Mg değişimi ilişkisi Ferry ve Spear (1978) tarafından incelenmiştir. Bu ilişkiler termometre hesaplamalarının temelini oluşturmaktadır (Çizelge 3). Pelitik bileşimli kayaçlarda, alüminyum silikat içeren ve içermeyen kayaçlardaki termobarometre hesaplamalarının yapılabilmesi için literatürde ayrıntı verilen bazı deneysel kalibrasyonların yapılması gerekmektedir.

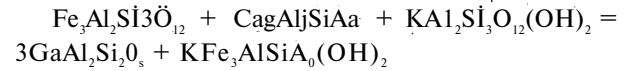
Örnek olarak, alüminyum silikatlardan yalnızca distenin bulunduğu topluluklarda jeobarometre hesaplamalarına bakıldığında dişlenin katıldığı aşağıdaki reaksiyonlar ve bunlarla ilişkili deneysel kalibrasyonlar kullanılmaktadır. Distenin varlığı durumunda, var olan metamorfik koşulların dişten - andaluzit ve dişten - sillimanit sınırının üzerinde olduğu bilinmektedir. Böylesi bir durumda üst basınç limiti granat, ilmenit, dişten ve

kuvars topluluğunun yardımıyla belirlenebilmektedir, Granaün bileşimine bağlı olan bu limit  $\text{almandin} + 3\text{rutil} = 3\text{ilmenit} + \text{dişten} + \text{kuvars}$  dengesinde gidilerek hesaplanmaktadır. Deneysel verilerden elde edilen  $\ln K$ , Çizelge 1'de verilen (3b) için, (2) nolu dengeyle ilişkilidir, (3b) dengesi, analiz edilen granatlardaki almandinin indirgen aktivitesiyle düşük basınca doğru yer değiştirir,

Granat, plajiyoklaz, dişten ve kuvars topluluğu içeren kayaçlar için toplam basınç doğrudan hesaplanması

3 anortit = grossular + 2 dişten + kuvars dengesine göre yapılabilir. Bu jeobarometre Ghent (1976) tarafından önerilmiş ve Newton ve Haselton (1981) tarafından yeniden düzenlenmiştir, Newton ve Haselton (1981) tarafından ileri sürülen formül  $\ln K = A + B/P + C/T + D/P^2 + E/T^2 + F/P^3 + G/T^3 + H/P^4 + I/T^4 + J/P^5 + K/T^5$  şeklindedir ve aktivite modellerinde Mn - bağımlı bazı parametreler kullanılmaktadır (Hodges ve Spear, 1982), Anortit parçalanma reaksiyonlarının deneysel çalışmalardan (Hays, 1966; Hariya ve Kennedy, 1968; Goldsmith, 1980) uç üye dengesi için bir P-T eşitliği türetilmiştir:  $P = 711,9 + 22,77 T$  (bar, K)

Plajiyoklaz - granat - muskovit - biyotit topluluğu ise aşağıdaki denge reaksiyonuyla ilişkilidir:



Bu denge, basınca duyarlı ve  $f^{\text{O}_2}$  ya bağımlı değildir (Lang ve Rice, 1985), Alüminyum silikatlardan yoksun olan topluluklara uygulanan bu dengeyi, bir jeobarometre olarak kullanmak için bazı deneysel düzenlemeler yapılmaktadır (Ghent ve Stout, 1981; Hodges ve Crowley, 1985).

Granat - muskovit - biyotit - plajiyoklaz - Al - silikat termobarometresi

Granat - muskovit - biyotit - plajiyoklaz minerallerinin bileşimlerinin belirlenmesiyle aşağıda verilen değerlerin hesaplanması ve formüllerde yerine konulmasıyla, metamorfizma basınç ve sıcaklık koşulları belirlenebilmektedir. Bu yöntemde, değişik jeotermometre ve jeobarometre hesaplamaları olmasına karşın, burada jeotermometre hesaplamaları Ferry ve Spear (1978), Ghent ve Stout (1981) ve Newton ve Haselton (1981) tarafından önerilen eşitliklerle yapılmaktadır. Ferry ve Spear (1978):



*Jeotermobaromeire*

Çizelge 1. Seçilen fazlar için termodinamik veri (Lang ve Rice, 1985' ten)

Faz	Cp			Vs	$\Delta G_f^0$	$\Delta H_f^0$	$S^0_{298K}$	T
	a	bX10 <sup>3</sup>	cX10 <sup>-5</sup>					
	J mol <sup>-1</sup>	J mol <sup>-1</sup> K <sup>-2</sup>	J mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	J bar <sup>-1</sup>	J mol <sup>-1</sup>	J mol <sup>-1</sup>	J mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	K
$\alpha$ -kuvvars	46.94a	34.309a	-11.297a	2.2688a (2.324)	-856239a	-910648a	41.338a	848
$\beta$ -kuvvars	60.29a	8.117a	0a	2.372				
rutil	62.861c	11.358c	-9.9886c	1.8820d	-889446d	-944750d	50.29d	
ilmeneit	138.49c	3.8835c	-64.1485c	3.1690d	-1159170d	-1236622d	105.86d	
silliman.	167.46a	30.922a	-48.884a	4.990a	-2427101a	-2573574a	96.776a	
disten	173.189a	28.520a	-53.899a	4.409a	-2430720a	-2581097a	83.68a	
almandin								
<848	408.15a	140.75a	-78.37a	11.528a	-4941125e	-5277200e	298.7b	
>848	448.06a	62.17a	-44.48a					
grossular	435.207a	71.182a	-114.299a	12.53a			254.7a	
pirop				11.370d				
Fe-stav.	1733.8f	335.2f	-469.4f	44.88a	-22240858f	-	885.0i	
						23748945f		
							998.94f	
Mg-stav.				44.307h				
Anortit	264.893a	61.898a	-64.601a	10.079a			205.4a	
albit(low)	258.2a	58.16a	-62.80a	10.007a	-3708313a	-3931621a	207.2a	623
(high)	258.2a	58.16a	62.80a	10.043a	-3700786a	-3920617a	218.8a	
Fe-biyotit	445.30a	124.6a	-80.79a	15.432a	-4799701a	-5155504a	398.3a	
Mg-biyot.	420.95a	120.4a	-89.96a	14.966a	-5841646a	-6226072a	318.4a	
Mg-klorit	671.53j	176.2a	-156.8a	20.711a	-8207765a	-8857377a	465.3a	
				21.1g	-8283000a	-8958489a	380.0a	
Fe-klorit	712.12j	183.1a	-145.5a	21.342a			595.7a	
Muskovit	408.19a	110.37a	-106.44a	14.071a	-5591083a	-5972275a	287.9a	
paragonit	407.6a	102.5a	-110.6a	13.253a	-5548034a	-5928573a	277.8a	
kalsit	104.52a	21.92a	-25.97a	3.6934a			92.68a	
zoisit	444.00a	105.50a	-113.57a	13.59a			295.98a	
grafit	16.86a	4.77a	-8.57a	0.52982a	0	0	5.7405a	
H2O	30.54a	10.29a	0	-	-228589a	-241818a	188.72a	
O2(g)	29.96a	4.18a	-1.67a	-	0	0	205.029a	
CO2(g)	44.22a	8.79a	8.62a	-	-394392a	-393522a	213.685a	
H2(g)	27.28a	3.26a	0.50a	-	0	0	130.54a	
CH4	23.64a	47.86a	-1.92a	-	-50739a	-74810a	186.155a	

$$Cp = a + bT + cT^2$$

a- Hedgeson ve diğ., 1978

b- Hedgeson ve diğ., 1978' den hesaplanan

c- Robie ve diğ., 1978

d- Robie ve diğ., 1978

e- Lang ve Rice, 1985

f- toplamdan hesaplanan

g- Lang ve Rice, 1985

h- Griffin ve Robie, 1973

i- Lang ve Rice, 1985

j- Toplamdan hesaplanan Cp

Çizelge 2. Metaperlitlerde gözlenen reaksiyonlar için denge sabitleri (Lang ve Rice, 1985)

Denge no	Denge	A	B	C	Kaynak
(1)	1/3Alm+1/3Mg-Biyo=1/3pirop+1/3Fe-biyo	-2089.04	0.782	-0.00956	a
(2)	Disten=sillimanit	-742.33	1.3034	-0.07045	b
(3a)	Almandin+3Rutil=3ilmenit+sillimanit+2kuvars	488.14	2.2381	-0.2346	c
(3b)	almandin+3rutil=3ilmenit+disten+2kuvars	1230.47	0.9347	-0.1672	c
(4)	3anortit=grossular+2disten+a-kuvars	5663.57	-18.1318	0.79624	c
(5)	almandin+grossular+muskovit=3anortit+Fe-biyo.	-8747.0	19.98	2.414-Vgr/R	d
(6)	paragonit+a-kuvars=albit+disten+H2O	-9383	18.01	0.1348	b
(7*)	1/2Fe-stav.+12.5kuvars=2/3alman.+23/6dist.+H2O	-13456.8	20.379	0.32414	c
(7**)		-7668.0	14.915	0.32414	c
(8)	C(grafit)+O2=CO2	47456	0.1193	0.06372	b
(9)	CO+1/2O2=CO2	34052	10.472		b,e
(10)	H2+1/2O2=H2O	29627	6.4238		b
(11)	CH4+2O2=CO2+2H2O	96175	0.1401		b
(12)	almandin+muskovit=Fe-biyo+2dist+kuvars	-2339.01	2.1317	-0.1173	b,c
(13)	3anort.+kalsit+H2O=2zoisit+CO2	8132.5	-14.14	0.8119	c
(14*)	3Fe-klar.+5musk.=5Fe-biyo.+8dist.+kuv.+12H2O	-128687	224.37	2.5011	b
(14**)		-92370	193.62	2.5011	b,c
(15)	Mg-klar.=forsterit+enstatit+spinel+H2O				
(16)	Mg-klar.+dolomit=spinel+forst.+kalsit+H2O+CO2				
(17)	Mg-klar.+musk.=Mg-biyo.+disten+kuvars+H2O				
(18)	1/5Mg-klar.+1/3Fe-biyo.=1/5Fe-klar.+1/3Mg-biyo.	-20.88	-0.0953	0.00348	f
(19)	1/5Mg-gran+1/4Fe-stav.=1/3Fe-gran.+1/4Mg-stav.	1787.8	-1.8627	0.00917	f

$$\ln K_n = (A_n/T) + B_n(C_n(P-1)/T) \text{ (bar, K)}$$

a: Ferry ve Spear, 1978

b: Heggelson ve diğ., 1978

c: Lang ve Rice, 1985

d: Hodges ve Crowley, 1985

e: Robie ve diğ., 1978

f: Lang ve Rice, 1985

$$3RT \ln K_1 = 12.454 - 4.662T(^{\circ}K) + 0.057P(\text{bar}) + \frac{3RT \ln K}{[Mg/Fe(\text{gr})]/[Mg/Fe(\text{bi})]}$$

$$K_1 = \frac{(X_{\text{pyr}})^{3*} (X_{\text{ann}})^3}{(X_{\text{phl}})^{3*} (X_{\text{alm}})^3}$$

$$X_{\text{phl}} = Mg / (Al_{\text{vi}} + Ti + Fe + Mn + Mg) \quad X_{\text{ann}} = Fe / (Fe + Mg)$$

$$X_{\text{pyr}} = Mg / (Fe + Mg + Mn + Ca) \quad X_{\text{alm}} = Fe / (Fe + Mg + Mn + Ca)$$

$$T(^{\circ}K) = \frac{2089 + 0.00956 P (\text{bar})}{0.780 - \ln K^*}$$

Newton ve Haselton (1981) :

$$T(^{\circ}K) = \frac{[1661 - 0.755T(K)] X_{\text{gr}}(\text{Ca}) + 2089 + 0.00956 P (\text{bar})}{0.7820 - \ln K^*}$$

Ganguly ve Saxena (1984)  $T(^{\circ}K) =$

$$\frac{W + FeMg[(X_{\text{Fe}} - X_{\text{Mg}}) - 0.8/R + 1510 X_{\text{CaGr}} + 2089 + 0.00956 P (\text{bar})]}{0.7820 - \ln K^*}$$

$$\ln K^* = \frac{X_{\text{Mg}}}{X_{\text{Fe}}} \frac{Gr^* X_{\text{Fe}}^{Bi}}{Gr^* X_{\text{Mg}}^{Bi}} = \ln \frac{(Mg/Fe)_{\text{Gr}}}{(Mg/Fe)_{\text{Bi}}}$$

Jeobarometre hesaplaması (Newton ve Haselton, 1981) ;

$$P = \frac{P_0 - RT \ln K}{V \Delta(\text{dis})}$$

$$P_0 = -1.17 + 0.0238 T (^{\circ}C)$$

Jeobarometre hesaplaması (Ghent ve Stout, 1981):

$$-1.802 P = 4124.4 - 22.061 T + RT \ln K_4$$

## Jeotermobarometre

Çizelge 3. Katı çözeltiler için aktivite / bileşim modelleri

Bileşen	aktivite modeli	kaynak
Almandin	$a_{alm} = (\gamma_{alm} \cdot X_{Fe}^{gra})^3; X_{Fe}^{gra} = Fe/(Fe+Mg+Mn+Ca)$ $\gamma_{alm} = \exp\left\{\frac{1}{RT} \cdot (-W_{CaMg} \cdot X_{Mg} \cdot X_{Ca})\right\}$ $W_{CaMg} = 13807 - 6.3T \text{ (joule, K)}$ <p>(bütün diğer W değerleri yaklaşık 0 dir)</p>	Newton ve Haselton (1981)
Pirop/Almandin	$a_{pir}/a_{alm} = (X_{Mg}^{gra} \cdot \gamma_{pir})^3 / (X_{Fe}^{gra} \cdot T_{alm})^3$ <p>(1) <math>\gamma_{pir} = \gamma_{alm} = 1.0</math>                  (2) <math>(\gamma_{pir}/\gamma_{alm}) = \exp\left\{\frac{1}{RT} \cdot (W_{FeMg}(X_{Fe} - X_{Mg}) + W_{Ca}X_{Ca} + W_{Mn}X_{Mn})\right\}</math>  <math>W_{Ca} = W_{CaMg} - W_{CaFe} = 12.55 \text{ kJ}</math>  <math>W_{Mn} = W_{MgMn} - W_{FeMn} = 12.55 \text{ kJ}</math>  <math>W_{FeMg} = 8.375 \text{ Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}) + 10.46 \text{ Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg}) \text{ kJ}</math>                  (3) <math>\gamma_{pir}/\gamma_{alm} = \exp\left\{\frac{1}{RT} \cdot (W_{CaMg} \cdot X_{Ca}^{gra})\right\}</math>  <math>W_{CaMg} = 13807 - 6.3T \text{ (joule)}</math></p>	ideal Ganguly ve Saxena (1984)
Fe-biyotit Mg-biyo Grossular	$a_{Fe-biyo} = (X_{Fe}^{biyo})^3; X_{Fe}^{biyo} = Fe/(Fe+Mg+Mn)$ $a_{Mg-biyo} = X_{Mg}^{biyo}$ $a_{gro} = \gamma_{gro} \cdot X_{Ca}^{gra}$ $\gamma_{gro} = \exp\left\{\frac{[W_{CaMg} \cdot (X_{Mg}^2 + X_{Mg} \cdot X_{Fe})]}{RT}\right\}$ $W_{CaMg} = 13807 - 6.3T \text{ (joule)}$	ideal Newton ve Haselton (1981) Hodges ve Spear (1982)
Anortit	$a_{an} = \left\{ \frac{[X_{Ca}^{Pl} (1 + X_{Ca}^{Pl})^2]}{4} \right\} \exp\left\{ \frac{[(1 - X_{Ca}^2)]}{T} \cdot (1032 + 4726 X_{Ca}) \right\}$ $X_{Ca}^{Pl} = Ca/(Ca+Na+K)$	Newton ve Haselton (1981)
Albit Paragonit	$a_{alb} = X_{Na}^{Pl}; \tau_{alb} = 1.0$ $a_{pa} = \gamma_{pa} \cdot X_{Na}^{mus} \cdot (X_{Al}^{vi})^2 \cdot X_{OH}^2$ <p>(1) <math>\gamma_{pa} = \exp\left\{\frac{1}{RT} \cdot [X_{Na}^{mus} (W_{pa} + 2(W_{mus} - W_{pa})X_{pa})]\right\}</math>  <math>X_{pa} = X_{Na}^{mus}; X_{Na}^{mus} = Na/(Na+K); X_{mus} = 1 - X_{pa}</math>                  (2) <math>\gamma_{pa} = \exp\left\{\frac{1}{RT} \cdot [X_{Na}^{mus} W_{pa} (1 - 2X_{pa}) + 2W_{mus} X_{pa} X_{mus} (1 - X_{pa}) - 2X_{Na}^{Kcel} X_{Kcel} (W_{mus} X_{Na}^{Kcel} + W_{pa} X_{Kcel})]\right\}</math>  <math>X_{pa} = X_{Na}^{mus}; X_{Na}^{mus} = Na/(Na+K); X_{mus} = 1 - X_{pa}</math>  <math>X_{mus} = (1 - X_{Na}^{mus}) \cdot (1 - X_{Mg}^{Fe})</math>  <math>X_{Na}^{Kcel} = X_{Na}^{mus} \cdot (X_{Mg}^{Fe})</math>  <math>X_{Kcel} = (1 - X_{Na}^{mus}) \cdot (X_{Mg}^{Fe})</math>  <math>W_{pa} = 12957 + 0.3138P + 0.710T \text{ (joule, bar, K)}</math>  <math>W_{mus} = 18016 + 0.2389P + 1.6543T \text{ (joule, bar, K)}</math></p>	Orville (1972) Pigage ve Greenwood (1982) Pigage ve Greenwood (1982)
Fe-stavrolit	$a_{sta} = X_{Fe}^{sta} = [Fe/(Fe+Mg+Mn+Zn)]^4$	ideal
Zoisit	$a_{zo} = X_{zo}$ $X_{zo} = (Al^{VI-2}) / [(Al^{VI-2}) + Fe^{3+} + Mn + Mg]$	ideal

**Çizelge 4.** Amfibolit örneğindeki hornblend ve plajiyoklazlar dan elde edilen EMA analiz sonuçları ve katyon değerler (Örnek no: MA-472)

Hornblendler/Hornblendes								
Oksit Oxide	1	2	4	6	7	9	12	13
K <sub>2</sub> O	0.77	1.09	0.95	0.80	1.23	0.82	1.32	1.06
NiO	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.08	0.04	0.00
Na <sub>2</sub> O	1.50	1.80	1.67	1.50	1.85	1.56	1.72	1.77
CaO	11.53	11.87	11.79	11.83	11.62	11.51	11.59	11.71
FeO	14.50	16.42	15.05	16.29	16.28	15.69	16.39	16.32
MgO	12.45	11.18	12.02	12.55	11.00	11.89	11.19	11.18
TiO <sub>2</sub>	0.65	1.10	0.68	0.64	0.94	0.58	0.66	0.72
MnO	0.39	0.42	0.35	0.29	0.28	0.20	0.29	0.18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.08	10.82	9.73	9.35	11.20	9.84	10.18	11.05
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02	0.08	0.01	0.00	0.00	0.11	0.00	0.11
SiO <sub>2</sub>	43.97	42.21	43.05	44.15	42.02	43.53	41.91	42.49
H <sub>2</sub> O	1.96	1.97	1.95	1.99	1.96	1.97	1.93	1.97
Toplam	96.82	98.95	97.39	99.38	99.38	97.77	97.22	98.56

Katyonlar/Cations								
	1	2	4	6	7	9	12	13
K	0.15	0.21	0.18	0.15	0.24	0.16	0.26	0.20
Ni	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Na	0.44	0.52	0.49	0.43	0.54	0.45	0.51	0.52
Ca	1.89	1.93	1.93	1.90	1.90	1.87	1.92	1.90
Fe	1.85	2.08	1.92	2.04	2.07	1.99	2.12	2.07
Mg	2.83	2.53	2.74	2.81	2.50	2.70	2.58	2.53
Ti	0.07	0.12	0.07	0.07	0.10	0.06	0.07	0.08
Mn	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02
Al	1.63	1.94	1.75	1.65	2.01	1.76	1.85	1.99
Si	6.72	6.42	6.59	6.63	6.42	6.63	6.49	6.46
OH	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Top.	16.67	16.84	16.78	16.75	16.85	16.71	16.88	16.81

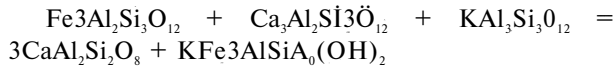
Plajiyoklazlar/Plagioclases				Katyon Cation					
Oksit/oxide	3	5	10	11	3	5	10	11	
K <sub>2</sub> O	0.31	0.29	0.33	0.39	K	0.018	0.017	0.019	0.022
Na <sub>2</sub> O	6.91	6.64	7.11	7.22	Na	0.61	0.58	0.62	0.64
CaO	7.39	7.77	7.46	6.81	Ca	0.36	0.38	0.36	0.33
FeO	0.27	0.08	0.10	0.18	Fe	0.010	0.003	0.003	0.006
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.26	26.01	25.37	24.41	Al	1.36	1.39	1.36	1.32
SiO <sub>2</sub>	57.08	57.02	57.67	57.92	Si	2.62	2.60	2.62	2.66
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.05	0.08	0.10	0.11	Cr	0.001	0.003	0.003	0.003
Top.	97.36	98.08	98.18	97.16	Top.	5.00	4.99	5.01	5.00

$$\ln K_4 = \frac{(X_{an})^3 (X_{ann})^3}{(X_{ms}) (X_{gr})^3 (X_{alm})^3}$$

$$X_{ms} = Al^{VI} / (Al^{VI} + Ti + Fe + Mn + Mg), X_{gr} = Ca / (Fe + Mg + Mn + Ca), X_{an} = Ca / (Ca + Na + K)$$

Granat - muskovit - biyotit - plajiyoklaz jeotermobarometresi yöntemi

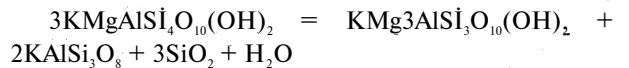
Birlikte oluşan granat - muskovit - plajiyoklaz - biyotit topluluğu aşağıdaki dengeyle ilişkilidir:



Bu denge basınca duyarlı ve fH<sub>2</sub>O dan bağımsızdır (Lang ve Rice, 1985). Bu denge, aynı zamanda, alüminyum silikat polimorflarından yoksun topluluklara uygulanır (Ghent ve Stout, 1981; Hodges ve Crowley, 1985). Bu durumda, yukarıda belirtilen topluluktaki minerallerin kimyasal bileşimlerinden gidilerek basınç ve sıcaklık hesaplamaları yapılabilmektedir. Bu yöntemde jeotermometre hesaplamaları için Feiry ve Spear (1978) hesaplama yöntemi ve jeobarometre hesaplamaları için ise Ghent ve Stout (1981) hesaplama yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde, toplulukta alüminyum silikat polimorfu bulunmadığı için Newton ve Haselton (1981) yöntemi kullanılmamaktadır.

Biyotit - muskovit - klorit - kuvars jeotermobarometresi

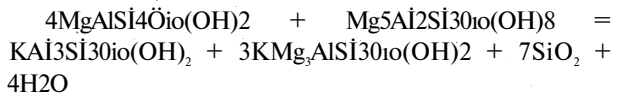
Bilindiği gibi fillosilikatlarda oktaedrik ve tetraedrik boşluklar belli katyonlar tarafından doldurulmaktadır. Bu boşlukları Al elementinin doldurması ise metamorfizma açısından bazı önemli ipuçları verebilmektedir. Oktaedrik boşluklarında alüminyum içeren mineraller, tetraedrik boşluklarında alüminyum içeren minerallerden daha yüksek basınçlarda duraylı olmaya eğilimlidirler, Muskovitün uç üyesi olan Mg«Al seladonit (KMgAlSi<sub>4</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub>) hiçbir tetraedrik alüminyum içermemektedir. Dolayısıyla seladonit uç üyesi, yüksek basınçlarda, muskovitte daha önemli miktarlarda bulunabilir. Bu karşılaştırma, seladonitin jeobarometre olarak kullanılabilmesini mümkün kılmaktadır. Seladonit baklandaki termodinamik verilerle (Velde, 1965) kuvars, alkali feldispat (ortoklaz), muskovit (muskovit ve seladonit uç üyeleri), biyotit (filogopit uç üyesi) ve klorit (klinoklor uç üyesi) minerallerini içeren reaksiyonlardan gidilerek jeobarometrik hesaplamalar yapılabilirlerdir. Bu reaksiyonlardan jeobarometre hesaplamalarında kullanılan en önemli iki reaksiyon şunlardır:

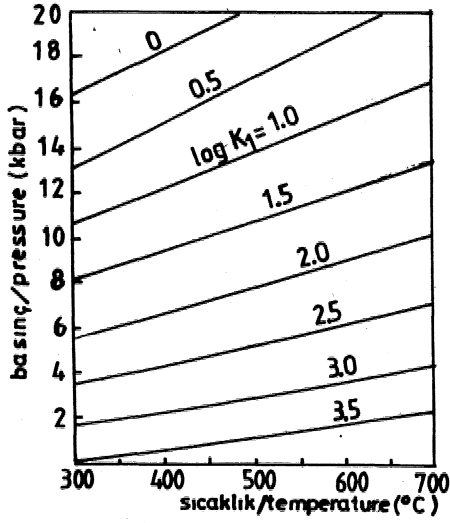


Bu reaksiyonun K<sub>1</sub> denge sabiti minerallerin aktivitelelerinden gidilerek aşağıdaki biçimde hesaplanmaktadır. İdeal durumlarda a (aktivite) değerleri X (bileşim) değerlerine eşittir.

$$\log K_1 = \log a_{K_1} + \log a_{H_2O} + 2 \log a_{K_2} + 2 \log a_{K_3} + 2 \log a_{K_4} + 3 \log a_{K_5}$$

Burada hesaplanan değerler Şekil 4'e aktarıldığında metamorfizma basınç ve sıcaklık değerleri bulunabilmektedir (Nurmien, 1987),





Şekil 4. Klorit ve muskovitin bulunmadığı denge 1 için denge sabiti konturları (Nurminen, 1987).

Bu reaksiyonun denge sabiti ise

$$\ln K = \frac{X_{\text{mus}} \cdot X_{\text{phl}} \cdot T^3}{X_{\text{cel}}^4 \cdot X_{\text{clin}}} \text{ dur.}$$

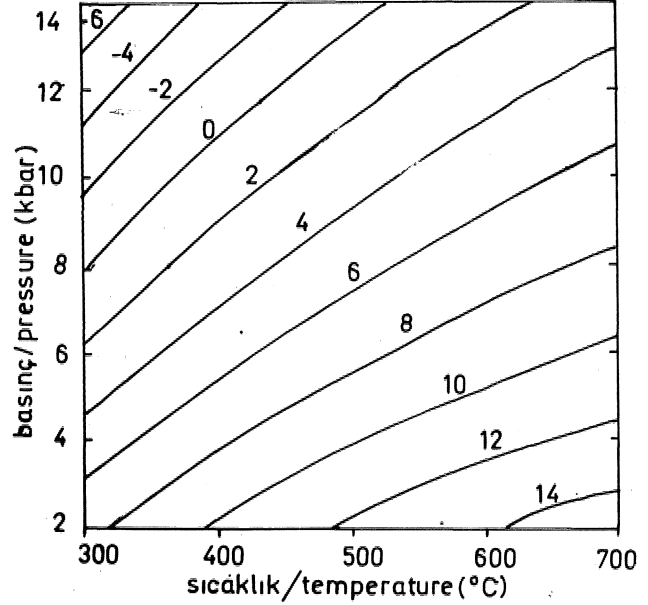
Kayaçta belirlenen biyotit\* muskovit ve klorit minerallerinin kimyasal bileşimlerinden gidilerek elde edilen lnK değerleri Şekil 5' deki diyagrama aktarılarak bu reaksiyonun gerçekleştiği basınç ve sıcaklık koşulları hakkında bilgi edinilmektedir (Powell ve Evans, 1983). Aynı reaksiyon için Nurminen (1987) tarafından hesaplanan logK(Δ) değerleri için P-T diyagramı Şekil 6' da görülmektedir.

$$\text{LogK(kfs)} = -\log a_{\text{hl}} - 4 \log a_{\text{cel}} + 7 \log a_{\text{qtz}} + \log a_{\text{mus}} + 3 \log a_{\text{phl}} + 4 \log a_{\text{H}_2\text{O}}$$

Fenjit jeotermobarometresi

Fenjit, bilindiği gibi muskovit - seladonit katı çözelti serisinin orta üyesidir ve kimyasal bileşimi;

$(\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2 - \text{K}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2)$  şeklindedir. Bu mineralin P-T duraylıklar hakkındaki deneysel gözlemler Velde (1965) tarafından yapılmıştır. Crowley ve Roy (1964), yaptıkları deneysel çalışmalarda  $\text{K}_2\text{O} - \text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$  (KMASH) sisteminde ideal muskovitten fenjite kadar bir kanşabilirlik aralığı tanımlamışlardır, Yaklaşık



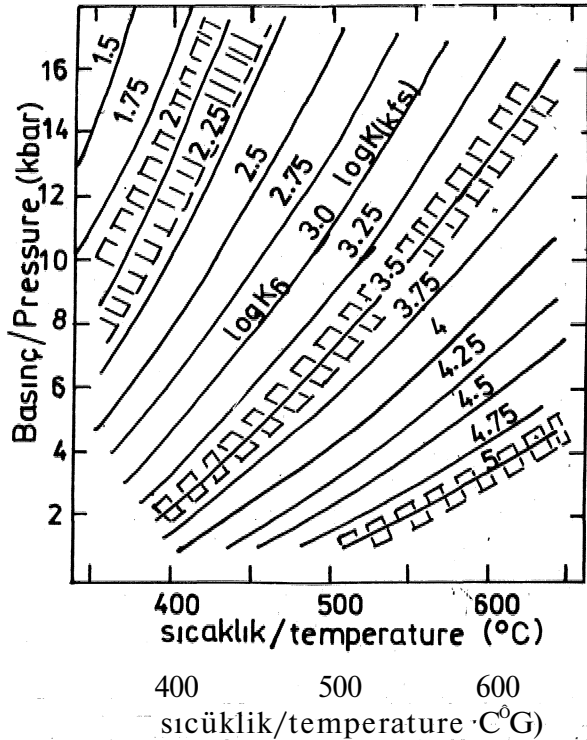
Şekil 5. (2) notu dengenin lnK değeri için kanıtlanmış basınç-sıcaklık diyagramı.

400°C ye kadar değişen sıcaklık ve 4 kbar gibi uygulanan deneysel koşullarda birim formülde fenjitteki Si - 3.5 tir. Velde (1965, 1967), muskovitten Al - seladonite kadar artan basınç ve artan sıcaklıkla karışabilirliği ve bu değerln jeotermobarometre olarak kullanılabilirliğini belirlemiştir, Ayrıca, değişen P-T koşullarıyla duraysız olan fenjitlerin K -feldispat, filogopit, kuvars, su ve Si' ce daha fakir fenjite ayrıştığı belirlenmiştir (Velde 1965, 1967), Velde (1965)' nin elde ettiği sonuçlar, esas olarak düşük sıcaklıklarda, metamorfik kayaçlarda bulunan doğal fenjitlerin oluşumuyla uyum içerisindedir, Muskovitler ise görel olarak orta - yüksek sıcaklıklarda oluşan kayaçlar için tipiktir (Ernst, 1963), Yaklaşık %70 kadar yüksek bir seladonit içeriğine sahip fenjitler ise, mavişist fasiyesi kayaçlarındaki gibi, yüksek basınç metamorfik kayaçlarda görülür. •

Fenjit jeotermobarometresi Velde (1967) tarafından önerilmiş ve P-T diyagramında beyaz mikalardaki maksimum Si içeriği eğrileriyle gösterilmiştir, Ancak, maksimum Si içeriğine sahip fenjit, yalnızca K - feldispat, kuvars ve trioktaedrik mika ile beraber oluştuğunda gözlenmektedir (Masonne ve Schreyer, 1987).

Sonuç olarak, fenjitlerin kimyasal bileşiminden elde edilen Si değerleri P-T diyagramına aktarılarak (Şekil 7) metamorfizma koşulları belirlenmektedir.





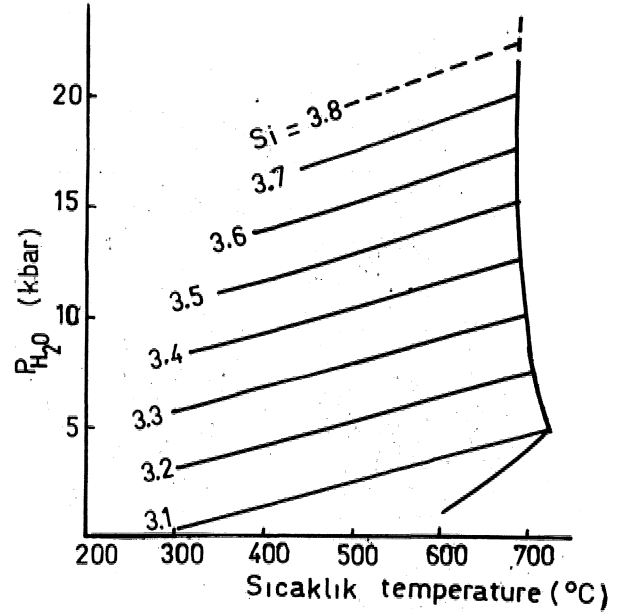
Şekil 6» K-Feldispatın bulunmadığı denge için denge sabiti konturları (Taranmış tısunuar, Log K= 2,0, 3,3 ve 5,0 için hata bantlarıdır, Nurmirmn, 1987),

YILDIZELİ METASEDİMANTER GRUBUNDA YAPILAN

JEOTERMOBAROMETRE ÇALIŞMALARI

Yıldızeli yöresinde yüzeyleyen metamorfizma koşullarını belirlemek amacıyla derlenen kayaç örnekleri üzerinde mineralojik bileşim ve minerallerin birbirleriyle olan dokanak ilişkileri gözönüne alınarak jeotermobarometrik çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Alpaslan, 1993). Bu örneklerde yapılan çalışmalar sonucunda MA - 472 nolu örnekte plajiyoklaz - hornblend, MA - 299 nolu örnekte granat - muskovit - biyotit - plajiyoklaz, MA - 413 nolu örnekte granat - muskovit - biyotit - plajiyoklaz - dişten ve MA - 141 nolu örnekte ise muskovit \* biyotit - klorit ve granat - muskovit - biyotit - klorit jeotermobarometresi çalışmaları yapılmıştır.

Sıcaklık belirlemeleri: Birlikte oluşan granat ve biyotit mineralleri arasındaki dengelenme sıcaklığı Ferry ve Spear (1978) ve Newton ve Haselton (1981) jeotermometre hesaplamalarına göre Fe - Mg değişimi kullanılarak hesaplanmıştır. Beraber oluşan biyotit ve klorit arasındaki Fe - Mg değişimi de diğer bir termometre olarak (Grambling, 1990) kullanılmıştır. Amfibolitler-



Şekil 7. K-feldispat-kuvars-filogopit içeren toplulukta, fenjitin birim formülündeki Si içeriğini gösteren basınç-sıcaklık diyagramı (Masonne ve Schreyer, 1987'den sadeleştirilerek alınmıştır).

de ise amfiboldeki Al içeriği ve plajiyoklazlardaki Ca/Na oranı jeotermobarometre (Plyusnina, 1982) olarak kullanılmıştır,

Basınç belirlemeleri: Metapelitik kayaçlarda yapılan çalışmalarda (Alpaslan, 1993) jeobarometre için üç metodun kullanılabileceği belirlenmiştir:

- Granat-Al-silikat-plajiyoklaz (GASP) jeobarometresi (Newton ve Haselton, 1981),

- Al-silikat minerallerinin bulunmadığı topluluklarda granat-muskovit-biyotit-plajiyoklaz jeobarometresi (Ghent ve Stout, 1981)

\* Fenjit-klorit-biyotit jeobarometresi (Powell ve Evans, 1983)

Plajiyoklaz - Hornblend Jeotermobarometresi

MA - 472 nolu örnekte yapılan EMA analiz sonuçlarından (Çizelge 4) gidilerek hesaplanan plajiyoklazlardaki Ca/Na oranları ve hornblendlerdeki Al içeriği hesaplanarak ilişkili diyagrama aktarılmış (Şekil 8) ve amfibolitlerde eticinin olan basınç sıcaklık koşulları belirlenmiştir. Şekil 8'de MA - 472 nolu örneğin etkileyen metamorfizma koşullarının 545 - 560°C ve 3,64 - 4,72 kbar arasında değiştiği görülmektedir.

Granat - muskovit « plajiyüklaz \* dišten  
jeotermobarometreii

MA•- 413 nolu örnekte bulunan granat, muskovit, biyotit ve dišten minerallerinin EMA analiz sonuçlarından (Çizelge 5) elde edilen parametreler, metin içerisinde verilen hesaplama yöntemi ile ilgili formüllerde yerine konularak, bu kayaç örneğinin aşağıdaki basınç - sıcaklık koşullarında metamorfizmaya uğradığı belirlenmiştir:

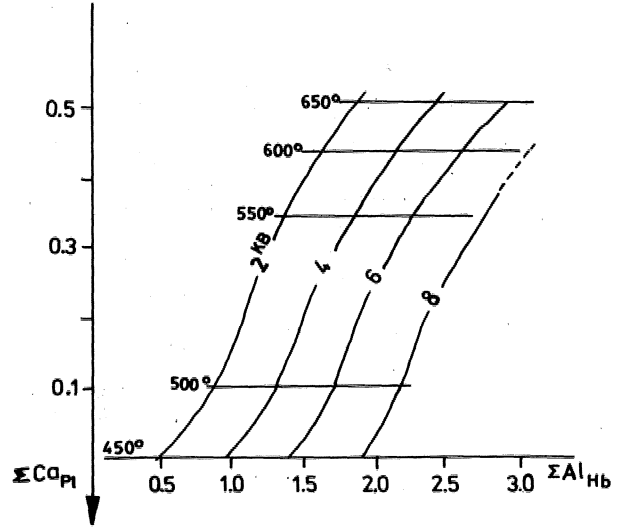
sıcaklık (°C)	basınç (bar)
551-489	5365 - 6770
(Ferry ve Spear, 1978)	(Ghent ve Sout, 1981)
572-500	5560-7496
Newton ve Haselton, 1981)	
555-489	5240-7040
(Ferry ve Spear, 1978)	(Newton ve Haselton, 1981)

Granat - muskovit - biyotit - plajiyoklaz  
jeotermobarometresi

MA - 299 nolu kayaç örneğinde gözlenen granat, muskovit, biyotit ve plajiyoklaz minerallerinde yapılan EMA analiz sonuçları (Çizelge 6) yardımıyla hesaplanan parametreler ilgili formüllerde yerine konularak bu örnekte etkin olan basınç ve sıcaklık koşulları belirlenmiştir. Bu örnekte, sıcaklık belirlemeleri Ferry ve Spear (1978)' e göre, basınç belirlemeleri ise Ghent ve Stout (1981)' e göre saptanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda örneğin 667-612°C sıcaklık ve 7505-8673 bar basınç koşullarında metamorfizmaya uğradığı belirlenmiştir,

Muskovit - biyotit - klorit jeotermobarometresi

MA -141 nolu örnekte gerçekleştirilen çalışmalarda, bu kayaç örneğinde klorit - muskovit - biyotit jeotermobarometresi yönteminin uygulanabileceği belirlenmiştir. Bu amaçla, örnek içerisinde gözlenen klorit - biyotit - muskovit minerallerinin kimyasal bileşimi EMA yöntemiyle belirlenmiştir (Çizelge 7), Analiz sonuçlarından gidilerek hesaplanan lnK değeri 1L4529-1L4338 arasında bulunmuştur. Bu değer, Şekil 9' da verilen diyagrama aktarıldığında; örneğin etkileyen basıncın 5,0 kbar vge sıcaklığı ise 450°C olduğu belirlenmiştir.



Şekil 8, MA\*472 nolu örnekteki plajiyoklaz ve hornblend minerallerinin kimyasal bileşimlerinden belirlenen değerlerin P-T diyagramındaki gösterimi (taralı alan),

Yıldızeli Yöresinin Metamorfik Evrimi

Yıldızeli yöresinde yapılan jeotermobarometre çalışmaları sonucu elde edilen basınç-sıcaklık değerleri tek bir diyagram üzerine aktarılarak (Şekil 10) yöre için metamorfik basınç-sıcaklık yolu belirlenmiştir. Buna göre; ilk metamorfik evre oldukça yüksek bir basınç aralığı ile belirlenmektedir. Daha sonra ise metamorfizma koşullarında bir düşme görülmektedir. Bu düşüşün ise, metamorfitlerin sığ kabuksal düzeylere yükselimi sırasında oluşan dekompresyondan kaynaklanabileceği söylenebilmektedir.

#### KAYNAKLAR

- Agrinier P, Javoy M,-Smith DC, Pineau F, 1985, Carbon and oxygen isotopes in eclogites, amphibolites, veins and marbles from the Gneiss region, Norway, Chemical Geol 52; 145-162
- Ahn, J,K and Peacor, D.R., 1986, Transmission and analytical electron microscopy of the smectite-illite transition. Clays and Clays Minerals, 34, 145462
- Alpaslan, M, 1993, Yıldızeli yöresi (Sivas batısı) Metamorfitlerinin Petrolojik İncelenmesi, C,Ü, Fen-Bilimleri Enst., Doktora tezi, 359 s. (yayımlanmamış).

Çizelge 5. MA-413 nolu örnekten elde edilen analiz sonuçları

Oksit/oxide	Biyotit Biotite		Muskovit Muscovite		Granat Garnet		Plajiyoklaz Plagioclase	
	19	17	2	11	9	14	4	5
SiO2	35.33	32.78	45.49	43.93	38.15	37.41	62.67	61.44
TiO2	1.71	1.46	0.64	0.58	0.00	0.00	0.11	0.00
Al2O3	19.28	18.78	36.25	35.24	21.81	21.80	23.14	23.41
FeO	16.44	18.05	1.06	1.67	36.19	29.52	0.00	0.00
MnO	0.00	0.17	0.00	0.00	0.61	4.12	0.00	0.00
MgO	9.61	8.75	0.58	0.62	3.36	1.81	0.00	0.00
CaO	0.26	0.22	0.00	0.00	1.95	5.75	4.34	3.95
Na2O	0.21	0.12	0.96	0.96	0.00	0.00	9.02	8.77
K2O	8.94	8.85	10.63	10.35	0.00	0.00	0.10	0.13
Top.	91.78	89.18	95.61	93.95	102.07	100.41	99.38	97.70
tox	4.655	4.887	3.993	4.108	9	10	2.672	2.714
Kation								
Si	5.505	5.328	6.046	6.002	5.992	5.968	2.785	2.775
Ti	0.199	0.178	0.064	0.059	0.001	0.002	0.003	0.000
Al	3.520	3.598	5.678	5.675	4.038	4.098	1.212	1.246
Fe	2.129	2.453	0.118	0.191	4.754	3.938	0.000	0.000
MnO	0.002	0.024	0.000	0.000	0.080	0.556	0.003	0.000
Mg	2.220	2.120	0.115	0.116	0.786	0.430	0.000	0.000
Ca	0.042	0.038	0.000	0.000	0.328	0.983	0.206	0.191
Na	0.062	0.038	0.246	0.267	0.004	0.000	0.777	0.768
K	1.767	1.835	1.801	1.804	0.000	0.000	0.005	0.007
Top.	17.44	17.62	16.07	16.12	15.98	15.97	4.991	4.987

$$\begin{aligned} \text{Mg/Fe}_{(gr)} &= 0.166 - 0.109 & \text{Mg/Fe}_{(bi)} &= 1.041 - 0.855 \\ \text{LnKd}_{(gr/bi)} &= -1.8359 - 2.0597 & \text{P}_{(bar)} &= 7.000 - 8.000 \\ \text{X}_{Ca(gr)} &= 0.055 - 0.167 & \text{X}_{Alm} &= 0.799 - 0.666 \\ \text{X}_{(gro)} &= 0.055 - 0.167 & \text{X}_{An(plj)} &= 0.209 - 0.198 \\ \text{LnK}_4 &= 2.68 - 0.321 \end{aligned}$$

Termometre hesaplaması

$$\begin{aligned} &\text{Ferry ve Spear (1978)} \\ 0 &= 12.454 - 4.662T(^{\circ}\text{K}) + 0.057P_{(bar)} + \{(3RT \ln K_1) / (\text{Mg/Fe}_{(gr)} / \text{Mg/Fe}_{(bi)})\} \\ &\text{Newton ve Haselton (1981)} \\ T(^{\circ}\text{K}) &= [1661 - 0.755T(^{\circ}\text{K}) * X_{gr(Ca)} + 2089 + 0.00956P_{(bar)}] / (0.7820 - \ln K^*) \end{aligned}$$

Jeobarometre hesaplaması

$$\begin{aligned} &\text{Newton ve Haselton (1981)} \\ P &= (P_0 - RT \ln K) / VA_{(dia)} \quad P_0 = -1.17 + 0.0238 T (^{\circ}\text{C}) \\ &\text{Ghent ve Stout (1981)} \\ -1.802P &= 4124.4 - 22.061 T + RT \ln K_4 \end{aligned}$$

Anderson DJ, Lindsley DL 1988, Internally consistent solution models for Fe\*Mg-Mn=Ti oxides: Fe-Ti oxides, Am Mineral 73; 714-726

Anovitz LM, Essene EJ 1987a, Phase equilibria in the system CaCO<sub>3</sub>-MgCO<sub>3</sub>-FeCO<sub>3</sub>, J Petrol 28, 389-414

Anovitz LM, Essene EJ 1987b, Compatibility of geobarometers in the system CaO-FeO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> (CFAST): implications for garnet mixing models. J Geol 95: 633-645

Anovitz LM, Essene EJ 1989, Thermobarometry and pressure-temperature paths in the Greenville Province of Ontario, J Petrol

Aranovich LY, Podlesskii KK (1983) The cordierite-garnet-sillimanite equilibrium experiments and applications. In: Saxena SK (ed): Kinetics and

Çizelge 6. MA-299 nolu örnekten elde edilen EMA analiz sonuçları

Oksit Oxide	Biyotit Biotite		Muskovit Muscovite		Granat Garnet		Plajiyoklaz Plagioclase	
	29	26	5	23	32	28	1	11
SiO2	35.37	36.97	65.95	65.46	44.19	45.43	35.90	38.48
TiO2	1.14	1.67	0.00	0.00	0.55	0.54	0.00	0.04
Al2O3	18.11	20.22	19.61	19.25	33.60	34.08	20.63	22.45
Cr2O3	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00
FeO	13.13	11.94	0.25	0.00	2.49	2.70	15.13	15.98
MnO	0.68	0.65	0.09	0.11	0.13	0.14	21.65	21.33
MgO	13.33	13.97	0.00	0.00	0.77	0.81	3.22	3.35
CaO	0.11	0.00	0.63	0.50	0.00	0.00	0.73	1.16
Na2O	0.15	0.00	10.79	10.72	0.52	0.50	0.00	0.00
K2O	10.02	9.64	0.18	0.18	10.89	10.70	0.00	0.00
Top.	92.04	95.21	97.50	96.22	92.62	94.61	97.26	102.79
tOX	4.637	4.410	2.699	2.729	4.146	4.076	10	9
Kation								
Si	2.729	2.713	2.962	2.974	3.049	3.055	5.948	5.982
Al <sup>IV</sup>	1.271	1.287	0.00	0.00	0.951	0.945	0.00	0.00
Al <sup>VI</sup>	0.376	0.462	1.038	1.031	1.782	1.780	4.029	4.114
Cr	0.000	0.009	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000
Fe <sup>2+</sup>	0.847	0.733	0.009	0.000	0.144	0.153	2.097	2.078
Mn	0.044	0.040	0.003	0.004	0.008	0.008	3.036	2.806
Mg	1.533	1.528	0.000	0.000	0.079	0.082	0.795	0.776
Ca	0.009	0.000	0.030	0.024	0.000	0.000	0.130	0.194
Na	0.022	0.000	0.940	0.944	0.070	0.066	0.000	0.000
K	0.986	0.903	0.010	0.010	0.959	0.926	0.000	0.000
Ti	0.066	0.092	0.000	0.000	0.029	0.028	0.000	0.005
Top.	7.883	7.767	4.992	4.987	7.070	7.049	16.035	15.955

$$\begin{aligned} \text{Mg/Fe}_{(gr)} &= 0.379 - 0.374 & \text{X}_{Alm} &= 0.346 - 0.355 \\ \text{Mg/Fe}_{(bi)} &= 1.717 - 1.976 & \text{X}_{gr} &= 0.021 - 0.033 \\ \text{LnKd}_{(gr/bi)} &= -1.5822 - -1.6645 & \text{X}_{An(plj)} &= 0.031 - 0.025 \\ \text{P}_{(bar)} &= 7.000 - 8.000 & a_{bi} &= 0.043 - 0.032 \\ \text{X}_{Ca} &= 0.031 - 0.025 & a_{Mn} &= 0.602 - 0.324 \\ \text{X}_{pir} &= 0.131 - 0.133 & \ln K_4 &= 1.654 - -0.130 \end{aligned}$$

Termometre hesaplaması: Ferry ve Spear (1978) ve Newton ve Haselton (1981)  
Jeobarometre hesaplaması: Newton ve Haselton (1981) ve Ghent ve Stout (1981)

equilibrium in mineral reactions. Springer, Berlin Heidelberg New York pp, 173-198

Berman RG, Engi M, Greenwood HJ, Brown TH 1986, Derivation of internally consistent thermodynamic data by the technique of mathematical programming: a review with application to the system MgO-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O. J Petrol 27, 1331-1364

Bohlen SR, Boettcher Al 1981, Experimental investigations and geological applications of orthopyroxene geobarometry. Am Mineral 66, 951-964

Bohlen SR, Boettcher Al 1982, The quartz-coesite transformation: a precise determination and the effects of other components. J Geophy Res 87, 7073-7078

Bohlen SR (1987) Pressure-temperature-time paths and a tectonic model for the evolution of granulites.

Çizelge 7.S MA-141nolu örnekten elde edilen EMA analiz sonuçları

Oksit/oxide	Biyotit/biotite			Klorit/chlorite			Muskov./musc.	
	23	18	19	6	10	7	9	19
SiO2	36.52	40.66	30.29	32.59	38.03	38.68	46.50	45.27
TiO2	0.97	0.28	0.13	0.00	0.05	0.06	0.11	0.36
Al2O3	17.42	29.47	18.48	27.64	31.17	33.08	33.57	31.86
Cr2O3	0.97	0.28	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
FeO	10.14	5.05	13.48	4.06	5.72	2.15	1.99	2.43
MnO	0.34	0.28	0.35	0.31	0.23	0.06	0.33	0.07
MgO	15.54	7.00	19.40	8.27	10.86	4.00	1.25	1.10
CaO	0.00	0.10	0.50	0.31	0.41	0.18	0.00	0.02
Na2O	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.19	1.12
K2O	9.40	5.83	1.50	0.01	0.01	0.02	7.30	9.63
Top./total	90.63	88.67	84.33	92.19	86.48	88.23	92.24	91.93
tOX	4.60	4.33	4.88	6.45	5.50	5.84	4.07	4.17
Katyon/Cation								
Si	2.79	2.93	2.46	3.50	3.48	3.76	3.15	3.14
Al <sup>iv</sup>	1.20	1.06	1.54	0.50	0.51	0.23	0.84	0.85
Al <sup>vi</sup>	0.37	1.43	0.22	2.99	2.84	3.55	1.84	1.74
Fe <sup>2+</sup>	0.65	0.30	0.91	0.36	0.43	0.17	0.17	0.14
Mn	0.022	0.017	0.024	0.028	0.018	0.005	0.019	0.004
Mg	1.77	0.75	2.34	1.32	1.48	0.58	0.12	0.11
Ca	0.00	0.008	0.044	0.036	0.04	0.019	0.00	0.001
Na	0.045	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.157	0.151
K	0.919	0.536	0.155	0.001	0.001	0.002	0.632	0.853
Ti	0.056	0.015	0.008	-	-	-	-	-
Cr	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.004
Top./Total	7.84	7.07	7.72	8.75	8.83	8.33	6.89	7.03

LnK = 11.4529 - 11.4338

$\ln K = (X_{mus} * X_{phl}^3) / (X_{cel}^4 * X_{clin})$

$X_{cel} = 4 X_{K,A} * X_{Mg,Mi} * X_{Al,Mi} * X_{\square,M2} * X_{Si,T}^4 * X_{OH,V}^2$

$X_{mus} = 9.38 X_{K,A} * X_{Al,Mi}^2 * X_{\square,M2} * X_{Al,T} * X_{Si,T}^3 * X_{OH,V}^2$

$X_{phl} = 9.38 X_{K,A} * X_{Mg,Mi}^2 * X_{Mg,M2} * X_{Al,T} * X_{Si,T}^3 * X_{OH,V}^2$

$X_{clin} = 64 X_{Mg,M2}^3 * X_{Mg,Mi}^2 * X_{Al,Mi} * X_{Al,T} * X_{Si,T}^3 * X_{OH,V}^8$

J Géol. 24, 617-632

Bohlen SR, Wall VJ, Boettcher AL 1983a, Experimental investigations and geologic applications of equilibria in the system FeO-TiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O. Am Mineral 68, 1049-1058

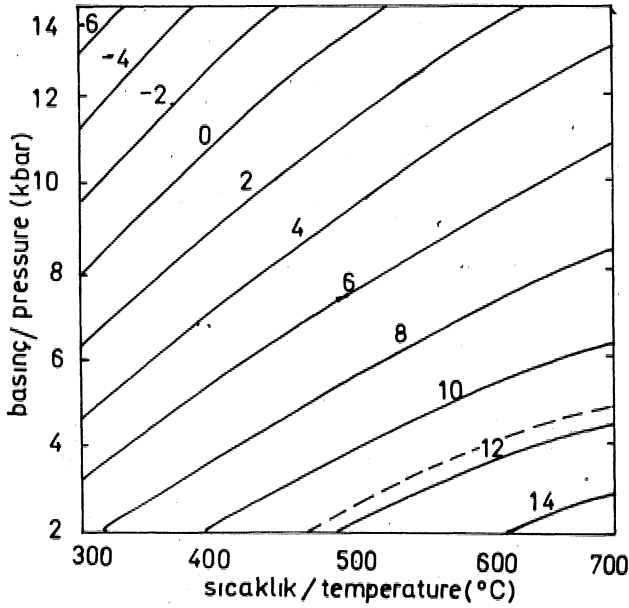
-----, -----, ----- 1983b, Experimental investigations and application of garnet granulite equilibria. Contr Mineral Petrol 83, 52-61

-----, -----, ----- 1983c, Geobarometry in

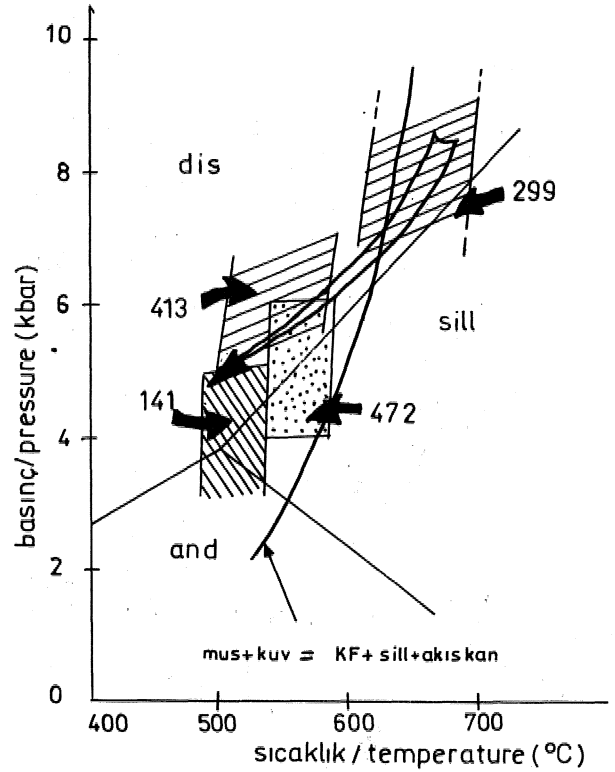
granulites. In: Saxena, SK (ed) Kinetics and equilibrium in mineral reactions, advances in Physical Geochemistry, 3, pp. 141-172. Springer-Verlag, New York

-----, Dietz JM, Zec CP, Governale RC 1986a, Thermobarometer for corundum-bearing pelites. Geol Soc America Abstracts with programmes, 18, 545

-----, Liotta JJ 1986, A barometer for garnet amphi-



Şekil 9, MA-141 nolu örnekte muskovit, biyotit ve klorit minerallerinin kimyasal analizlerinden hesaplanan  $\ln K$  değerinin Muskovit (sela) + klorit = muskovit + biyotit + kuvars f su reaksiyonu için hazırlanan P-T diyagramında/d konumu,



Şekül 10, Analiz edilen örneklerden elde edilen basınç ve sıcaklık değerlerini gösteren basınç-sıcaklık diyagramı, Alüminyum siÜkat üçlü noktası Holdaway (1971 y den alınmıştır. İçi boş ok, olası P-T yolunu gösterir,

- bolites and gamet granulites, J Petrol 27, 1025-1056
- Botlinga Y, Javoy M 1987, Comments of stable isotope geothermometry: system quartz-water. Earth and Planetary Sei Lett 84,406-414
- Brown WL, Parsons L, 1985, Calorimetric diagram approaches to two feldspar geothermometry: a critical. Am Mineral 70, 356-361
- Buddington AF, Lindsley DH 1964, Iron-titanium oxide minerals and their synthetic equivalents, J Fefrol 5,310-357
- Camian JH, Gilbert MC 1983, Experimental studies on glaucophane stability. Am J Sei 283-A, 141-437
- Chatejsee ND 1972, The upper stability limit of the assemblage paragonite-quartz and its natural occurrences, Contr Mineral Pefrol 34,288-303
- Chaterjee ND 1976\* Margarite stability and compatibility relations in the system  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$  as a pressure-temperature indicator. Am Mineral 61,699-709
- Chaterjee foD, Johannes W, Ldstner H 1984, The system  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-E}_2\text{O}$ : new phase equi-

- libria, some calculated phase relations and their petrological applications, Contr Mineral Petrol 88,1-13
- Chernosky JV, Day HW, Caruso LJ 1985, Equilibria in the system  $\text{MgO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ : experimental determination of the stability of Mg-anthophyllite, Am Minemi 70,223-236
- Chopin C 1984, Coesite and pure pyrope in high grade blueschists of the western Alps: a first record and some consequences. Confr Mineral Petrol 58, 255-262
- Chopin C, Schreyer W 1983, Magnesiocaipholite and magnesiochloritoid: two index minerals of pelitic blueschists and their preliminary phase relations in the model system  $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ . Am J Sei 283-A, 72-96
- Cotkin SJ 1987, Conditions of metamorphism in an



- early Paleozoic blueschist Schist of Skookum Gulch, northern California, *Contr Mineral Petrol* 96,192-200
- Crawford WA, Fyfe WS 1965, Calcite-aragonite pqui libriaat 100\*a Science 144,15494570
- Day HW 1973, The high temperature stability of muscovite plus quartz. *Am Mineral* 58,255-262
- Day HW, Chemosky JV, Kumin HJ 1985, Equilibria in the system MgO-SiC^HgO: à tehodynamic analysis. *Am Mineral* 70,237=248
- Di Pisa A, Francheschelli M, Leoni L, Meccheri M, 1985, Regional variation of the metamorphic tanssect across the Tuscanid I Unit and its implications on the alpine metamorphism (Apuan Alps, North Tuscany), *Neues Jahrbuch für minéralogie, Abhandlungen* 151,197-211
- Egger RG, Kenick DM 1981, Metamorphic equilibria in the siliceous dolomite system: 6 kbar experimental data and geologic implications, *Geochim Cosmochim Acta*45,1039-1049
- Elüs DJ 1980, Ossumilite-sapphirine-quartz granulites from Enderby Land, Antarctica: P-T conditions of metamorphism, implications for garnet\* cordierite equilibria and the evolution of the deep crust, *Contr Mineral Petrol* 74,201-210
- Ellis DJ, Green DH (1979) An experimental study of effect of Ca upon garnet-clinopyroxene Fe-Mg exchange equilibria, *Contrib Mineral Petrol* 71, 13\*22
- Ernst WG (1963) Significance of phengitic micas from low grade schists. *Am Mineral* 58,255-262
- Essene EJ 1982, Geologic thermometry and barometry, In: Ferry JM (ed): Charecterization of Metamorphism Through Mineral Equilibria, *Reviews in Mineralogy»* 10, pp 153-206, Mineral Soc. of America.
- Essene EJ 1983, Solid solutions and solvi among metamorphic carbonates with applications to geologic thermometry. In: Reeder, RJ (ed) *Carbonates: Mineralogy and chemistfy, Reviews in Mineralogy*, 11, pp 77-96, Mineral Soc America
- Essene EJ 1989, The current status of thermobarometry in metamorphic rocks! In: Daly JS, Cliff RA, Yardley BWD (eds) *Evolution of metamorphic belts, Geol Soc Special Publication* 43, pp. 145
- Essene EJ, Hensen BJ, Green DH 1970, Experimental study of amphibolite and eclogite stability. *Physics oof the Earth and Planetary Interiors* 3, 378-384
- Fawcett JJ, Yoder HS 1966, Phase relationships of chlorite in the system MgQ-AlsCVSiOa-I^O, *Am Mineral* 51,353-380
- Ferry JM, Spear FS (1978) Experimental calibration of the partitioning of Fe and Mg between biotite and garnet. *Contrib Mineral Petrol* 66: 113-117
- Ferry JM (1979) A map of chemical potential differences within an outcrop, *Am Mineral* 064 pp. 966-985
- Ferry JM 1980, A comparative study of geotHermometers and geobarometers in pelitic schists from southern\*central Maine. *Am Mineral* 65,720-732
- Ferry JM (1984, A biotite isograd in south-central Maine, USA: mineral reactions, fluid tarnsfer, *J Petrol* 25,871=893
- Flowers GC, Hegleson HC 1983, Equilibrium and mass transfer during progressive metamorphism of siliceous dolomites, *Am J Sei* 283,230-286
- Frey M, Teichmuller M, Teichmuller R, Mullis J, Kunze B, Breitschmid A, Grüner U, Schwizer B 1980, Very low grade metamoiiphism in external parts of the Cental Alps: Illite crystallinity, coal rank and fluid inclusion dato. *Eclogae Geologicae Helvetiae* 73,173-203
- Friedman I, ONeil JR 1977, Compilation of stabile isotope fractination factors of geochemical interest. *Data of Geochemistry*, 6 th edn, US Geol Survey ProfPaper440KK,61pp,
- Ganguly J, Saxena SK (1984) Mixing properties of aluminosilicate garnets: constraints from natural and experimental data, and applications to geothermobarometry. *Am Mineral* 69,88-97
- Gasparik T 1984, Experimental study of subsolidus phase relations and mixing properties of pyroxene in the system CaQ-AläÖg-SiO^ *Geochim Cosmochim Acta* 48,2537-2546

- Ghent ED, Stout MZ (1981) Geobarometry and geothermometry of plagioclase-biotite-garnet-muscovite assemblages. *Contrib Mineral Petrol* 76,113-117
- Goldsmith JR (1911) The melting and breakdown reactions of anorthite at high pressures and temperatures. *Am Mineral* 65,272-284
- Graham CM (1974) Metabasic amphiboles of the Scottish Dalradian. *Contrib Mineral Petrol* 47, 163-185
- Graham CM, Powell RA (1984) Garnet-hornblende geothermometer: calibration testing and application to the Pelona schist, Southern California. *J MetamGeol.* 184: 13-31
- Grambling LA., 1990, Internally-consistent geothermometry and H<sub>2</sub>O barometry in metamorphic rocks the example garnet-chlorite-quartz, *Contrib, Mineral Petrol.*,105, p. 617-628
- Green DH, Ringwood AE 1967, An experimental investigation of the gabbro to eclogite transformation and its petrological applications, *Geochim CosmochimActa* 31» 767-833
- Green DH, Ringwood AE 1972, A comparison of recent experimental data on the gabbro-garnet-granulite-eclogite transition, *J Geol* 80,277-288
- Greenwood HJ 1962, Metamorphic reactions involving two mineral components. *Cornegie Institute of Washington Yearbook* 61,82-85
- Greenwood HJ 1967, Wollastonite: stability in H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> mixtures and occurrence in a contact metamorphic aureole, near Salmo, British Columbia. *Am Mineral* 52,166-168
- Griffen, D.T, and Ribbe P.H., 1973, The crystal chemistry of staurolite, *Am, J, Sei.*, 273-A, 479-495
- Haas H, Holdaway MJ 1973, Equilibria in the system Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O involving the stability limits of pyrophyllite and the thermodynamic data of pyrophyllite. *Am J Sei* 273,449-464
- Han'ya Y; Kennedy GC (1968) Equilibrium study of anorthite under high pressure and high temperature. *Am J Sei* 226,193-203
- Harley SL, Green DH (1982) Garnet-orthopyroxene barometry for granulites and peridotites. *Nature*, 300,697-701
- Harley SL (1984a) The solubility of alumina in orthopyroxene coexisting garnet in FeO-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> and CaO-FeO-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>. *J Petrol* 25:665-696
- Harley SL (1984b) An experimental study of the partitioning of Fe and Mg between garnet and orthopyroxene, *Contrib Mineral Petrol* 86: 359-373
- Harley SL 1984c, Comparison of the garnet-orthopyroxene geobarometer with recent experimental studies and applications to natural assemblage, *J Petrol* 25,697-712
- Harley SL 1985, Garnet-orthopyroxene bearing granulites from Enderby Land, Antarctica: metamorphic pressure-temperature-time evolution of the Archaean Napier Complex, *J Petrol* 26, 819-856
- Harley SL 1987, A pyroxene-bearing meta-ironstone and other pyroxene-granulites from Enderby Land, Antarctica: further evidence for very high temperature (>980°C) Archaean regional metamorphism in the Napier Complex. *J Meta Petrol* 5,341-356
- Hays JF (1966) Lime-alumina-silica Yb Carnegie Instn Wash 65,234-239
- Haseiton HT, Hovis GL, Hemingway BS, Robie RA 1983, Calorimetric investigation of the excess entropy of mixing in analbite-sanidine solid solutions: lack of evidence for Na, K short range order and implications for two feldspar thermometry, *Am Mineral* 68,398-413
- Hegleson, H.C., Delaney, J.M., Nesbitt, RW, and Bird, D.K., 1978, Summary and critique of the thermobarometric properties of rock forming minerals, *Am,J.Sci.*,278-A
- Heinrich W, Athaus E 1980, Die obere Stabilitätsgrenze von Lawsonit plus Albit bzw. Jadeit, *Fortschritte der Mineralogie* 58,49-50
- Hemley JJ, Montoya JW, Marenko JW, Luce JW 1980, Equilibrium in the system Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O and some general implications for alteration mineralization processes, *Economic Geol* 75,210-228
- Hensen BJ, Green DH (1973) P-T grids for silica-undersaturated granulites in the system (MAS

- (n+4) and FMA (n+3)- tools for the derivation of P-T paths for metamorphism, *Contrib Mineral Petrol* 5: 255-271
- Heatanen A (1974) Amphiboles pairs, epidote minerals, chlorite and plagioclase in metamorphic rocks. Northern Sierra Nevada, California, *Am Mineral* 59,22-40
- Hodges KV, Spear FS (1982) Geothermometry, geobarometry and the  $Al_2SiO_5$  triple point at Mt Moosilauke, New Hampshire, *Am Mineral* 67, 1118-1134
- Hodges KV, Crowley PD (1985) Error estimation and empirical geothermobarometry for pelitic systems. *Am Mineral* 70,702-709
- Holdaway, M.J., 1971, Stability of andalusite and the aluminium silicate phase diagram. *Am. L. Sci.*, 271,97431
- Holdaway MJ, Dutrow BI, Hinton RW 1988, Devonian and Carboniferous metamorphism in west-central Maine: the muscovite-almandine geobarometer and the staurolite problem revisited, *Am Mineral* 73,20-47
- Holland TJB 1979, Experimental determination of the reaction  $paragonite = jadeite + kyanite + H_2O$  and thermodynamic data for part of system  $Na_2O-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$ , with application to eclogites and blueschists. *Contr Mineral Petrol* 68, 293-301-
- Holland TJB 1980, The reaction  $albite = jadeite + quartz$  determined experimentally in the range 600-1200°C *Am Mineral* 65, 129-134
- Holland TJB 1988, Preliminary phase relations involving glaucophane and applications to high pressure petrology: new heat capacity and thermodynamic data, *Contr Mineral Petrol* 99,134442
- Itaya T 1981, Carbonaceous material in pelitic schist of the Sanbagawa metamorphic belt in Central Shikoku, Japan, *Lithos* 14,215-224
- Ito K, Kennedy GC 1971, An experimental study of the basalt-garnet granulite-eclogite transition. In: Heacock JG (ed) *The structure and Physical Properties of the Earth's Crust*, *Am Geophys Union Monograph*, Series 14,303-314
- Jenkins DM 1984, Upper-pressure stability of synthetic margarite plus quartz, *Contr Mineral Petrol* 88, 332-339
- Jenkins DM, Newton RC, Goldsmith JR 1983, Fe-free zoisite stability relative to clinozoisite. *Nature*, 304,622-623
- Jenkins DM, Newton RC, Goldsmith JR 1985, Relative stability of Fe-free zoisite and clinozoisite, *J Geol* 93,663-672
- Johannes W, Puhani D 1971, The calcite-aragonite equilibrium reinvestigated, *Contr Mineral Petrol* 31, 28-38
- Johannes W, Bell PM, Mao MK, Boettcher AL, Chipman DW, Hays JF, Newton RC, Seifert F 1971, An interlaboratory comparison of piston-cylinder pressure calibration using albite breakdown reaction, *Contr Mineral Petrol* 32,24-38
- Kerrick DM 1972, Experimental determination of muscovite+quartz stability with  $P_H_2O < P_{Tot}$ , *Am J Sci* 272,946-958
- Kerrick DM, Crawford KE, Randazzo AF 1974, Review of metamorphic mixed volatile ( $H_2O-CO_2$ ) equilibria. *Am Mineral* 59 729-762
- Kisch HJ 1980a, Incipient metamorphism of Cambro-Silurian clastic rocks from the Jamthland Supergroup, central Scandinavian Caledonides, western Sweden: illite crystallinity and vitrinite reflectance, *J Geol Soc London* 137,271-288
- Kisch HJ 1980b, Illite crystallinity and coal rank associated with lower grade metamorphism of the Tavanne greywacke, Hevetic zone, Swiss Alps. *Eclogae Geologicae Helveticae* 75,753-777
- Kisch HJ 1981, Coal rank and illite crystallinity associated with the zeolite facies of Southland and the pumpellyite-actinolite facies of Okago, southern New Zealand. *New Zealand J Geol & Geophys* 24,349-360
- Kisch HJ 1987, Correlation between indicators of very low grade metamorphism. In: Ferry M (ed) *Low temperature metamorphism*, pp 227-300, Blackie, Glasgow
- Koons PO 1982, Experimental investigations of the behaviour of amphibole in the system  $Na_2O-Al_2O_3-$

- SiO<sub>2</sub> at high pressures, *Contr Mineral Petrol* 79, 258-267
- Koons PÖ 1984, Implications to garnet-clinopyroxene geothermometry of non-ideal solid solution in jadeitic pyroxenes, *Contr Mineral Petrol* 88, 340-347
- Koons PO 1986, Relative geobarometry from high-pressure rocks of quartzfeldspathic composition from the Sesia Zone, Western Alps, Italy. *Contr Mineral Petrol* 93, 322-334
- Kostyuk EA (1970) Statistical analyses and paragenetic type of the metamorphic amphiboles, Nauka, Moscow (in Russian)
- Koziol AM, Newton RC (1988) Redetermination of the anortite breakdown reaction and improvement of the plagioclase-garnet-Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>-quartz geobarometer. *Am Mineral* 73: 216-223
- Krogh EJ 1988, The garnet-clinopyroxene Fe=Mg geothermometer—a reinterpretation of existing experimental data, *Contr Mineral Petrol* 99, 44-48
- Kubier B 1967, La cristallinité de l'éclogite et les zones tectoniques, A la Baconnière, Neuchâtel, 105-121
- Lang HM, Rice JM (1985) Geothermometry, geobarometry and T-X (Fe-Mg) relations in metapelites, Snow Peak, Northern Idaho, *J Petrol* 26, 889-924
- Leake BE (1962) On the non-existence of a vacant area in the Hallimond calciferous amphibole diagram. *Japan J Geol Geophys* 33, 1-13
- Lee HY, Ganguly J (1988) Equilibrium compositions of co-existing garnet and orthopyroxene: experimental determinations in the system FeO-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> and applications. *J Petrol* 29: 934-13
- Lindsley DH (1983) Pyroxene thermometry *Am Mineral* 68: 477-493
- Liou JG 1971a, Synthesis and stability relations of prehnite, Ca<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub>, *Am Mineral* 56, 507-531
- 1971b, P-T stability of lömontite, wairakite, lawsonite and related minerals in the system Ca<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>SiO<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O. *J Petrol* 12, 379-411
- 1971c, Analcime equilibria, *Lithos* 4, 389-402
- 1979, Zeolite facies metamorphism of basaltic rocks from the east Taiwan ophiolite. *Am Mineral* 64, 144
- , Kim HS, Maruyama S 1983, Prehnite-epidote equilibria and their petrologic applications, *J Petrol* 24, 321-342
- Manghnani MH 1970, Analcite-jadeite phase boundary, *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 3, 456-461
- Maruyama S, Cho M, Liou JG 1986, Experimental investigations of blueschist-greenschist transition equilibria: pressure dependence of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> contents in sodic amphiboles—a new geobarometer. *Geol Soc. Am Spec Paper* 164, 1-16
- Masonne IÜ, Schreyer W (1987) Phengite geobarometry based on the limiting assemblage with K-feldspar, glaucophane and quartz, *Contrib Mineral Petrol* 96, 212-224
- Matthews A, Goldsmith JR, Clayton RN 1983, Oxygen isotope fractionation involving pyroxenes: the calibration of mineral pair geothermometers. *Geochim Cosmochim Acta* 47, 631-644
- Mirwald PW, Masonne HJ 1980, Quartz-calcite transition and the comparative frictional measurement in piston-cylinder apparatus using talc-alsimag-glass (TAG) and NaCl high-pressure cells: a discussion. *Neues Jahrbuch für Mineralogie Monatshefte* 1980, 469-477
- Miyano T, Klein C 1986, Fluid behaviour and phase relations in the system Fe-Mg-Si-C-O=H and applications to high grade metamorphism of iron formations. *Am J Sci* 286, 540-575
- Moecher DP, Anovitz LM, Essene EJ 1988, Calculation of clinopyroxene-garnet-plagioclase-quartz geobarometers and applications to high-grade metamorphic rocks. *Contr-Mineral Petrol* 100, 92-106
- Morikiyo T 1984, Carbon isotopic study on existing calcite and graphite in the Ryoke metamorphic rocks, northern Kiso district, central Japan. *Contr-Mineral Petrol* 87, 251-259
- Nesbitt BE, Essene W 1982, Metamorphic thermometry and barometry of a portion of the Southern Blue

- Ridge Province, *Am J Sei* 282,701-729
- Newton MS, Kennedy GC 1968, Jadeite, analcite, nepheline and albite at high temperatures and pressure^ *Am J Ssi* 266,728-735
- Newton RC 1966, Some calc-silicate equilibria. *Am J Sei* 264,204=222
- Newton RC 1983, Geobarometry of high-grade metamorphic rocks. *Am J Sei* 283-A, 1-28
- Newton RC, Haselton HT (1981) Thermodynamics of the garnet-plagioclase-Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>-quartz geobarometers. In: Newton RC, Navrotsky A, Woods BJ (eds) Thermodynamics of minerals and melts. Springer, Berlin, Heidelberg New York, pp: 131-147
- Newton RC and Perkins D (1982) Thermodynamic calibration of geobarometers based on the assemblages garnet-plagioclase-orthopyroxene-(clinopyroxene)-quartz\* *Am Mineral* 67:203\*222
- kitsch KH 1980, Reaktion von Bariumfeldspat (celcian) mit H<sub>2</sub>O zu Cymrute unter metamorphen Bedingungen, *Fortschritte der Mineralogie* 58, 98-99
- Nitsch KH, Stone B, Topfer U 1981, experimentelle Bestimmung der Gleichgewichtdaten der Reaktion 1 Margarit+1 quartz=1 anortit + andalusit / disthen + 1 H<sub>2</sub>O Fortschritte der Mineralogie 59,139-140
- Nurminen KB (1987) A recalibration of the chlorite-biotite-muscovite geobarometer *Contrib Mineral Petrol* 96,519-522
- O'Hara MJ, Yarwood G 1978, High pressure-temperature point on an Archaean geotherm, magma genesis by crustal anatexis and consequences for garnet-pyroxene thermobarometry\* *Phil Trans Roy Soc London Series A* 228,441-456
- Qkuyama-Kusunose V, itaya T 1987, Metamorphism of carbonaceous material in the Tono contact aureole, Kitakami Mountains\* Japan, *J Metam Geol* 5, 121-139
- OrviEe, P.M., 1972, Plagioclase cation exchange equilibria with aqueous chloride solution: results at 700 C and 2000 bars in the presence of quartz, *Am, LScL*, 272,234-272
- Paria P, Bhattacharya A, Sen A 1988, The reaction garnet+clinopyroxene=2 orthopyroxene+anorthite: a potential geobarometer for granulites. *Contr Mineral Petrol* 99,126-133
- Pattison DRM, Newton RC 1988, Reversed experimental calibration of the garnet-clinopyroxene K<sub>B</sub> (Fe-Mg) exchange thermometer, *Contr Mineral Petrol*
- Perchuk LL (1970) Equilibria of rock forming minerals. Nauka, Moscow (in Russian)
- Perchuk LL, Lavrent'eva IIV (1983) Experimental investigation of exchange equilibria in the system cordierite-garnet-biotite. Kinematics and equilibrium in mineral reactions. Springer. Berlin Heidelberg New York. pp. 199-239
- Perkins D, Newton RC (1981) Charnocite geobarometers based on coexisting garnet - pyroxene-plagioclase - quartz. *Nature* 292,144-146
- Perkins D, Chipra SJ 1985, Garnet - orthopyroxene - plagioclase - quartz barometry refinement and application to the English River subprovince and the Minnesota River Valley, *Contr Mineral Petrol* 89,69-80
- Perkins D, Westrum EF, Essene EJ 1980, The thermodynamic properties and phase relations of some minerals on the system CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O. *Geochim Cosmochim Acta* 44, 61-84
- Phillips GN 1980, Water activity changes across an amphibolite-epidiorite facies transition, Broken Hill, Australia, *Contr Mineral Petrol* 75,377-386
- Pigage, L.C. and Greenwood, W.R., 1968, Internally consistent estimates of pressure and temperature: the staurolite problem. *Ibid*, 282,943-969
- Plyusnina LP (1982) Geothermometry and geobarometry of plagioclase-hornblende bearing assemblages *Contrib Mineral Petrol* 80,140-146
- Powell R, Evans Ja (1983) A new geobarometer for the assemblage biotite-muscovite-chlorite-quartz. *J Metam Geol* 1,331-336
- Rębejian VA, Harris AG, Huebner S 1987, Cnodont color and textural alteration: an index to regional metamorphism, contact metamorphism and hydrothermal alteration. *Geol Soc Am Bull* 99, 471-479



## *Jeoiernobarometre*

- Richardson SW 1968, Staurolite stability in a part of the system Fe-Al-Si-O-H. *J Petrol* 9,467-488
- Ringwood AE, Green DH 1964, Experimental investigations bearing on the nature of the Mohorovic discontinuity, *Nature* 201, 566-567
- Robert C, Javoy M, Kienast JR 1985, Coefficients de distribution et mesures isotopiques 180/160: comparaisons thermométriques et barométriques sur quelques et micaschistes de la zone Sessia-Lanzo (Alpes italiennes), *Bull Minerai* 108, 699-711
- Robie RA, Hemingway BS 1984, Entropies of kyanite, andalusite and sillimanite: additional constraints on the pressure and temperature of the  $Al_2SiO_5$  triple point. *Am Mineral* 69,298-306
- Robie RA, Hemingway BS and Fischer, J.R., 1978, Thermodynamic properties of minerals and related substances at 298,15 K and 1 bar pressure and high temperatures, *Bull. U.S. Geol. Surv.*, 1452
- Robinson GR 1983, Calibration of the muscovite-biotite-quartz-aluminosilicate geobarometer, *Eos (Trans Am Geophys Un)* 64,351
- Salje E 1986, Heat capacities and entropies of andalusite and sillimanite: the influence of fibrolitization on the phase diagram of the  $Al_2SiO_5$  polymorphs, *Am Mineral* 71, 1366-1371
- Sanders IS, Daly JS, Davies GR 1987, Late Proterozoic high pressure granulite facies metamorphism in the north-east Ox inlier, north-west Ireland. *J Metam Geol* 5,69-85
- Sassi FP 1972, The petrologic and geologic significance of  $b_0$  value of potassium white micas in low-grade metamorphic rocks. An applications to the eastern Alps, *Tschermaks Mineralogie Pétrographie Mitteilungen* 18,105413
- Sassi FP, Scolari A 1974, The  $b_0$  value of potassium white micas as a barometer in low grade metamorphism of pelitic schists, *Contr Mineral Petrol*
- nisms, *Am J Sei* 287,517-559
- Schreyer W, Seifert F 1969, Compatibility relations of the high pressure phases in the system MgQ-ÖHjO. *Am J Sei* 267,371-385
- Schreurs J, Westra L 1986, The thermometric evolution of a Proterozoic, low-pressure, granulite dome, S W Finland, *Contr Mineral Petrol* 93,236-250
- Seifert F 1974, Stability of sapphirine: a study of the aluminous part of MgO- $Al_2O_3$ - $SiO_2$ -ftO. *J Geol* 82,173=204
- Sen S, Bhattacharya A 1984, An orthopyroxene-garnet thermometer and its application to the Madras charnockites, *Contr Mineral Petrol* 88,64-71
- Sharp ZD, Essene EJ, Anovitz LM, Metz GW, Westrum EF, Hemingway BS, Valley JW 1986, The heat capacity of monticellite and phase equilibria in the system CaO-MgO-SiO<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>. *Geochim Cosmochim Acta* 50, 1475-1484
- Skippen GB 1974, An experimental model for low-pressure meta morphism of siliceous dolomite marble, *Am J Sei* 274,487-509 -
- Slaughter J, Kerrick DM, Wall VJ 1975, Experimental and thermodynamic study of equilibrium in the system CaO-MgO-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>, *Am J Sei* 275, 143-162
- Smith DC 1984, Coesite in the Galedonides and its implications for geodynamics. *Nature* 310,641-644
- Smyth JR, Hatten CJ 1977, Coesite-sanidine grosspyrite from the Roberts Victor kimberlite. *Earth Planet Sei Lett* 34,284-290
- Sobolev NV, Yefimova ES, Koptil VI, Lav rent'yev YuG, Sobolev VS 1976, Coesite, garnet and omphacite inclusions in Yakutia diamonds-first finding of coesite parageneses, *Doklady Akademii Nauk SSSR* 230,1442-1444
- Spear FS, Selverstone J (1983) Quantitative P-T paths from zoned minerals: theory and tectonic applications, *Contrib Mineral Petrol* 83, pp: 348-357
- Staudigel H, Schreyer W 1977, The upper thermal stability of clinocllore, MgSal [AlSi<sub>3</sub>O<sub>10</sub>] (OH)<sub>8</sub> at 10-35 kb PH<sub>2</sub>o. *Contr Mineral Petrol* 61,187498
- Storre B, Karotke E 1971, An experimental determinati
- «chramke JA, Kerrick DM, Lasagga AC 1987, The reaction muscovite + quartz = andalusite - K-feldspar + water. Part 1, Kinetics and mecha-

- on of the upper stability limit of muscovite+quartz in the range 7=20 kb water pressure, Neues Jahrbuch für Mineralogie, Monatshefte 1971, 237=240
- Tanner SB, Kerrick DM, Lassaga AC 1985, Experimental kinetic study of the reaction calcite+quartz^woliastonite+carbon dioxide from 1 to 3 kbar and 500-850°C, Am J Sei 285,577-590
- Teichmüller M 1987, Organic material and very low grade metamorphism. In: Frey M (ed) Low temperature metamorphism pp 114-161, Blackie, Glasgow
- Thompson AB 1970a, A note on the kaolinite-pyrophyllite equilibrium, Am J Sei 268,454-458
- Thompson AB 1970b, Laumontite-albite equilibria at low temperatures. Am J Sei 269,267-275
- Thompson AB 1971, Analcite-albite equilibria at low temperatures. Am J Sei 271,79-92
- Thompson AB (1976) Mineral reactions in pelitic rocks. Calculation of some P-T-X (Mg-Fe) phase relations. Am J Sei 276: 425-454
- Thompson AB, Frey M 1984, Hite crystallinity in the Western River Formation and its significance regarding the regional metamorphism of the early Proterozoic Goulbura Group, District of Mackenzie, In: Current Research, Part A, Geol Sur Can Paper 84-1 A, 409=414
- Treiman AH, Essene EJ 1983, Phase equilibria in the system CaO-SiO<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>, Am J Sei 283-A, 97-120
- Turner FJ 1968» Metamorphic Petrology, 1st edn, McGraw HiU, New York
- Velde B (1965) Phengitic micas: Synthesis, stability and natural occurrence. Am J Sei 263,886-913
- Velde B (1967) Si<sup>4+</sup> content of natural phengites. Contrib Mineral Petrol 14,250-258
- Wada GF, Suzuki K 1983, Carbon isotope thermometry calibrated by dolomite-calcite solvus temperatures. Geochim Cosmochim Acta 47,697-706
- Weisbrod A 1973, Refinements of the equilibrium conditions the reaction Fe - cordierite = garnet + sillimanite + quartz (+H<sub>2</sub>O). Carnegie Institute of Washington Geopyys Lab Yearbook 72,515-522
- Winkler HGF 1965, Petrogenesis of metamorphic rocks, 1st edn, Springer Verlag, Berlin, 237 pp
- Wintsch RP, O'Connell AF, Ranson BL, Wiechmann M3 1981, Evidence for the influence of  $f_{\text{CH}_4}$  on the crystallinity of disseminated carbon in greenschist facies rocks, Rhode Island, USA. Contr Mineral Petrol 77,50-73

# Sismik Tehlike Analizi: Teori ve Uygulama

## *Seismic Hazard Analysis; Theory and Application*

Kamil KAYÂBALI  
Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, ANKARA

### ÖZ

*Bu çalışmada deterministik ve probabilitistik olarak İkiye ayrılan sismik tehlike analizinin esasları verilmiştir, Probabilistik yaklaşım kullanılarak bir bilgisayar programı yazılmıştır\**

*Programda maksimum yer ivmesine karşılık gelen dönüş periyodları ile belirli bir zaman dilimi içerisinde maksimum yer ivmesi değerlerinin aşılma ihtimali hesaplanmaktadır. Programın kolay anlaşılmasını sağlamak amacıyla bir de örnek problem sunulmuştur.*

### ABSTRACT

*In this study, the main principles of deterministic and probabilistic seismic hazard analyses are given, A computer program was written using the principles of probabilistic approach. The program is aimed at computing return periods for peak horizontal ground acceleration (PGA) and the probability of exceedance of PGA for certain time periods. An example problem is presented to help the user better understand the program.*

### GİRİŞ

Büyük ölçekli mühendislik yapılarını projelendirmede önemli bir yer tutan deprem risk analizinin birinci aşamasını sismik tehlike analizi oluşturur. Belirli büyüklükteki bir depremin tekerrür aralığının hesaplanması, maksimum yer ivmesi dönüş periyodu ile yer ivmesinin aşılma ihtimalinin belirlenmesi sismik tehlike analizinin konusunu oluşturur.

Yerküre üzerinde önemli bir deprem kuşağında yer alan Türkiye'de depremler sonucu ortaya çıkabilecek can ve mal kaybının asgariye indirilebilmesi için yer seçiminde deprem tehlike (sıvılaşma, zemin amplifikasyonu gibi) analizinin titizlikle yapılması gerekmektedir. Bunun için de, zeminin maruz kalacağı deprem yükünü önceden belirlemek gerekmektedir.

Sismik tehlike analizi yapmak amacıyla bugünü kadar muhtelif yazılım paketleri geliştirilmiştir. Bu prog-

ramlardan bazıları TürMye'nin sismik tehlike analizini belirlemek amacıyla kullanılmıştır (örnek: Gürkan vd., 1993). sismik tehlike analizinin gerekli olduğu hâllerde bu tür yazılım paketlerine erişmek her halde mümkün olmayabilir. Bu tür programlar çoğu zaman ticari amaçla yazılmaktadır. Ancak, bazılarının kaynak kodlarına yayınlanmış çalışmalarda rastlamak mümkündür. Sözgelimi SEIRISKIII adlı sismik tehlike analiz programının kaynak kodu Bender ve Perkins (1987) tarafından verilmiştir,

Bu tür programların kaynak kodla genellikle çok uzun ve karmaşık olmaktadır. Kullanıcısının kullandığı program üzerinde kendi amacına yönelik bazı değişiklikleri yapabilmesi her durumda mümkün olmaktadır. Bu hususları göz önünde bulundurarak SISTEHAN (Sismik Tehlike Analizi) adlı bir program geliştirilmiştir. Programın yazılmasında mümkün oldu-

ğunca kısa ve kolayca anlaşılabilir olması amaçlanmıştır.

### SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ

Sismik tehlike analizinin amacı zeminin ve mühendislik yapısının gelecekte maruz kalacağı depremsel yükleme şartlarının hesaplanmasında gerekli olan depremsel yer hareketi ile ilgili parametrelerin (ivme, hız, deplasman) hesaplanmasıdır. Sismik tehlike analizi genellikle iki farklı başlık altında mütalaa edilmektedir: Deterministik ve probabilistik sismik tehlike analizi, DETERMİNİSTİK SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ

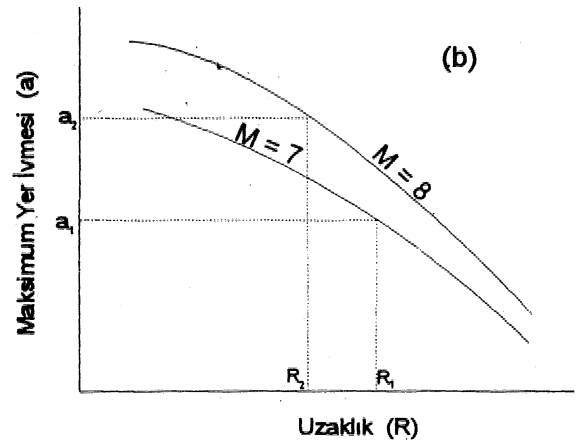
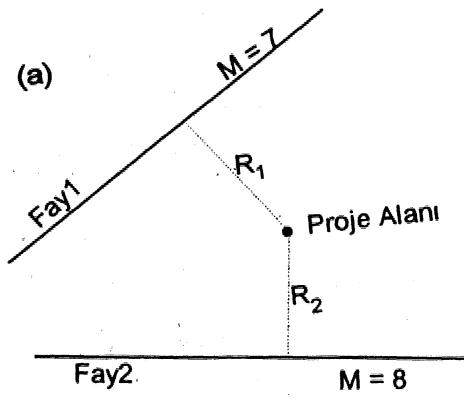
Bu yaklaşımda önce proje sahasını etkileyebilecek deprem kaynaklarından daha önceden meydana gelmiş en büyük depremleri ortaya koymak gereklidir. Eğer deprem kayıt tarihçesi yeterince eski değil veya deprem kayıtlarında bazı eksiklikler söz konusu ise en büyük deprem değeri, yerine göre 0,54 birim arasında arttırılabilir. İkinci aşamada ise, proje sahasının bulunduğu bölgenin karakteristiklerine en uygun azalım ilişkisi seçilir. Proje sahasına belirli bir uzaklıkta bulunan deprem kuşağındaki maksimum büyüklükteki depremin proje sahasında anakayada oluşturacağı maksimum yer ivmesi, azalım ilişkisi yoluyla hesaplanır (Şekil 1). Bu yaklaşımın oldukça pratik olması yanında en büyük dezavantajı proje sahasını etkileyecek maksimum yer ivmesi değerinin ortaya konulmasında rol oynayan belirsizliklerin yeterince hesaba katılmamasıdır, PROBABLİSTİK SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ

Probabilistik yaklaşım sismik tehlike analizindeki belirsizlikleri kantitatif olarak hesaba katmasından dolayı deterministik yaklaşımdan daha çok tercih edilmek-

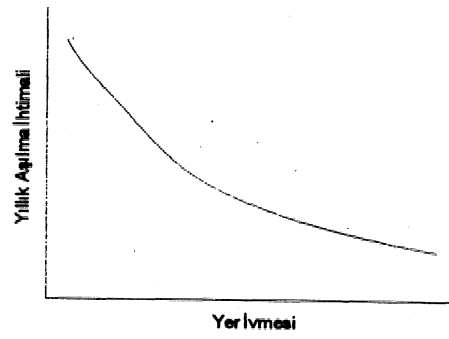
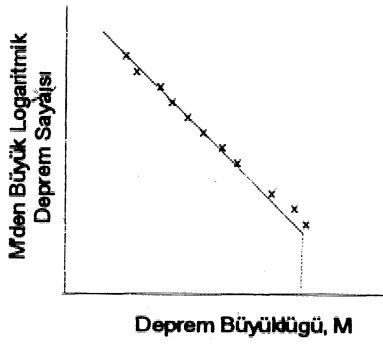
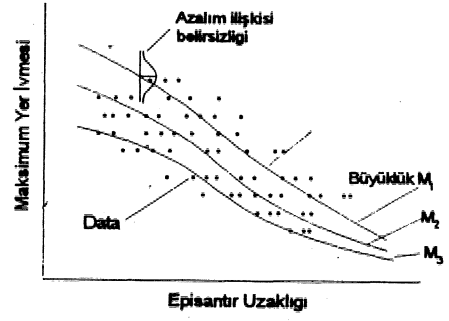
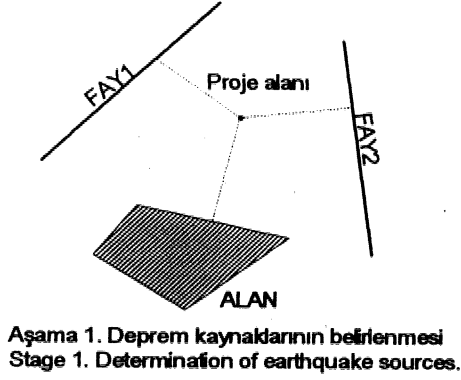
tedir. Deterministik yaklaşıma kıyasla çok daha fazla çaba gerektiren probabilistik yaklaşımın avantajları şöyle sıralanabilir:

- sismik tehlikeyi dönüş periyodu şeklinde kantitatif olarak hesaplar,
  - tarihsel deprem kayıtlarını hesaba katar,
  - analistin deneyim ve yargısını kullanmasına izin verir,
  - fay lokasyonu ile ilgili eksik verileri dikkate alır,
  - »sismik tehlikeyi spektral ivme, hız, deplasman ve şiddet cinsinden ivme esnekliğine sahiptir (TERA Corp., 1980),
- Probabilistik sismik tehlike analizi aşağıda sıralanan aşamalardan oluşur:
- deprem kaynaklarının geometrisinin ortaya konulması,
  - herbir deprem kaynağının magnitüd-frekans ilişkisinin belirlenmesi,
  - analizde kullanılacak azalım ilişkisinin seçimi ve
  - yer hareketinin aşılma ihtimalinin hesaplanması (Şekil 2).

Probabilistik yaklaşım aynı zamanda depremlerin zamana bağlı olarak meydana gelişini temsil eden bir stokastik metoddan da faydalanır. Yayınlanmış stokastik metodlar arasında en basit olanı ve sıkça kullanılanı Poisson modelidir. Bu modele göre deprem oluşumu zaman ve mekandan bağımsız olup, iki sismik olayın aynı yer ve zamandan oluşma ihtimali sifıra yaklaşır. Poisson modeli ile verilen probabilité dağılımı aşağıda-



Şekil 1. Deterministik yaklaşımın aşamaları: a) deprem oluşturan kaynağın proje alanına uzaklığının belirlenmesi, b) azalım ilişkileri kullanarak proje alanında oluşacak maksimum yer ivmesinin bulunması.



Şekil 2, Probabilistik sismik tehlike analizinin aşamaları (Araya ve Der Kiureghİm, 1988'den),

ki bağıntı ile ifade edilir:

$$P(N_t = n) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^n}{n!}$$

$$n = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

Burada  $N_t$  belirli bir zaman aralığındaki (0,t) oluşum sayısı ve  $X$  ise ortalama oluşum oranı ya da birim zaman içindeki oluşum sayısıdır.  $T_i$  ilk olayın (veya depremin) oluşum zamanı olsun,  $T > t$  halinde t zamanı içinde hiçbir olayın meydana gelmediği gözlenir, Böylece

$$P(Cr^O \wedge PM-O) \gg \wedge \quad (2)$$

bağıntısı elde edilir,

• Probabilistik sismik tehlike analizinde yer ivmesi azalım ilişkilerindeki belirsizliğin de göz önünde bulundurulması bakımından Poisson dağılımı ve Normal dağılımın birlikte kullanılması söz konusudur. Yer iv-

mesi azalım ilişkilerindeki belirsizlik genellikle lognormal (logaritmik normal) dağılım ile ele alınmaktadır, Normal dağılım eğrisi ve ilgili parametreler Şekil 3'de verilmiştir.

Normal dağılımdaki parametreler sırasıyla

$\bar{X}$  = normal dağılımdaki rastgele değişkeni,

$\hat{\sigma}$  = aritmetik ortalama,

$\sigma_x$  = standart sapmadır.

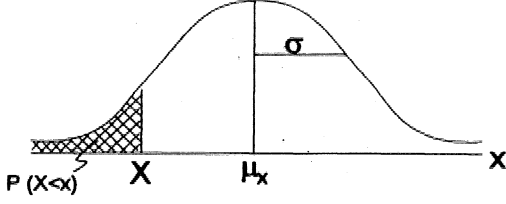
Normal dağılımdaki dönüşüm rastgele değişkeni

( $\sigma_x^2 = .1$  ve  $\mu_x = 0$  iken)

$$u = \frac{(X - \bar{X})}{\sigma_x}$$

olarak ifade edilir,

Lognormal dağılımda normal rastgele değişken  $X = \ln A$  şekline dönüşür, Lognormal dağılımın standart sapması  $\hat{\sigma}_m$  olup aritmetik ortalaması da



Şekil 3. Normal dağılım eğrisi ve ilgili parametreleri.

$$\mu_x = \ln \mu_a - \frac{1}{2} \sigma_{\ln a}^2$$

bağıntısı ile ifade edilir. (4) no'lu bağıntıdaki  $\mu_a$ , a'nın (bu durumda yer ivmesi) aritmetik ortalamasıdır. Normal rastgele değişken u ise lognormal dağılımda

$$u = \frac{\ln A - \mu_x}{\sigma_{\ln a}} = \frac{\ln A - \ln \mu_a + 0.5 \sigma_{\ln a}^2}{\sigma_{\ln a}}$$

şekline dönüşür (Şekil 4).

(0,t) zaman aralığında proje sahasını etkileyecek a değerini aşan hiçbir depremin olmama ihtimali Poisson dağılımında

$$P_t(A \geq a) = e^{-\lambda_a t} \quad (6)$$

bağıntısı ile ifade edilir. Bu bağıntıda

$$\lambda_a = \sum_i \sum_j \sum_k \lambda_{ijk} q_{ij} \quad (7)$$

olarak verilir ve proje alanı için a değerini aşmayan bütün depremlerin ortalama sayısı olarak ifade edilir. Alt yazmaları sırasıyla mesafe, magnitüd ve deprem kaynağını temsil ederler,  $q_{ij}$  ise belirli bir mesafe ve magnitüd değeri için yer ivmesinin aşılma ihtimalidir. (Ö, t) zaman aralığında proje sahasını eüdüleyecek a değerini aşan en az bir depremin olma ihtimali de

$$P_t(A \geq a) = 1 - e^{-\lambda_a t} \quad (8)$$

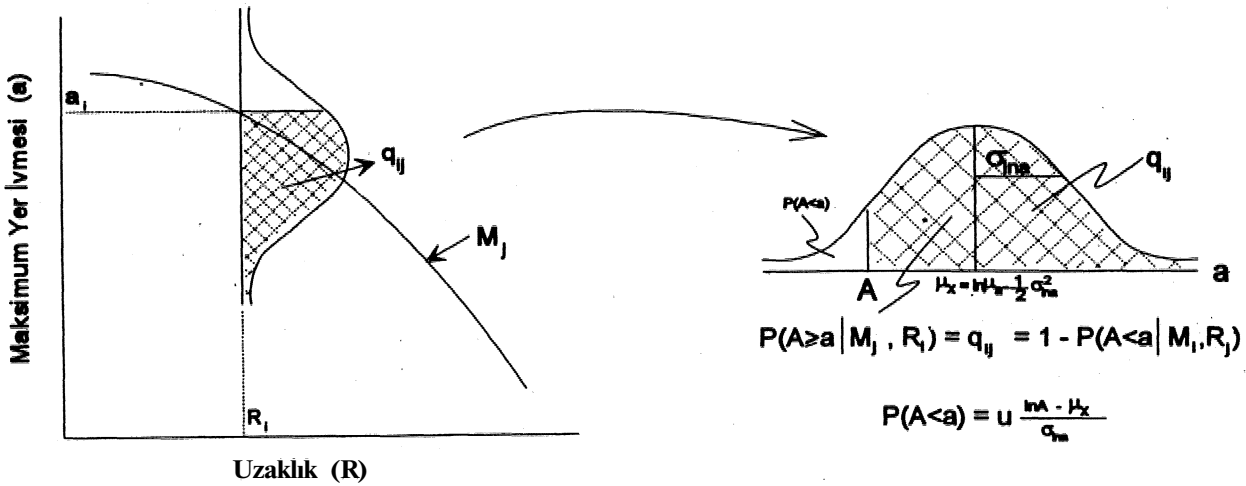
bağıntısı ile ifade edilir,  $X_d$  ile dönüş periyodu (DP) arasında ilişki

$$DP = 1/\lambda_a$$

şeklindedir.

Sismik tehlike analizinde önemli adımlardan biri, proje sahasına etkiyecek olan sismik zonlar ile aktif fayların sağlıklı bir şekilde belirlenmesidir. Deprem kaynak zonları geometri itibarıyla nokta, çizgi ve alan şeklinde olabilir. Deprem oluşturabilen aktif volkanların bulunduğu yerler nokta tipi deprem kaynağına örnek gösterilebilir. Çizgisel kaynak daha çok faylar üzerinde dar ve uzunca alana yayılmış deprem kaynaklarını karakterize eder. Alan tipi kaynaklar ise genellikle irili ufaklı fayların bulunduğu bir alanda belirli bir patem oluşturmayan deprem episantürünün çevreleyen deprem kaynağıdır.

Deprem kaynaklarının sismik ve tektonofizik davranışı bu kaynakların frekans-magnitüd ilişkileri ile tanımlanmaktadır. Bu tür bir ilişki, deprem tekenür aralığını ve tehlikesini belirlemede temel unsuru oluşturduğu için sismoloji ve mühendislik dallarında sıklıkla bir araştırma konusu olagelmıştır (Araya ve Der



Şekil 4. Yer ivmesinin aşılma ihtimalinin hesaplanmasında kullanılan aşamaları gösteren grafik,

Kiureghian), 1988), Deprem oluşum frekansının deprem magnitudü ile ilişkisi genellikle Gutenberg-Richter bağıntısı olarak bilinen aşağıdaki formülle ifade edilmektedir:

$$\log N(M) = a - bM \quad (10)$$

Burada,  $\log N(M)$  belirli bir alanda ve zaman aralığındaki (çoğu zaman 1 yıl)  $M$ ' e eşit veya daha büyük deprem sayısı,  $W$  » sıfırdan büyük magnitudü depremlerin toplam sayısı,  $b$  = frekans-magnitud eğrisinin eğimidir,

Deterministik yaklaşımda olduğu gibi probabilistik yaklaşımda da bir deprem kaynağında oluşabilecek maksimum deprem büyüklüğünü belirleme zorunluluğu vardır, Deprem katalog verilerinin ihtiyaca cevap vermediği durumlarda Polo ve Slemmons (1990)'ın teklif ettiği maksimum deprem büyüklüğünü belirleme metodlarına başvurulabilir.

Bir deprem kaynağında herhangi bir noktada meydana gelen depremden kaynaklanacak yer hareketinin (çoğu zaman ivme) proje sahasındaki amplitüdü çoğu zaman bir azalım (atenasyon) ilişkisi ile belirlenir. Azalım ilişkileri genel olarak aşağıdaki bağıntıda verilen formate verilirler:

$$\log Y = a + bM + d \log \{R + c(M)\} + d'R + e \quad (11)$$

Burada  $Y$  = yer hareketi parametresi,  $M$  = deprem büyüklüğü,  $e$  ise rastgele hata parametresidir.  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , ve  $d$  katsayıları çoğu zaman empirik verilerden elde edilir, (EERI Committee on Seismic Risk, 1989). Azalım ilişkileri konusunda bugüne kadar yapılan çalışmaların özetini Campbell (1985) ve Joyner ve Boore (1988)'de bulmak mümkündür,

Probabilistik sismik tehlike analizinde hangi azalım ilişkisinin kullanılacağı önemli bir araştırma konusudur. Gözönünde bulundurulması gereken önemli bir husus, proje sahasına uygulanacak en uygun azalım ilişkisinin seçilmesidir, Eğer proje sahasını kuşatan alan için bir azalım ilişkisi geliştirilmiyorsa sismotektonik açıdan proje sahasının özelliklerine benzer bölgeler için geliştirilmiş azalım ilişkileri kullanılmalıdır.

Sismik tehlike analizi yapmak üzere geliştirilmiş birçok program vardır. Bunlardan birkaçının özellikleri aşağıda kısaca açıklanmıştır.

EQRISK Anderson (1978) tarafından geliştirilmiş ve kuvvetli yer hareketinin tekdüze tehlike spektrumunu

hesaplama kullanılmaktadır.

STASHA Chiang, vd. (1984) tarafından geliştirilmiş ve üç temel kısımdan meydana gelir: a) data analizi, b) sismik kaynak modellenmesi, c) sismik tehlike hesabı. Program deterministik ve probabilistik analizlerin her ikisini de yapabilmektedir.

SEIRISK III Bender ve Perkins (1987) tarafından geliştirilmiş ve sismik tehlike haritalaması yapmak amacıyla hazırlanmıştır. Bu programın önceki sürümlerine göre (SEIRISK I ve II) deprem lokasyonu belirsizliğini de hesaba katması bakımından farklılık gösterir,

SEISPACK adlı program beş ayrı yazılım paketinden meydana gelmiş olup Gülkan vd. (1993) tarafından Türkiye'nin deprem bölgelerini haritalamada kullanılmıştır.

Bir proje alanı için elde edilen sismik tehlike analiz sonuçları genellikle iki şekilde değerlendirilir. Birincisinde sonuçlar bir dönüş periyodu-maksimum yer ivmesi grafiği şeklinde sunulur (Şekil 5), Probabilistik sismik tehlike analizinde bütün belirsizliklerin hesaba katılmasıyla "en iyi tahmin" eğrisi elde edilmeye çalışılır. Sonuçların ikinci sunum şekli ise belirli zamanlarına karşılık gelen aşılma ihtimali-maksimum yer ivmesi grafiğidir (Şekil 6).

Eğer sismik tehlike analizi belirli bir grid oluşturan pek çok sayıda nokta için hesaplanırsa belirli dönüş periyodları ya da aşılma ihtimaline göre beklenen kuvvetli yer hareketi bir harita üzerinde konturlama ile gösterilebilir (Örnek: Gürkan vd., 1993; Algermissen vd., 1982),

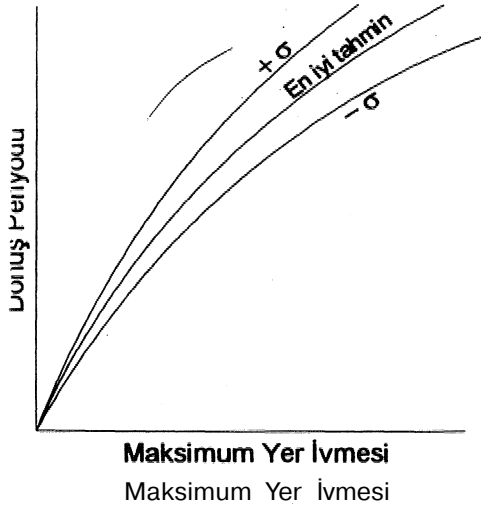
### SİSMİK TEHLİKE ANALİZ PROGRAMI:

#### SISTEHAN

"SISTEHAN, bir nokta için probabilistik sismik tehlike analizi yapma amacıyla yazılmış bir programdır. Program yazımında FORTRAN 77 programlama dili kullanılmıştır. Program başlıca aşağıdaki kısımlardan oluşmaktadır:

- ana program
- program parçası (SUBROUTINE) OKUYUCU
- " " MSFMAT
- " " MAGNAT
- " " IVMAT
- » " " (FUNCTION) H

Programın kolayca anlaşılabilmesini sağlamak ama-



Şekil 5, Prohabilitik yaklaşım ile elde edilen sonuçların dönüş periyodu-maksimum yer ivmesi şeklinde sunulması,

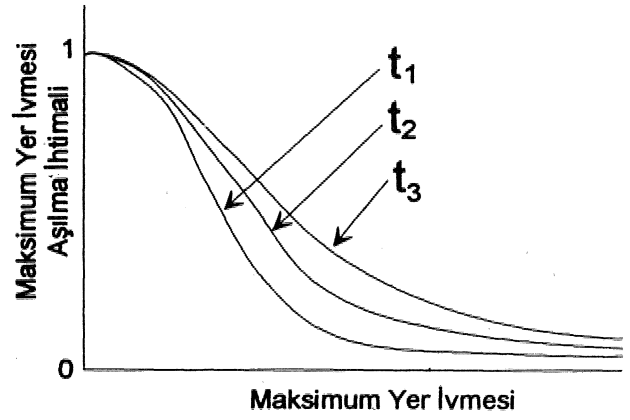
ciyla bir örnek problem hazırlanmıştır (Şekil 7), Programda kullanılan koordinat sistemi pozitif dikdörtgen koordinat sistemi olup yerin küreselliğinden kaynaklanan etkiler hesaba katılmamıştır. Koordinatların belirlenmesinde proje alanı ve sismik kaynakların konfigürasyonunu belirledikten sonra oluşacak bir dikdörtgenin; sol alt köşesini referans noktası olarak almak oldukça kolaylık sağlayacaktır.

Program SISTEHAN; içerisinde değişiklik yapmak isteyen kullanıcılara kolaylık sağlamak amacıyla içeriğinin hemen her aşamasında açıklamalar verilmiştir.

Ana programın birinci temel fonksiyonu subroutineleri çalıştırmaktan ibarettir, Subroutine'ler yoluyla gerekli matrisler oluşturulduktan sonra muhtelif maksimum yer ivmesi değerlerinin dönüş periyodları ile aşılma ihtimalleri hesaplanır ve sonuçlar ilgili dosyalara yazılır.

Subroutine OKUYUCU; proje alanının koordinatlarını, deprem kaynak sayısını, her bir deprem kaynağının köşe sayısı ve bu köşelerin koordinatlarını, deprem kaynaklarının yaklaşık orta nokta koordinatlarını, her bir deprem kaynağının a ve b katsayıları ile analize tabi tutulacak minimum ve maksimum deprem büyüklüklerini, analizde kullanılacak hücre boyutunu, magnitüd artış miktarını, analizde göz önünde bulundurulacak minimum ve maksimum yer ivmesi ile ivme artış değerini, pik yatay yer ivmesinin standart sapmasını ve aşılma ihtimali hesabı için zaman periyodu DATA-GDI isimli veri dosyasından okur.

Subroutine MSFMAT; programın en uzun bölümünü oluşturur. Bu program parçasında yapılmak istenen, her bir deprem kaynağını karelere bölmek suretiyle



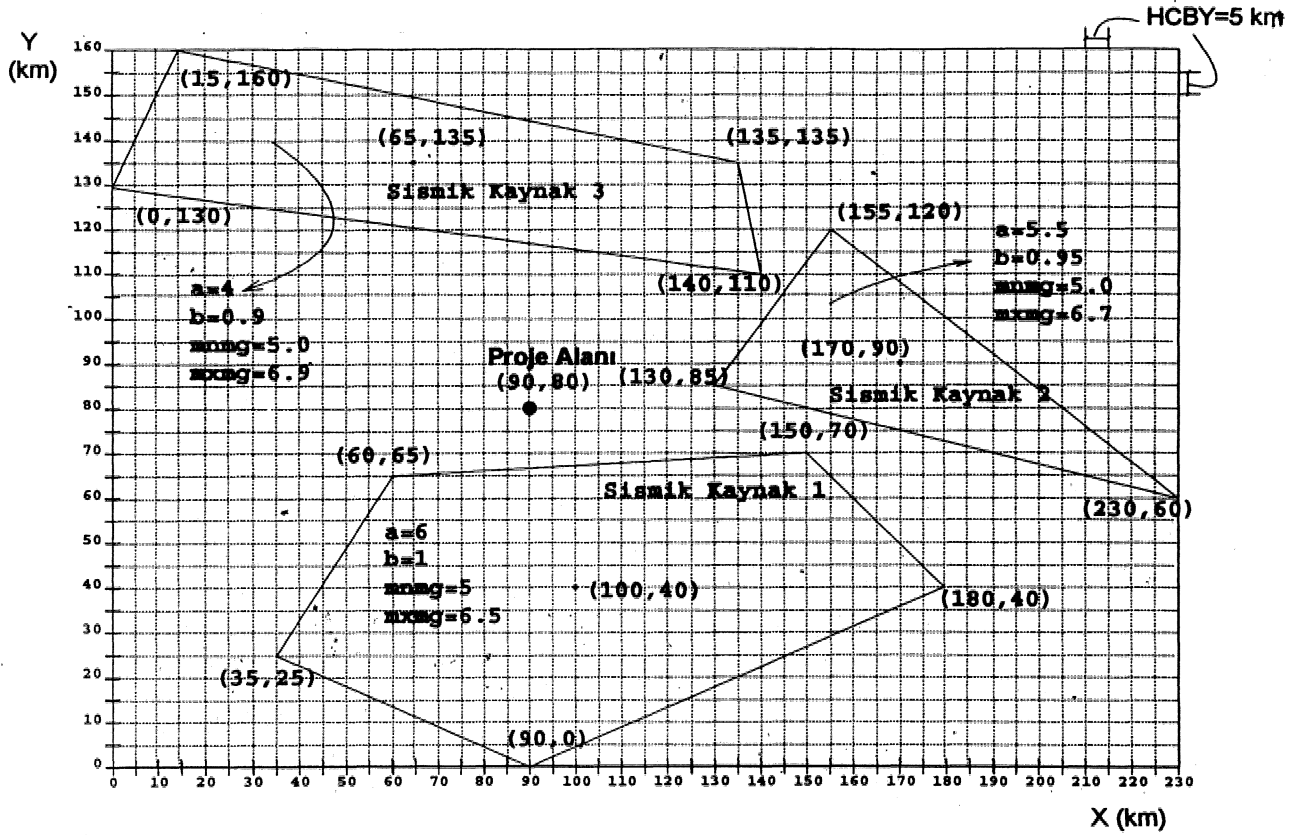
Şekil 6. Prohabilitik yaklaşım ile elde edilen sonuçların aşılma ihtimali-maksimum yer ivmesi grafiği şeklinde sunulması.

oluşturulan hücrelerin orta noktalarının proje alanına uzaklığını hesaplayarak bir matris içerisinde toplamaktan ibarettir. Bu program parçasında yapılan işlemlerin sırası aşağıdaki gibidir:

- kaynak alanın kenar uzunluklarının hesaplanması,
- kaynak alanın köşeleri arasında en küçük ve en büyük x ve y koordinatlarının hesaplanması,
- kaynak alanın bütün köşelerini içine alan en küçük dikdörtgenin oluşturulması (Şekil 8),
- oluşturulan dikdörtgenin daha önceden belirlenmiş olan hücre boyutuna göre karelere bölünmesi (Şekil 9) (hücre boyu genellikle 5 km ya da 10 km arasında seçilirse amaca uygun olacaktır),
- oluşan karelerin orta noktalarının koordinatlarının belirlenmesi,
- kaynak alanın kenarları üzerinde belirli aralıklarla noktalar oluşturulması (Şekil 8) (hücreboyunun yansı kadar nokta aralığı amaca uygundur),
- kenar üzerinde oluşturulan bu noktaların koordinatlarının belirlenmesi,
- hücrelerin (karelerin) orta noktalarının kaynak alan yaklaşık orta noktasına olan uzaklıklarının ( a olsun) kenar çizgisi üzerinde oluşturulan noktaların kaynak yaklaşık merkezine olan uzaklığıyla ( b olsun) karşılaştırılması ( a < b ise hücre kaynak alan içinde, değilse dışarıda bırakılır) (Şekil 8, 9 ve 10).
- kaynak alan içinde kalan hücrelerin koordinatlarının belirlenmesi ve
- kaynak alan içinde kalan hücrelerin orta noktalarının



## Sismik Tehlike Analizi



Şekül 7. Örnek olarak sunulan probleme ait verilerin koordinat sisteminde gösterilmesi.

nm proje alanına olan uzaklığının hesaplanarak bir matris içinde toplanması.

Subroutine MAGMAT adlı program parçası ile her bir deprem kaynağı için belirlenmiş olan minimum magnitüd-maksimum magnitüd aralığı  $dm$  kadar parçalam bölünür. Her bir  $dm$  aralığının alt ve üst magnitüd sınırlarına karşılık gelen deprem sayısı bulunur. Alt ve üst sınırlarda oluşan deprem sayılarının farkı,  $dm$  aralığı için yıllık deprem sayısını ( $\lambda$ ) verecektir (Şekil 11). Bu işlem her bir kaynak alan için telfar edilir ve elde edilen değerler bir matris içinde toplanır.

Subroutine IVMAT program parçasıyla daha önceden mesafe ve magnitüd matrislerinde kaydedilen değerler Joyner ve Boore (1988) azalım ilişkisine uygulanarak bir maksimum yer ivmesi matrisi oluştururlar, Joyner ve Boore azalım ilişkisi sadece örnek olarak göstermek amacıyla seçilmiş olup aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$\log y = a + b(M-6) + c(M-6)^2 * d \log r + kr + s \quad (12)$$

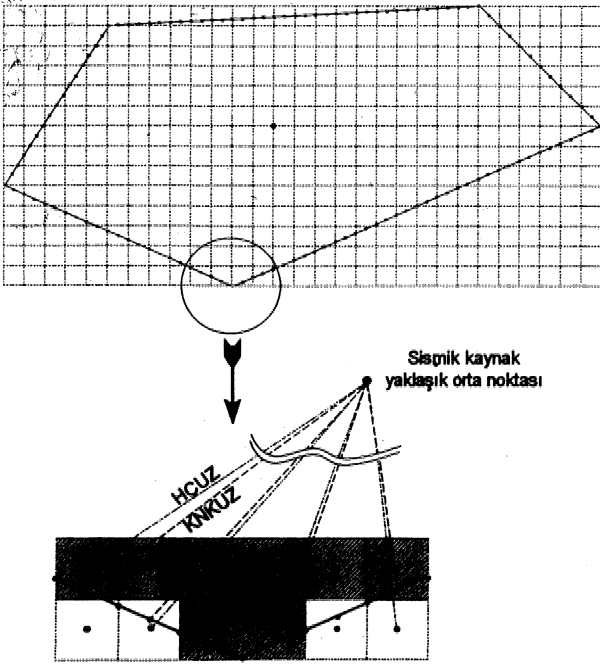
Burada,  $y$  « maksimum yatay yer ivmesi ( $g$  cinsinden),  $M$  = deprem büyüklüğü,  $a = 0,43$ ,  $b = 0,23$ ,  $c = 0,0027$ ,  $d = -1,0$ ,  $k = -0,0027$ ,  $s$ : zemin etkisini hesaba katan parametre (anakaya için  $s=0$ ) ve

$$r = (r_0^2 + h^2)^{1/2}$$

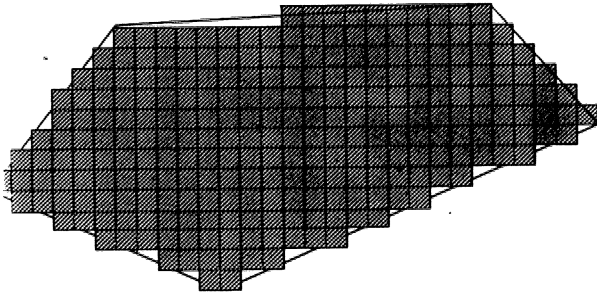
Bu bağmüda  $r_0$  = proje alan ile episantr arasındaki en kısa mesafe (km) ve  $h$  = S.Ö'dir.

Joyner ve Boore (1988)'un teklif ettiği (12) nolu bağıntı  $5 \leq M \leq 7.7$  deprem büyüklükleri için geçerlidir. Joyner ve Boore bağıntısı için maksimum yer ivmesi Standard sapması  $\sigma_{\log y} = 0.28$  (ya da  $\sigma_{\ln y} = 0,645$ ) olarak verilmiştir.

Başka bir azalım ilişkisi kullanmak gerektiğinde Subroutine IVMAT'ı seçilen azalım ilişkisine göre değiştirmek kaçınılmaz olacaktır. Ayrıca, seçilecek başka azalım ilişkisine ait standart sapmayı da uygun şekilde veri dosyasına (datagir) koymak gereklidir. Birden



Şekil 8. Sismik kaynağın içinde kalan hücreleri belirlemede kullanılan mantığın şematik gösterimi.

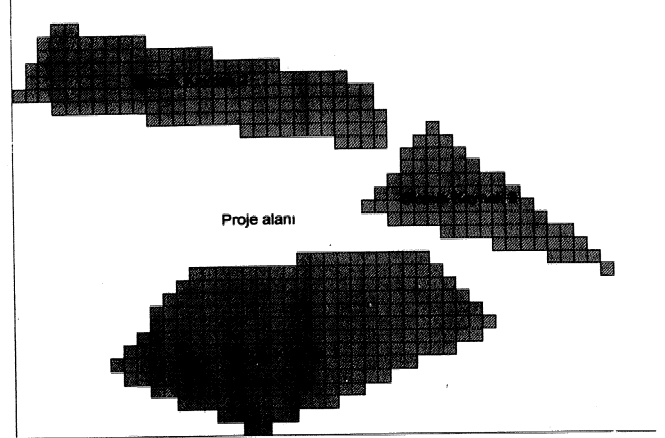


Şekil 9. Poligon üçgen, beşgen, vs) şeklinde tanımlanan sismik kaynağın orjinal sınırları ile sismik kaynak içinde tutulmuş olan hücrelerin karşılaştırmalı olarak gösterimi,

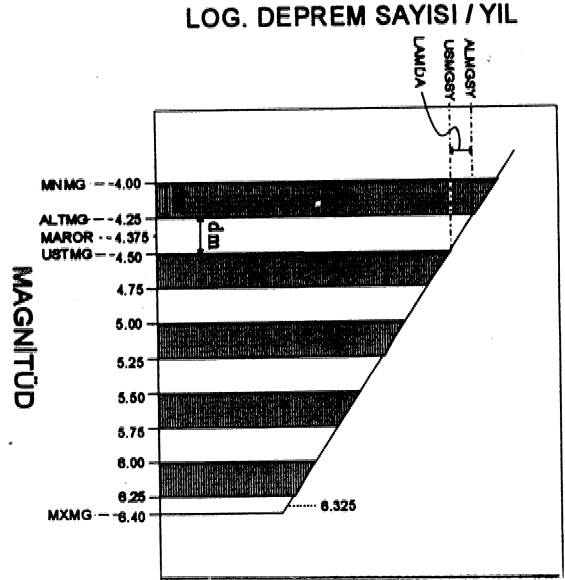
fazla azalım ilişkisi kullanmak suretiyle sonuçları karşılaştırmalı olarak elde etmek mümkündür. Bunun için yine programda değişiklik yapılması gereklidir.

Function Fi program parçasıyla ana program içinde hesaplanan U'ya karşılık gelen probabilité değeri hesaplanmaktadır.

Program SISTEHAN'ın kaynak kodu EK-1'de sunulmuştur. Program kişisel bilgisayarda (PC) kullanılmak üzere yazılmıştır. Mainframe sistemlerinde kullanılabilmesi program içerisinde küçük bir değişiklik yapılmasını gerektirebilir, PC ile kullanılmak istendiğinde



Şekil 10. Bütün sismik kaynakların hücrelere bölünmüş olarak temsil edilmesi.



Şekil 11. Magnitüd matrisi oluşturulmasında kullanılan değişkenlerin şematik gösterimi,

kaynak kodunun bir derleyici ile oluşturulabilir (.exe) şekle getirilmesi gereklidir, 486/66 türündeki bir PC'de programın çalışma süresi 15 saniyenin altındadır,

EK4'de verilen kaynak kodu oluşturulabilir hale getirildikten sonra programdan elde edilen sonuçlar dönüş periyodu-maksimum yer ivmesi şeklinde birinci çıktı dosyasında (sonuç 1) saklanır, Belirli bir zaman dilimi için hesaplanan aşılma ihtimalleri de Mnci çıktı dosyasına (sonuç 2) yazılır.

Hazırlanan örnek probleme ait verilerin muhafaza edildiği dosyanın örneği EK-2'de; Dönüş periyodu-

ivme hesabı için elde edilen sonuçların listesi EK-3'te ve aşılma ihtimali- yer ivmesi için elde edilen sonuçların listesi EK-4' te sunulmuştur,

### SONUÇ VE TARTIŞMA

Sismik tehlike analizini probabilistik yaklaşımla hesaplamak amacıyla çekirdek sayılabilecek kısa ve kolay anlaşılabilir bir program hazırlanmıştır. Programda; belirli büyüklükteki yer ivmesi değerlerine ( $\text{cm/sn}^2$ ) karşılık gelen dönüş periyodları ile belirli bir zaman periyodu içerisinde maksimum yer ivmesinin aşılma ihtimalinin hesaplanması amaçlanmıştır,

Sismik tehlike analizindeki input parametreleri oluşturan kaynak alan sınırları, kaynak alan için minimum ve maksimum magnitüd değerleri ve a ve b katsayıları ile azalım ilişkilerinin sonuçlar üzerindeki etkisi büyüktür. Başlıca 3 ana grupta toplanan belirsizlikleri hesaba katmakla elde edilecek sonuçların daha güvenilir olacağı aşikardır.

Proje alanı ile sismik kaynakların koordinatları pozitif dikdörtgen koordinat sistemine göre hazırlanmıştır. Bölgesel ölçekteki problemlerde kullanıcının yerin küreselliğini de hesaba katması gerekebilir,

### DEĞİNİLEN BELGELER

- Algermissen, S.T., Perkins, D.M., Thenhaus, P.C., Hanson, S.L., and Bender, B.L., 1982, Probabilistic estimates of maximum acceleration and velocity in rock in the contiguous United States: U.S. Geological Survey Open-File Report, 824033,
- Anderson, J.G., 1978, Program EQRISK: A computer program for finding uniform risk spectra of strong earthquake ground motion: Report, LL of Southern California, Dept. of Civil Engineering.
- Araya, R., and Der Kiureghian, A., 1988, Seismic hazard analysis; improved models, uncertainties and sensitivities, Earthquake Engineering Research

Center, Report No, UCB/ËERC-90/11, University of California, Berkeley, CA, 155 p.

- Bender, B. and Perkins, D.M., 1987, SEIRISK III: A computer program for seismic hazard estimation: U.S. Geol. Surv, Bull. No.1772,
- Campbell, K.W.,1985, Strong motion attenuation relations a ten-year perspective: Earthquake Spectra, 1(4), 759-804,
- Chiang, W-L., Guidi, G.A., Mortgart, C.P., Schoof, C.C. and Shah, H.C., 1984, Computer programs for seismic hazard analysis: A User Manual, Report No.62, The J. A. Blume Earthquake Engineering Center, Stanford University, California.
- EERI Committee on Seismic Risk, 1989, The basics of seismic risk analysis: Earthquake Spectra, 5(4), 675-702.
- Gülkan, P., Koçyiğit, A., Yiicemen, M.S., Doyuran, V., ve Başöz, N., 1993, en son verilere göre hazırlanan Türkiye deprem bölgeleri haritası: ODTÜ Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, Rapor No, 93-01,
- Joyner, WJ3, and Boore, D.M., 1988, Measurement, characterization and prediction of strong ground motion: Earthquake Engineering and Soil Dynamics, 2, Recent Advances in Ground motion Evaluation, 43402,
- Polo, C.M. and Slemmons, D.B., 1990, Estimation of earthquake size for seismic hazards, in Krinitzsky, E.L, and Slemmons, D.B., editors, Neotectonics in Earthquake Evaluation: Reviews in Engineering Geology, 8,1-28,
- TORA Corporation, 1980, Seismic hazard analysis for the Savannah River Plant, South Carolina: Report by TERA Corporation, 2150 Shattuck Ave. Berkeley, California.



## Sismik Tehlike Analizi

```
30 continue
   g = a(n)/980,eeş
#
* Dönüş periyodunun hesaplanması

   dp(n) < l/kumlam(n)
   write (10,40) a(n),g,dp(n)
*
* Aşılma ihtimalinin hesaplanması
*
   probiv(n) = exp(-kumlam(n)*zaman)
   probiv(n) = 1-probiv(n)
   write(11,45) aCn,i.g,probivCn)
40 format (1x,f7,2,Sx,16,4,5x^10,3)
45 format (1x,f7,2,Sx,fi,4,5x,f10,3)
50 continue
   end
*****
*
*           SUBROUTINE  DÂTÂOKU
*****
*
* Program parçasında kullanılan değişken ve matrislerin tınıımı
#
* LKSX : Proje sahası x koordinati
* LKSY:   "   "   y   "
* HCBY : Hücre boyutu (km)
* DM : Magnitüd artış miktarı
* KKSYS : Sismik kaynak köşe sayısı
* KYNKX:   "   "   köşesi x koordinati
* KYNKY:   "   "   "   y   "
* MRX : Sismik kaynak yaklaşık orta noktası x koordinati
* MRY :   "   "   "   "   "   "   "   "   "   "   "   "   "   "   "   "
* KTSA:   "   "   "   a katsayısı
* KTSB:   "   "   "   b   "
* MNMG : "   "   "   için deprem tehlike analizinde hesaba katılacak
*         minimum deprem büyüklüğü
* MXMG : Sismik kaynak için deprem tehlike analizinde hesaba katılacak
*         maksimum deprem büyüklüğü
* MXIV : Deprem tehlike analizinde hesaba katılan maksimum ivme (cm/sn2)
*****
subroutine dataoku
  real r(10,1000),mgn,maror(10,20),dm,ksa(10),ktsb(10),mnmg(10),
+   mxmgfiOj/lksx,lksy,hcby,kyntoctiO.aj,kynkyCiO.SJ.mrxflO),
+   mryflQ^mni^mxivjyar.siglna.zaman
  integer ksys,sayhe(10),saymar(10),kksys(8),ivsay
  common/emn1/ksys,saylrc,r,saymar,mgn,maror
  common/emnS/dm,ksa,lrtsb,mnmg,mxmg
  eommon/emn3/lksx,lksy,hcby,kksys,kynkx,kynky,mrx,miy
  common/cmn4/mniv,mxiv,ivar,siglna,ivsay.zaman
  open QO.files'dataglr')
  read (20,*) ksys,lksx,lksy,hcby,dm
  do 110 i= 1,ksys
    rwd(20^Way^i),(kynkx(IJ),kynky(IJ)j=i,kkiry(i)),
+   mnc(i),mry(i)
110 continue
  do 120 j = 1,ksys
    read (20,*) ktSiüi.ktibÖJ^nmgOl.rröcmgö)
120eontinue
  read (20,*) mniv,mxiv,ivar,siglna
  iviay a (mxlv^mniv+ivar)/ivar,zaman
  return
end
```

## Sismik Tehlike Analmi

```

*****
*
*          SUBROUTINE  MSFMAT
*
*****
*
* Program parçasında kullanılan değişken ve matrislerin tanımı
#
* KNUZ  ; Sismik kaynak kenar uzunluğu
* MINX  :      "          köşeleri arasında en küçük x koordinatı
* MINY  :      "          "          "          "          "          "          "
* MKSX  :      "          "          "          "          "          "          "
* MK8Y  :      "          "          "          "          "          "          "
* HCSYX ; Dikdörtgen içine alınmış kaynağın x kenarı boyunca hücre sayısı
* HCSY  :      "          "          "          "          "          "          "
* HCX   ; Dikdörtgen çerçeve içine alınmış hücrelerin x kbordinatı
* HCY   :      "          "          "          "          "          "          "
* KNSAYX ; Sismik kaynağın kenarı üzerindeki nokta sayısı (x eksenine göre)
* KNSAY  :      "          "          "          "          "          "          "
* KNKX  :      "          "          "          "          "          "          "
* KNKY  :      "          "          "          "          "          "          "
* HCUZK ; Dikdörtgen içindeki hücrelerin sismik kaynak yaklaşık merkezine
*          uzaklığı (km)
* KNKUZ ; Sismik kaynak kenarı üzerindeki noktanın sismik kaynak yaklaşık
*          merkezini uzaklığı (km)
* ENYKN ; Hücre merkezine en yakın kenar noktasının sismik kaynak yaklaşık
*          merkezine uzaklığı (km)
* KNAR  ; Hücre merkezine en yakın kenar noktasını arayıcı
* HCTUTX ; Sismik kaynak içinde kalan hücrenin x koordinatı
* HCTUTY ;      "          "          "          "          "          "          "
* R     ; Hücrenin proje alanına uzaklığı (km)
*
*****
subroutine msfmat
  roâlr(10*10ÛÛ),mgn,maror(1Ô20),lksx,lksy,hcby,kynkx(108),
* kynky(10,8), mrx(10), mry(10), knar, knuz(8), hcx(1000), hcy(1000),
+ hcuzk(1000), knloçÔÖ, knky(500), hctub(10p,1000), enykn,
+ hctuty(10,1000), minx, mksx, miny, mksy, knkuz(500)
integer ksys, kksys(8), hcsyx, hesyy, say 1, say2, sayhc(10)p, knsayx,
+ knsayy,tut,saymar,JO)
  common /Gmn1/ksys,sayhe,r,3âymar,mgn,marör
  common /emnS/lksx, lksy, hcby, kksys, kynloc, kynky, mrx, mry
  do 265 nn=1, ksys
  do 20Si=1,kksys(nn)
    if (Leq^kksysCnn) then
      kynto<(nn,i+1) = kynkx(nn,1)
      kynky(nn,i+1) = kynky(nn,1)
    endif
  *
  * Kaynak alanın kenar uzunluğunun hesaplanması
  *
      knuz(i) s sqrt^kynkxfnn.i-j-kynkxfnn.i+i^a+XkynkyCnn.i^
+      kynky(nnj+1)**2)
  205 continue
  *
  * Kaynak alanın köşeleri arasında minimum x ve minimum y değerine
  * sahip nokta(lar)ın belirlenmesi

      minx= kynkx(nn,1)
      miny = nky(nn,1)
      do 210j=1,kksys(nn)
        if (kynloc(nn,j).ltminx) minx « kynkx(nn j)
        if (kynky(nn,j)Jtminy) miny » l^nkylfnnj)
  210 continue
  *
  * Kaynak alanın köşeleri arasında maximum x ve maximum y değerine

```

## Sismik Tehlike Analizi

```
*sahip nokta(lar)nm belirlenmesi
mksxskynlo({nn,1)
mksy = kynky(nn,1)
do 215 k=1,kksyi(nn)
  if (kynkxCnn.kJ.filmkix) mksx = kynkx(nn,k)
  if (kynkyCnn.kJ.gtmksy) mksy = kynky(nn,k)
215 continue
#
* Kaynak alanı içine aitcak en küçük dikdörtgenin oluşturulması
*
hesyx = (mksx-minx)/heby
hesyy = (mksy-miny)/heby
şayi = 0
do 225 L=1, hesyy
  do 220 m=1,hGsyx
    şayi =say1+1
*
* Dikdörtgen içindeki hücrelerin (karelerin) orta noktalarının x ve y,
* koordinatlarının belirlenmesi
*
hex(say1) s (minx-heby/2)+m*hcby
hcy(sayi) = (miny-hcby/2)*L*hcby
220 continue
225 continue
say2=s0
#
* Kaynak alan kanarlarını hücre boyutunun yarısı kadar aralıklara
* bölerek noktalar oluşturulması
dö240n=1,kksys(nnj)
if(n,eq.kksys(nn))than
  kyntoc(nn,n+1) = kynlo(nn,1)
  kynky(nn,n+1) = kynky(nn,1)
endif
knsayx = absCCKynkxfnn^HyntocCnn^+IMhcby^))
knsayy = abs((kynky(nn,n)-kynky(nn,n*1))/(hcby/2))
*
* Kaynak alanın kenarının eğimi 45 dereceden az ise bölümlendime
* x eksenini üzerinde yapılır
if (knsayx^e.knsayy) then
  do 230 N1,knsayx
    say2 =say2+1
    knkx(say2) = kynkxCnn.nHCkynkxCnn.nJ-kynlgcCnn.n+W/knsa^ri
    knky(say2) = kynky(nn,nH(kynky(nn,n)-kynky(nn,n+1)))/knsayx)*i
230 continue
else
#
^ Kaynak alanın kenarının eğimi 45 dereceden büyük ise bölümlendime
* y eksenini üzerinde yapılır
*
do 235-j=1, knsayy
  say2=say2+1
  knkx(say2) = kyntocJnn.nHtkynMnn.nJ-kynkxtnn.n+ijyknsayyrj
  kn^ (say2) = kynky(nn,nH(kynky(nn,n)-kynky(nn,fi*i)))/knsayy)*j
235 continue
endif
240 continue
*
* Dikdörtgen içindeki hücrenin orta noktasının kaynak alan yaklaşık
* orta noktasına uzaklığının hesaplanması
dö245Ki,say1
hcuzk(i)=sqrt((mr(x(nn)-ho)((i)r2+(mry(nn)-hcy(!))**2)
245 continue
```

## Sismik Tehlike Analizi

```
*
* Kaynak alan kenarları üzerinde belirlenen noktaların kaynak alan
* yaklaşık orta noktasına uzaklığının hesaplanması

      do250p1,say2
      knkuz(|)^sqrt((mr(x(nn)-knloc(j)))**2+(mry(nn)-knkyö)r2)
250 continue
      sayhe(nn) = 0
#
* Dikdörtgen içindeki hücrelerin merkezlerine en yakın kenar noktasının
* aranması

      do260k=1,iay1
      enykn=sqrt((hcx(k)-knkx(1))r2+(hcy(k)-knky{1})**2)
      do 255 L:=say2
      knar^sqrt((hcx(k)-knloc(L))**2+(hcy(k)-nky(L))**2)
      if(knarJe_senykn)then
        enykn = knar
        tut = L
      endif
256 continue
*
* Hücrenin orta noktasının kaynak alan yaklaşık orta noktasına uzaklığını,
* hücreye enyakın kenar noktasının kaynak alan yaklaşık orta noktasına
* uzaklığı ile karşılaştırılarak dikdörtgenin içinde ancak kaynak alanın
* dışındaki hücrelerin atılması

      if (hcuzk(k).le,knkuz(tut)) then
        sayhe(nn) = sayhc(nn)*1
        hctubc(nn,sayhc(nn)) = hcx(k)
        hctuty(nn,sayhe(nn)) = hcy(k)
      endif
260 continue
265 continue

* Kaynak alan içinde kalan hücrelerin proje alanına uzaklığının hesaplanması
*
      do275N1,kysys
      do27Öj=1,sayhc(i)
      r(i,j) = sqrt(CChctutxCijHksx^+ChctutyCij^lksy)***)
270 continua
275 continue
      return
      and
*****
*
* SUBROUTINE MAGMAT
*
*****
* Program parçasında kullanılan değişken ve matrislerin tanımı
#
* MGARSYS : Sismik kaynak için minimum ve maksimum deprem büyüklükleri
* arasında am'y@ göre hesaplanmış magnitud aralık sayısı
* ALTMG : Magnitud aralığı alt değeri
* USTMG: . . . üst "
* MAROR: . . . orta <
* ALMQ8Y : " . . . alt değerine karşılık gelen yıllık deprem sayısı
* USMG8Y: . . . üst "
* LAMDA: . . . alt ve üst sınırlarına kastık gelen yıllık
* deprem sayısı farkı (dolayısıyla, sözkonusu sismik kaynağa ait
* hücrenin Verilen magnitud aralığı için yıllık deprem sayısı)
*
*****
      subroutine magmat
      real r(10,1000J.mgn.marorCl O.SOJ.yarlmCl 0,1000,20),
```



## Sismik Tehlike Analizi

```

*   lamdaClQ.tQÖÖ.SOJ.aftmg.ustmg.almgsy.üsngsy,
+   ktiaClOj.ktsbClO^dm.mnmgClOmxmgClO)
integer .kysys.sayheClQi.saymarClOJ.mgarsy
common /emni/l^sys.sâyhe.r.saymar.mgn.maror
common /emn^dm.ktii.ktsb.mnmg.mxmg
common /cmnS/yêrivm,lmda
d@54Ql^1,kysys
*
* Kaynak alan için verilen minimum ve maksimum deprem büyüklüğü arasındaki
* aralık sayısının d.m'y e göre belirlenmesi

mgarsy = (mxmg(i)-mnmg(i))/dm
if ((mxmg(i)-mnmg(i)),ne,(mgarsy*dm)) mgarsy=mgarsy+1
do530j~^1,8ayhc(l)
k=1
510 altmg = mnmg(i)+(k-1)^dm
if (k eq, mgarsy) then
ustmg = mxmg(i)
else
ustmg = mnmg(i)+k*dm
andif
maror(i,k) = (altmg+ustmg)/2
âimgsy = 1 Ú^CWsaCl^ktsbCifaltmg)
usmgysy = 10**(ktsa(i)-ktsb(i)*ustmg)
lamdâ(i,j,k) = (almgsy-usmgysy)/sayhe(i)
if (kêq.mgarsy) go to 530
k s k+1
go to 510
530 continue
saymar(i) = k
540 continue
return
and
*****
*
*           SUBROUTINE  IVMAT
*
*****
* Program parçasında kullanılan değiş kan ve matrislerin tanım!
*
* MGN : Deprem büyüklüğü
*
*****
subroutine ivmat
real r(10,1000),mgn.marorClO.SO^yerivmClO,1000,20),
+ lamda(10,1000,20)
integer kysys,sayhe(10),saymar(10)
common/cmni/i^sys.iayhcr.saymar.mgn.maror
common /cmnS/yarivm, lamda
do 330 i = 1,kysys
do320j»t,sayhc(i)
doâiOk-t.iaymarW
r(ij)^(r(ij))^2*a4ro.5
if(r(ij)Je,10)r(j,j)-10
mgn = maror(i,k)
yerivmaj.^ClO^O^S+O.aa^mgn^HlôgiOCrCij^O.OOai^*
+
rnjMrss0.ees
310 continue
320 continue
330 continue
return
end

```

## Sismik Tehlike Analizi

```

*****
*
*           FUNCTION Fİ
*
*****
real function fi(u)
sp=.2318419
bi =.3103815
b2 s ^ 3585638
b3=1,781478
b4^-1,821256
b5 = 1330274
if (U.K.0) then
  sx = -u
alst
  sx= u
endif
se= 1/sqrt(44./7.)*txp(.,S*sx**2)
if(sxJt,6,)then
  t=1./(1+sp*sx)
  s = 1-sc*(t*(b1+t*(b2+f(b3+t*(b4+b5*t))))))
else .
  s = 1-1./sx*zx
andif
if (u.lt.0.) s = 1-s
fi = s
return
and

```

EK-2: Program SİSTEHÂN için Input dosyası

```

3 90 80 5 0.25
5 90 0 180 40 150 70 60 65 35 25 100 40
3 130 85 230 60 155 120 170 90
4 0 130 140 110 135 135 16 160 85 135
6 1 5.0 6.5
5.5 0.95 5.0 6.7
4 0.9 5.0 6.9
25 500 25 0.645 100

```

EK-3': Dönüş periyodu olarak hesaplanan çıktı listesi.

(i)	a(g)	Dönüş Periyodu
25.00	.0265	.209
50.00	.0510	.682
75.00	.0765	1.739
100.00	.1020	3.818
125.00	.1275	7.594
150.00	.1530	14.058
175.00	.1785	24.633
200.00	.2039	41.307
225.00	.2294	66.808
250.00	.2549	104.813
275.00	.2804	160.201
300.00	.3059	239.367
325.00	.3314	350.593
350.00	.3569	504.488
375.00	.3824	714.524
400.00	.4079	997.599
425.00	.4334	1374.882
450.00	.4589	1872.580
475.00	.4844	2522.890
500.00	.5099	3365.077

EK-4: Afii mi ihtimali olarak tide edilen çıktı Ustası  
(örnek problemde 100 yıl için hesaplandı)

(a)	a(g)	Aşılma İhtimali
25.00	.0255	1.000
50.00	.0510	1.000
75.00	.0765	1.000
100.00	.1020	1.000
125.00	.1275	1.000
150.00	.1530	.999
175.00	.1785	.983
200.00	.2039	.911
225.00	.2294	.776
250.00	.2549	.615
275.00	.2804	.464
300.00	.3059	.341
325.00	.3314	.248
350.00	.3569	.180
375.00	.3824	.131
400.00	.4079	.095
425.00	.4334	.070
450.00	.4589	.052
425.00	.4844	.039
500.00	.5099	.029

# Sınır Tenör Kararlarında Üretim Kapasite Kısıtlarının Etkileri

## The Effects of Production Capacity Limits in The Cut off Grade Decisions

Adnan KONUK

O.Ü, Maden Mühendisliği Bölümü, ESKİŞEHİR

Gürkan YERSEL

A,Ü, Bözüyük Meslek Yüksek Okulu, BİLECİK

### ÖZ

*Bu çalışmada, sınır tenör kararlarında üretim kapasite kısıtlarının etkileri araştırılmaktadır. Bu amaçla öncelikle, rezerv-tenör dağılımlarının normal veya lognormal olması durumları için sınır tenör, tonaj oran ve ortalama tenör ilişkileri ele alınmaktadır. Daha sonra, tesis besleme, tesis çıkış ve maden tükenme kapasitesi kısıtlarının sınır tenör kararlarına etkileri analiz edilmektedir. Bu araştırmanın uygulama çalışması ise Etibank Kütahya Gümüşköy Gümüş Madeni İşletmesi üretim tesisleri ve sondaj verileri kullanılarak gerçekleştirilmektedir.*

### ABSTRACT

*In this study, the effects of production capacity limits are investigated in the cut off grade decisions. Firstly, the relationships among the cut off grade, average grade and tonnage are analyzed in case of both normal and lognormal distributions for reserve-grades distribution. Second, the effects to the cut off grade decisions that are limited in feeding to plant, output from plant and mine depletion capacities are analyzed. Finally, applications of this research are done by using the data of production plants and drill-holes of Etibank-Gümüşköy Silver Mine Company.*

### GİRİŞ

Sınır tenör, madencilikte yatırım ve işletme dönemi kârlılıkları üzerinde etkili olan en önemli değişkenlerden birisidir. Yatırım projelerinin hazırlanması aşamasında yapılacak bir sınır tenör optimizasyonu ile en iyi yatırım kararı alınabilir. İşletme aşamasında alınacak sınır tenör kararları ile ise maden işletmesi, günün değişen ekonomik ve teknik koşullarına uyumlu bir üretim yapılabilir.

Maden işletmelerinde, çeşitli üretim kademelerinde kapasiteler, teknik ve ekonomik zorluklar nedeniyle temel olarak aşağıdaki gibi üç farklı şekilde kısıtlanmış olabilir:

a) Konsanfre ve/veya rafineri tesisleri konsanfre cevher veya metal çıkış kapasitesinin sabit olması (Tesis Çıkış Kapasitesi Kısıtı),

b) Konsantratör ve/veya rafineri tesisleri konsanfre cevher veya metal çıkış kapasitesinin sabit olması (Tesis Çıkış Kapasitesi Kısıtı),

c) Maden yatağında cevher üretim ve/veya dekapaj kapasitesinin değiştirilememesi (Maden Tükenme Kapasitesi Kısıtı).

Ekonomik ve teknik koşullara uygun sınır tenör kararlarının uygulanması sırasında ise, bu işletme kısıtlarının etkisiyle konsantratör-rafineri tesisleri besleme kapasitesi, konsanfre cevher veya metal çıkış kapasitesi, maden yatağı tükenme kapasitesi ve maden yatağı tükenme ömrü artar veya azalır. Kurulu bir işletmede tesis ve tükenme kapasitelerinde meydana gelebilecek artışlar ek yatırımlar, azalmalar ise kullanılmayan atıl kapasiteleri gündeme getirecektir. Bu durumda ise, ek yatırımlar için ise işgücünde azaltmaya gidilmesi ve

## Sınır Tenor Kararlan

mümkünse atıl kalan makine ve ekipmanların elden çıkarılması gibi hususlar sözkonusu olacaktır,

Tesislerin konsantre cevher veya metal üretim kapasitelerinin artması sözkonusu olduğunda ise, ürünlerin pazarlanabilme olanaklarının araştırılması gerekir. Pazarlama olanaklarının kısıtlı olması halinde, konsantre cevher veya metal üretim kapasitelerinin artırılması, gereksiz stoklama giderlerine neden olabilir.

Sınır tenor kararlarıyla birlikte üretim kapasitelerindeki değişmelere bağlı olarak, maden yatağı tükenme ömrünün artması veya azalması, özellikle yapılan yatırımların amortismanlarının ve yıllık nakit akımlarının bugünkü değerlerinin artması veya azalmasında önemli bir etkiye sahip olmaktadır, Maden işletmesine kurulacak tesislerin ve satın alınacak makina-ekipmanların ömürleri ile madenin tükenme ömrünün uyumlu olması gerektiği düşünüldüğünde de, sınır tenör kararlarıyla birlikte maden ömründeki değişimin önemi ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, maden ömrü arttıkça yıllık nakit akımları değişken ve parametrelerinin tahminindeki belirsizliklerin boyutunda artacağı gözönünde bulundurulmalıdır (Ross-Watt ve Mackenzie, 1979),

Şıpr tenor kararlan konusunda yapılmış olan çalışmaların çoğunda, fizibilite aşamasında sınır tenor optimizasyonu ile ilgilenildiğinden, üretim kapasite kısıtlan ihmal edilmektedir, Bununla birlikte, Lane (1964, 1988), çeşitli sınır tenör seçenekleri içiri maden, konsantratör, rafineri ve pazarlama kısıtlarının dikkate aldığı çalışmalarında, herbir koşul için sınır tenor seçenekleri için net bugünkü değerleri hesapladıktan sonra, çizimle optimum sınır tenörleri belirlemektedir. Blackwel (1970), Lane'nin yöntemine benzer olan çalışmasında açık ocak, konsantratör ve pazar kısıtlarından bahsetmektedir, Taylor (1972) da, sınır tenörle ortalama tenor ve tonaj oranı arasındaki istatistiksel ilişkilere de değindiği çalışmasında, maden yatağından cevher elde edilebilirliği, cevher hazırlama ve zenginleştirme, ürün eldesi ve pazarlama tasıtlan altında optimum sınır tenörün hesaplanmasını çalışmada, İsveç'teki bir yeraltı bakır madeni işletmesinde, maden üretiminin ve ömrünün sabit olması koşulları için yapılan sınır tenor optimizasyonun sonuçlarını tartışmaktadırlar.

Bu çalışmada, sınır tenör kararlannda^ üretim kapasite kısıtlanının etkilerinin araştırılması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda öncelikle, rezerv-tenör dağılımının normal veya lognormal olması durumları için smır te-

nörün üzerindeki rezervin tonaj oranı ve ortalama tenörlerinin hesaplanması ele alınmaktadır, Daha sonra, tesis besleme, tesis çıkış ve maden tükenme kapasitesi kısıtlan altında sınır tenor kararlanndan etkilenen değişken değerlerinin hesaplanması yöntemleri geliştirilmekte» dir. Son olarak ise, Etibank-Kütahya 100. Yıl Gümüş Madeni İşletmesi rezerv-tenör verileri kullanılarak uygulama çalışması gerçekleştirilmektedir,

### SINIR TENOR, TONAJ ORANI VE ORTALAMA TENÖRLİŞKİSİ

Maden yatakiannndan alman örneklerin ortalama tenörleri rassal dağıldığında, örnek tenörleri belirli aralıklarla sınıflandırarak, her tenör aralığına düşen frekanslar (cevher tonajı veya hacmi) saptanabilir. Bu frekanslara göre yapılacak istatistiksel hesaplamalarla rezerv-tenör dağılımı belirlenebilir (Nasuf, 1983), Dağımın istatistiksel parametreleri yardımıyla da, belirli bir smır tenorun üzerindeki cevher kütlelerinin tonajı (rezervi) ve ortalama tenörü hesaplanabilir (Parker, 1979; David, 1977),

Rezerv-tenör dağılımları genellikle normal veya lognormal dağılımın özelliklerini göstermekte olup, bu dağılımlar için sınır tenor ile ilişkili parametrelerin hesaplanması aşağıda açıklanmaktadır,.

#### Normal Dağılım

Rezerv-tenör dağılımının normal olması durumunda, sınır tenöre bağlı olarak tonaj oranı ve ortalama tenor aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir (Parker, 1979; David, 1977).

#### Tonaj Oranı

Standart normal dağılımın özelliklerinden yararlanılarak tonaj oranı aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$Z_c = (X_c - M) / \sigma$$

$$T_c = 1 - F(Z_c)$$

Burada,  $Z_c$  = sınır tenorun standart normal değeri,  $X_c$  = sınır tenor,  $m$  dağılımın aritmetik ortalaması,  $\sigma$  = dağılımın standart sapması,  $T_c$  = smır tenorun üzerindeki cevher rezervi tonajının toplam cevher rezervi tonajına oranı,  $F(Z_c)$  = smır tenorun standart normal değeri için kümülatif olasılık fonksiyonunun değeridir.

$Z_c$  standart normal değerine bağlı olarak  $F(Z_c)$  kümülatif olasılık yoğunluk fonksiyonu değeri istatistik kitaplarında verilen Standart Normal Yoğunluk Fonksiyonu çizelgelerinden elde edilebileceği gibi, aşağıdaki

## Sınır Tenör Kararları

eşitlikle de yaklaşık olarak hesaplanabilmektedir (David, 1977),

$Z_c < 0$  için;

$$F(Z_c) = 0,5 + 0,5 \cdot \frac{1 - e^{-2f(Z_c)}}{f(Z_c)}$$

$Z_c \geq 0$  için;

$$F(Z_c) = 0,5 - 0,5 \cdot \frac{1 - e^{-2f(Z_c)}}{f(Z_c)}$$

Hesaplanan tonaj oranıyla toplam cevher rezervinin çarpımından, sınır tenorun üzerindeki cevher rezervi hesaplanabilir:

$$R_c = R_e \cdot T_c$$

Burada,  $R_c$  = sınır tenorun üzerindeki cevher rezervi,  $R_e$  = toplam cevher rezervidir.

Ortalama Tenör

Belirli bir sınır tenorun üzerindeki cevher kütlelerinin ortalama tenörü;

$$X_c = 1 - \left[ \frac{1}{T_c} \cdot f(Z_c) \right]$$

eşitliği ile hesaplanabilir, Burada,  $X_c$  = sınır tenörün üzerindeki cevher kütlelerinin ortalama tenörü,  $f(Z_c) = Z_c$  standart normal değeri için normal olasılık yoğunluk eğrisinin yüksekliği olup,

$$\left\langle \left( Z_c \cdot K \cdot W \cdot \exp(-0,5 \cdot Z_c^2) \right) \right\rangle$$

eşitliğinden hesaplanabilir,

Lognormal Dağılım

Lognormal dağılım için sınır tenöre bağlı olarak tonaj oranı ve ortalama tenör aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır,

Tonaj Oranı

Cevher tenörlerinin logaritmik değerlerinin normal dağıldığı lognormal dağılımında da tonaj oranı, logaritmik sınır tenör için hesaplanan standart normal değerden elde edilebilir.

$$Z_c = \frac{\ln X_c - \ln \mu}{\sigma}$$

$$T_c = 1 - F(Z_c)$$

Burada,  $\mu$  = logaritmik aritmetik ortalama,

$\sigma$  = logaritmik standart sapmadır.

Ortalama Tenör

Rezerv- tenor dağılımı lognormal olan bir maden yatağında sınır tenorun üzerindeki cevher kütlelerinin ortalama tenörü aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilmektedir,

$$X_c = \left[ \frac{1}{T_c} \cdot F(Z_c - \beta) \right]$$

Burada,  $F(Z_c - \beta)$  standart normal değerinin kümülatif olasılık fonksiyonu değeridir,

### SINIR TENOR KARARLARINDA ÜRETİM KAPASİTE KISITLARININ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Tesis besleme, tesis çıkış ve maden tükenme kapasitelerinden herhangi birinin kısıtlı olması durumunda, alınacak bir sınır tenor kararının diğer kapasite değişkenleri ve maden tükenme ömrü üzerindeki etkilerini araştıran yöntemler aşağıdaki bölümlerden ele alınmaktadır.

Tesis Besleme Kapasitesi Kısıtlı

Tesis Besleme kapasitesi (BK) kısıtlı (sabit) olduğunda,  $i$ , sınır tenor seçeneği için yıllık konsanfre cevher veya metal çığa kapasitesi (ÇİQ);

$$\text{ÇK}_i = \text{BK} \cdot X_{ci}$$

eşitliği hesaplanabilir,

Maden yatağı tükenme ömrü ise ( $M_i$ ) ise;

$$M_i^* = \frac{R_e \cdot T_c \cdot J}{\text{BK}}$$

olup, burada  $R_e$  = maden yatağının toplam rezervi (ton)dir. Maden yatağı tükenme kapasitesi (TİQ) ise, maden yatağı toplam rezervi ve tükenme ömrüne bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir,

$$T_c = \frac{R_e}{M_i}$$

Tesis Çıkış Kapasitesi Kısıtlı

Belirli bir  $i$ , sınır tenor seçeneği için maden yatağının içerdiği toplam metal miktarı ( $Q_{Mj}$ );

$$Q_{Mi} = R_e \cdot T_{ci} \cdot X_{ci}$$

eşitliğinde ifade edildiği gibi, cevher rezervine, tonaj oranına ve ortalama tenöre bağlı olarak hesaplanır.

Tesis çıkış kapasitesini « (ÇK) sabit olduğu bu durumda  $i$ . sınır tenor seçeneği için maden yatağının tükenme ömrü ( $M_j$ );

$$M_i = \frac{Q_{Mi}}{\text{ÇK}}$$

olup, buna bağlı olarak tesis besleme-kapasitesi (BK<sub>i</sub>),

$$\text{BK}_i = \frac{R_e \cdot T_c}{M_i}$$

## Sınır Tenör Kararları

olur, Maden yatağının tükenme ömrüne bağlı olarak tükenme kapasitesi de (TIQ;

$$TK \wedge Re / Mi$$

eşitliği ile hesaplanabilir.

Maden Yatağı Tükenme Kapasitesi Kısıtlı

Maden yatağı tükenme kapasitesinin (TK) kısıtlı (sabit) olduğu durumda, tükenme ömrüde (M) tüm sınır tenör seçenekleri için sabit olur. Bu nedenle, i, sınır tenör seçeneği için tesis besleme kapasitesi (BK);

$$BKF(Re.TCi)/M$$

eşitliği ile hesaplanır, Tesis besleme kapasitesine bağlı olarak tesis çıkış kapasitesi (ÇK4);

$$CK_p BK_p \cdot XCI$$

eşitliğinde olduğu gibi hesaplanır,

### UYGULAMA ÇALIŞMASI

Sınır tenör kararlarında üretim kapasite kısıtlanmı etkilerini araştırmak amacıyla yapılan uygulama çalışmasında, Etibank Kütahya-Gümüşköy Gümüş Madeni İşletmesi Aktepe maden yatağı arama sondajlarından elde edilen rezerv-tenör verileri kullanılmıştır (Demirok, 1984), Maden yatağının rezerv-tenör dağılımının lognormal olduğu saptanmış olup, dağılımın hesaplanan istatistik parametreleri aşağıdaki gibidir.

Dağılım Parametreleri	Değeri
Logarit Ortalama- «- (Ln gr/tön Ağ)	48223
Log, Stand, Sapma - β=(Ln gr/ton Ag)	0.7911
Aritmet, Ortalama - \x - (gr/ton Ag)	169.901
Standart Sapma - a - (gr/ton Ag)	158,454
Çarpıklık Katsayısı - «3	2,9S1
Basıklık Katsayısı - «4	15.037

Rezerv-tenör dağılımı istatistik parametreleri ele alınarak, sınır tenör seçeneklerinin 50,100,150,200 ve 250 gr/ton olması koşullarında sınır tenörlerin üzerinde kalan rezervlerin tonaj oranları ve ortalama tenörleri hesaplanmış olup sonuçlar Çizelge-1 ve Şekil- 1'de verilmiştir,

Maden yatağının sıfırdan büyük tenörleri içeren toplam rezervi 24 772 740 ton olup, rezerv-tenör dağılımını araştırırken değerlendirmeye alınmayan sıfır tenörlü 720 294 tonluk dekapaj malzemesi de sahada mevcuttur.

Gümüşköy Gümüş Madeni İşletmesi konsantratör-

rafineri tesisi 50 gr/ton Ag sınır tenör ile yılda 122 ton metal Ag üretecek şekilde taraslandırılmış olup (Koçak, 1987), bu durumda;

«Tesis besleme kapasitesi (BK) =	955 738 ton/yıl
-Tesis çıkış (metal) kapasitesi (ÇK) =	122 ton/yıl
- Maden tükenme kapasitesi (TK) ≈	1.092 272 ton/yıl
» Maden tükenme ömrü (M) »	22,68 yıl

Yukarıdaki veriler temelinde, tesis besleme, tesis çıkış ve maden tükenme kapasitesinin sabit olduğu üretim kapasite kısıtlan altında, sınır tenör kararlarından etkilenen değişkenlerin değerlerinin hesaplanan sonuçları Çizelge-2 ve Şekil 2'de verildiği gibidir.

Şekil-2'den de izlendiği gibi, Gümüşköy Gümüş Madeni İşletmesinde;

- \* Tesis besleme kapasitesinin kısıtlı olması halinde;
  - Maden tükenme kapasitesi ve tesis çıkış (metal) kapasitesi hızla artmakta,
  - Maden tükenme Ömrü azalmaktadır,
- \* Tesis çıkış kapasitesinin kısıtlı olması halinde;
  - Maden tükenme kapasitesi artmakta,
  - Tesis besleme kapasitesi ve maden tükenme ömrü azalmaktadır.
- \* Maden tükenme kapasitesinin kısıtlı olması halinde;
  - Maden tükenme ömrü sabit kalmakta,
  - Tesis besleme ve çüaş kapasiteleri hızla azalmaktadır.

### SONUÇ

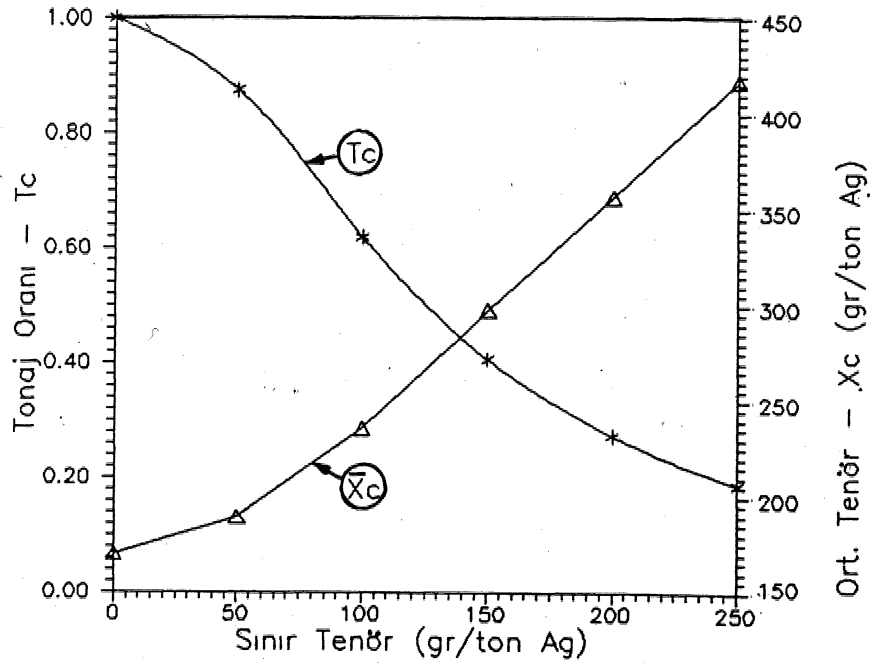
Tesisleri kurulmuş, yatırımları tamamlanmış ve üretime geçmiş olan maden işletmelerinde,ekonomik ve teknolojik gelişmelere uygun sınır tenör kararlarının alınması aşamasında üretim kapasitelerinden herhangi birinin kısıtlı olması halinde, diğer kapasite değişkenleri ve maden tükenme ömrü bu kısıttan önemli oranda etkilenmektedir,

İşletmelerde uyulanmakta olan sınır tenörün artırılması veya azaltılması durumlarında tesis veya maden tükenme kapasitelerinde meydana gelebilecek değişimler, yeni ek yatırımlar ile üretim artış ve azalışlarını gündeme getirebilecektir. Bu nedenlerle, işletme kısıtlan altında sınır tenör kararlarının alınması, mutlaka ekonomik analizleri içerecek optimizasyon çalışmalarını

## Sınır Tenör Kararları

Çizelge 1. Gümüşköy Gümüş Madeni Yatağında sınır tenör seçenekleri için cevher tonaj oranı ve ortalama tenörleri.

Sınır Tenör $X_{c_1}$ (gr/ton Ag)	Tonaj Oranı $T_{c_1}$	Ortalama Tenör $X_{c_1}$ (gr/ton Ag)
0	1.0000	169.90
50	0.8750	189.10
100	0.6182	235.45
150	0.4058	297.18
200	0.2737	357.00
250	0.1884	417.63



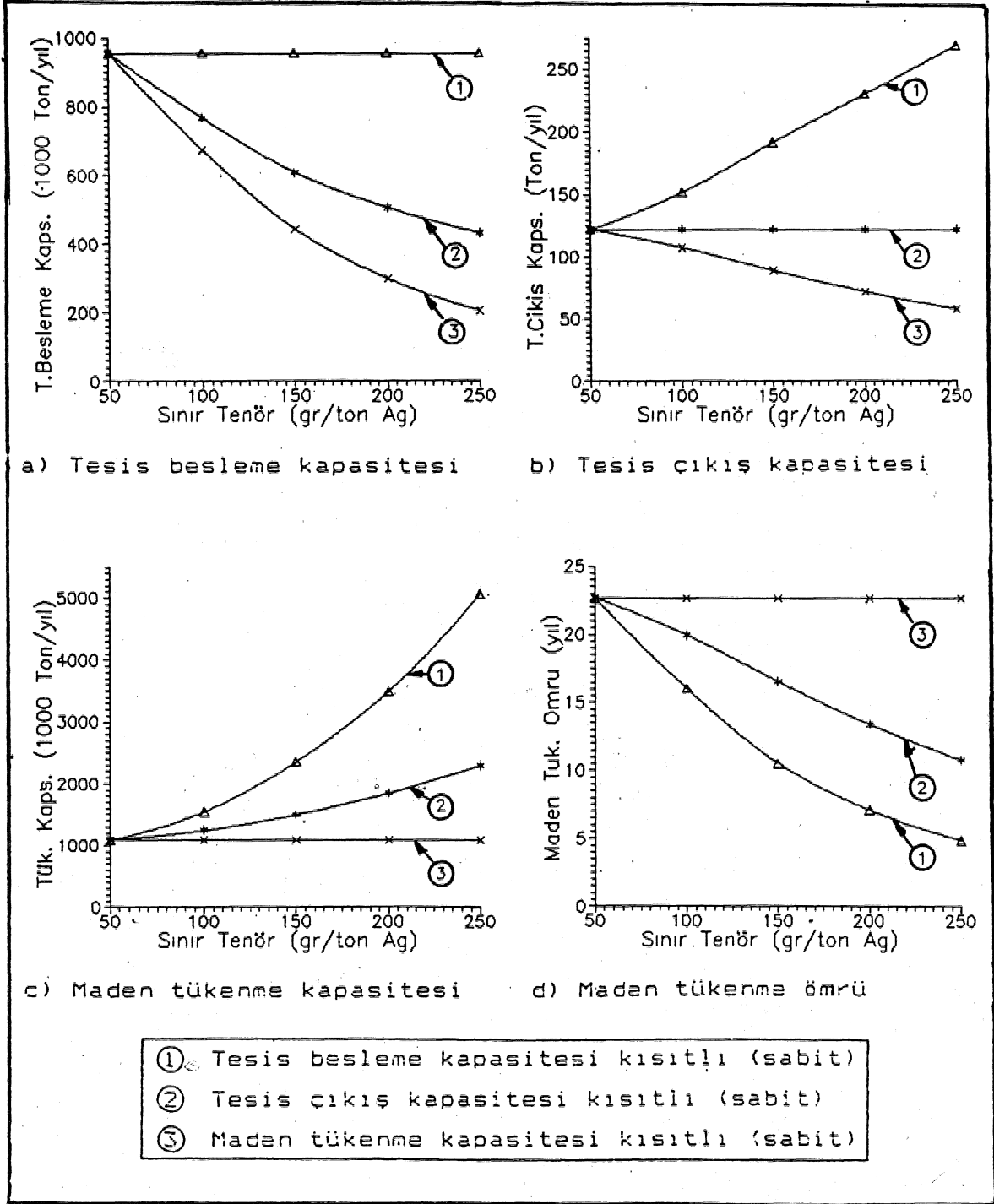
Şekü 2. Gümüşköy Gümüş Madeni Yatağında sınır tenörle cevher tonaj oran ve ortalama tenör İlişkisi,

Çizelge 2. Gümüşköy Gümüş madeni İşletmesinde üretim kapasite kısıtları altında alınan sınır tenör kararlarından etkilenen değişkenlerin değerleri.

Sınır Tenör $X_c$ (gr/ton)	Tesis Besleme Kapasitesi $BK_i$ (ton/yıl)	Tesis Çıkış Kapasitesi $ÇK_i$ (ton/yıl)	Maden Tüken. Kapasitesi $TK_i$ (ton/yıl)	Maden Tüken. Ömrü $M_i$ (yıl)
<b>Tesis Besleme Kapasitesi Sabit</b>				
50	955 738	122.000	1 092 272	22.68
100	955 738	151.894	1 546 363	16.02
150	955 738	191.718	2 354 823	10.52
200	955 738	230.309	3 494 039	7.09
250	955 738	269.423	5 076 381	4.88
<b>Tesis Çıkış Kapasitesi Sabit</b>				
50	955 738	122.000	1 092 272	22.68
100	767 645	122.000	1 241 741	19.95
150	608 154	122.000	1 498 653	16.53
200	506 370	122.000	1 850 093	13.39
250	432 948	122.000	2 298 028	10.78
<b>Maden Tükenme Kapasitesi Sabit</b>				
50	955 738	122.000	1 092 272	22.68
100	675 243	107.315	1 092 272	22.68
150	443 244	88.913	1 092 272	22.68
200	298 955	72.040	1 092 272	22.68
250	205 784	58.011	1 092 272	22.68



## Sınır Tenör Kararları



Sekili. Gümüşköy Gümüş Madeni İşletmesinde üretim kapasite kısıtlan altında alınan sınır tenör kararlarından etkilenen değişkenlerin değerleri,

sonrasında gerçekleştirilmelidir.

Tesis besleme ve metal çıkış kapasitesi kısıtlarının söz konusu olduğu Etibank Gümüş Madeni İşletmesinde, azalan gümüş satış fiyatından karşılıklı marjını korumak amacıyla yapılacak sınır tenor artışlarında, özellikle maden yatağının planlanan ekonomik ömürden önce tükeneceği gözönünde bulundurulmalıdır. Ayrıca, sınır tenor artışlarıyla birlikte ortaya çıkan kapasite kısıtlanım aşmanın getireceği ek yatırım maliyetinin, projenin karlılığına etkileri de analiz edilmelidir,

### DEĞİNİLEN BELGELER

- Blackwell MJLL., 1970, "Some Aspects of the Evaluation and Planning of the Bougainville Copper Project", Decision-making in the Mineral Industry, C,LM., pp, 261-269,
- David, M., 1977, Geostatistical Ore Reserve Estimation, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, p, 364.
- Demirok, H., Apul, H.R., Özyurt, A, ve İnanc, Ö., 1984, Etibank 100. Yıl Gümüş Madeni İşletmeleri Müessesesi Müdürlüğü Gümüş Madeni Açık İşletme Projesi (I. Revizyon), Kütahya, 132 s.
- Koçak, Y., 1987, Etibank Kütahya Gümüşköy 100. Yıl Konsantrasyon ve İzabe tesisi Projesi Fizibilite Etüdü (VI, Revizyon), Ankara, 91 s.
- Lane, K,R, 1964, "Choosing the Optimum Cut-Off Grade", Quaterley of the Colorado School of Mines, No,59, pp. 811=829.
- Lane, K.R, 1988, The Economic Definition of Ore (Cut-Off Grades in Theory and Practice), Mining Journal Books Ltd., London, p. 149,
- Nasuf,E., 1983, "Rezerv Hesaplamalarında İstatistiksel Yöntemler ve Bilgisayar Uygulamaları", Türkiye Mad, Bil, ve Tek, 8. Kong, Bildiriler Kitabı, Ankara, s. 201-212.
- Nilsson, D. and Aaro, B., (1985), "Cut-Off Grade Optimization", International Mining, July 1985, pp. 28-33.
- Parker, R, 1979, "The Volume-Variance Relationship: A Useful Tool for Mine Planning", Engineering and Mining Journal, October 1979, pp. 106423,
- Ross-Watt, D. and Mackenzie, B., 1979, "A Mining Project Evaluation Technique Incorporating the Response of Mine Management to the Resolution of Uncertainty", Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry, AIME, New York, pp. 115-127.
- Taylor, H,K., 1972, "General Background Theory of Cut off Grades", I.M.M, Transactions, July 1972,pp.A160-179.

# Katı Atık (Cop) Depo Yerlerinin Seçimi ve İnşaaındaki Bazı Ana Hususlar

Sücaattin **BARAN**  
Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı, ANKARA

## ÖZ

*Katı atıkların ortadan kaldırılmasında en etkili yöntemlerden birisi uygun yer koşullarında depolamadır Ancak tekniğe uygun yapılmamış bir katı atık deposu Özetlikle yere Utsu kirliliği açısından önemli tehlikeler arz eder. Bu nedenle depo yerleri Öncelikle jeolojik durum ve diğer veriler dikkate alınarak seçilmeli bu veriler doğrultusunda depo inşa edilmelidir,*

## ABSTRACT

*One of the most suitable ways for disposing the solid-wastes is to store them under suitable conditions, However; a storage which is not prepared according to the suitable technical qualities causes important dangers for underground waters Owing to this, the storage places must be selected according to the geological conditions and built on these data.*

## GİRİŞ

Katı atıklar nitelikleri itibariyle iki ana grup altında toplanmaktadırlar;

1- Zehirli madde ve ürünlerden oluşan tıbbi ve kimyevi atıklar.

2- Evsel nitelikli katı atıklar (Çöp),

Zehirli kimyasal madde ve ürünlerden oluşan katı atıkların bertarafı çok özel bilimsel çalışma ve yasal düzenlemeleri gerektirmektedir, Bunların depolanarak izole edilmesi yeni sorunlar doğurabileceğinden yakma ve kimyasal işlemlerle zararsız hale getirme en rasyonel yaklaşım olarak görülmektedir.

Evsel nitelikli katı atıklar; meskun bölgelerde evlerden atılan evsel atıklar» park, bahçe ve yeşil alanlardan atılan bitki atıkları, evsel atıksu arıtma tesislerinden elde edilen arıtma çamurları, hafriyat toprağı ve inşaat molozlarından oluşmaktadır,

14.3.1991 tarih 20814 sayılı "Katıkların Kontrolü Yönetmeliğı" uyarınca evsel nitelikli katı atıkların bertarafı için ön görülen başlıca yöntemler:

-Depozito ve kota uygulaması,

- işleme tesisleri (maddesel geri kazanma tesisleri, Yakma tesisleri, Kompostlaştırma tesisleri),

- Uygun yer koşullarında depolamadır,

Burada üzerinde durulacak konu; ilgili yönetmelik hükümlerine göre evsel katı atık depolama yerlerinin seçiminde, inşaat ve işletmesinde yapılması gerekli çalışmalardır,

## DEPO YERİ SEÇİMİ ÇALIŞMALARI

Depo yerlerinin belirlenmesinde üzerinde çalışılması gerekli ana konular:

1) Ulaşım ve meskun mahal durumu

2) Meteorolojik durum

3) Jeomorfolojik durum

4) Jeolojik-Hidrojeolojik durum

5) Jeoteknik inceleme olarak sayılabilir.

Bunları sıra ile ele alacak olursak:

## Katı Atık Depo Yerleri

### Ulaşım ve meskun mahal durumu:

Deponi sabasına ulaştırılacak katı atıkları; optimal uzaklıklara çevreyi etkilemeyecek şekilde uygun yol ve güzergahlardan özel araçlarla taşınmalıdır. Bunun ulaşım ekonomisi açısından önemi vardır. Deponi alanlarının meskun mahallelere olan uzaklığı bir kilometreden daha az olmamalı, deponi yerleri kötü manzara etkisi yaratmayacak noktalarda bulunmalı ve görüntü kirliliğine yol açılmamalıdır. Örneğin Mamak (Ankara) eski çöp depolama alanına 1960-1979 yılları arasında çöp dökülmüş olup bugün üzerinde yoğun bir gecekondulaşma mevcuttur (Şengüler, 1994), Çevresel olumsuzlukların yaşanmaması için çöp depolama alanı seçimlerinde şehircilik açısından da çok iyi planlama gerekmektedir.

### Meteorolojik Durum:

Katı atık deponi tesisinin tasarımında sıcaklık, yıllık yağış miktarı, buharlaşma değerleri ve rüzgar yönlerinin bilinmesi gereklidir. Rüzgar yönleri koku etkisi bakımından önemlidir, bu nedenle hakim rüzgar yönleri ile meskun mahallelerin aynı doğrultuda bulunduğu alanlarda depo yeri seçilmemelidir.

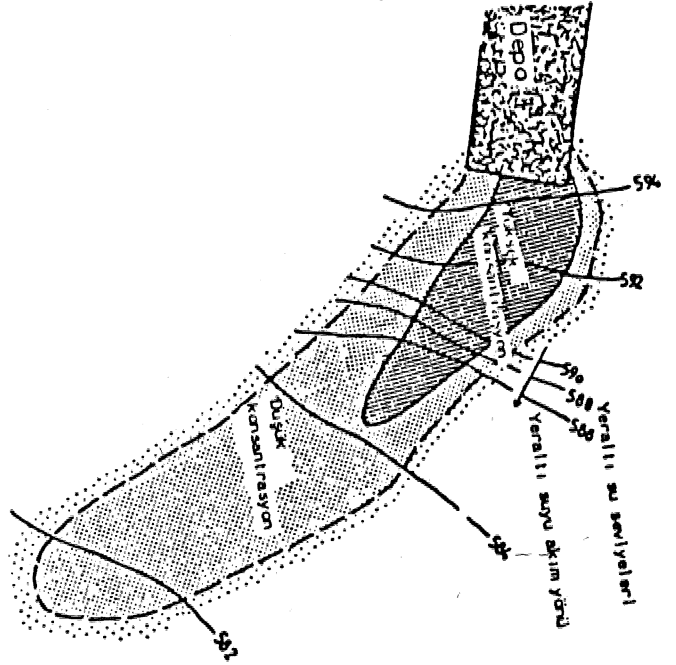
### Jeomorfolojik Durum:

Depo inşaa edilecek saha; mümkün olduğunca su toplama havzaları dışında tutulmalı, sürekli ve süreksiz yüzeysel akıslardan etkilenmeyecek yerlerde seçilmeli özellikle dere yataklarından kaçınılmalıdır. Heyelan, sel ve çığ tehlikesi açısından yüzey eğim ve duraylılığı çok önemlidir. Bu nedenle katı atık deponi yerleri için çöp depo alanları drenaj ağının kurulabileceği en az eğime sahip alanlar elverişlidir.

### Jeolojik/Hidrojeolojik durum:

Yukardaki durumların optimaLyaklaşımlarla ele alınıp sentezlenmesiye belirlenecek alternatif alanların 1/5000 ölçekli jeolojik ve hidrojeolojik detay etüderi yapılmalıdır. Zira depo yeri seçiminde temel husus yeraltı ve yerüstü su kirliliğine yol açılmamasıdır. Bunun için yörede mevcut kayaçların litolojik, stratigrafik, tektonik özellikleri belirlenmeli fay, çatlak sistemleri gibi kırık yapılar değerlendirilerek riskli yerlerden kaçınılmalıdır. Kırıklı ve karstik yapı arzetmeleri nedeniyle kireçtaşları, sık çatlaklı mağmatik kayaçlar\* kumtaşı-konglomera, gevşek kum ve çakıllar gibi porozite ve permeabiliteleri yüksek, akifer niteliği taşıyabilecek kayaçlar, deponi alanının düşey ve yatay yakın zonlan-

da yer almamalıdır. Kiltası, marn, silttaşı ve bunların ardışımından oluşan fliş karakterindeki seriler, fazla aynışmamış ofiyolitik kayaçlar deponi sahaları için uygun zemin oluşturabilirler, Akifer niteliği taşıyan formasyonlar üzerinde kurulan katı atık depolanından oluşabilecek muhtemel kaçaklar yeraltısulanna karışmakta ve yeraltısuyu akım yönlerince kirlilik yayılmaktadır (Barkowski, 1985) (Şekil 1).



Şekil 1. Katı atık depolarının yeraltısularını etkilemesi. Kir lenme akım yönünde daha fazla olmaktadır, (Barkowski-1985):

### jeoteknik İnceleme:

Yeri kesinleşen katı atık deponi yerinde depo hacmi ve kapasitesi dikkate alınarak yeterli zemin sondajı yapılmalıdır. Kayaçların mekanik ve diğer mühendislik özellikleri sayısal olarak ortaya konulmalı zemin taşıma kapasitesi belirlenip depremsellik dikkate alınarak depo tasarımı ve inşaaı gerçekleştirilmelidir. Bütün bu çalışmalara ek olarak depo yeri ve çevresinin su kimyası belirlenmelidir. Bunun sonradan meydana gelebilecek değişiklikleri anlamada büyük önemi vardır.

### DEPO İNŞAISI VE İŞLETMESİ ESNASINDAKİ ÖNLEMLER

Deponi sahasının işletmesi esnasında depo üzerine düşen yağışlardan ve/veya katı atığın kendi bünyesinde

## Katı Atık Depo Yerleri

den oluşabilecek kirli suyun yeraltı ve yüzey sularını kirletmesine engel olmak için özellikle sızıntı suyun miktarını azaltmak, bu suyun zemine sızmasını önleyerek drene etmek ve toplanan sulan arıtmak gerekmektedir. Ayrıca uygun zemin koşulları oluşturulan depo tabanı özel bir izolasyon tasarımıyla inşaa edilmektedir (T.C. Çevre Bakanlığı Yönergesi, 1993) (Şekil 2).

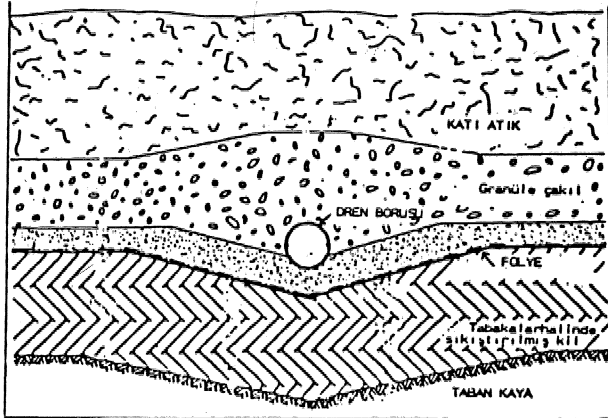
Katı atık deponilerinin gerek işletmesi esnasında, gerekse depo tamamlanıp kapatıldıktan sonra yeraltısulanın kirlenip kirlenmediği hidrolik önlemler çerçevesinde denetlenmelidir.

Bu nedenle depo sahası yakın çevresine açılacak monitör kuyular vasıtasıyla yeraltı durumu kontrol edilmeli, periyodik numuneler alınıp kimyasal analize tabi tutulmalıdır. Yine depo yakınında açılması gerekli kuyulardan yüksek debili pompaj yapılarak yeraltı seviyesi düşürülmeli ve kirliliğin yayılmasının önüne geçilmelidir (Aktaş, 1993) (Şekil 3 a-b).

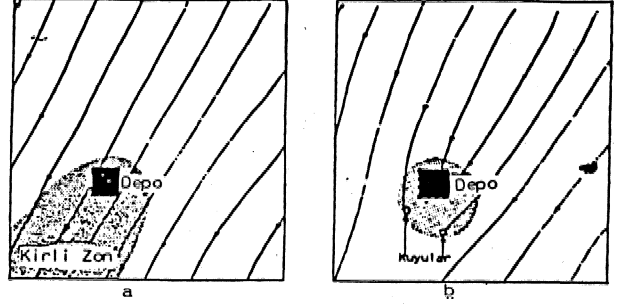
Depo kapasitesi tamamlanıp, işletmeye son verildiğinde tavan izolasyonu gerçekleştirilmekte ve depodaki katı atık kökenli gaz: depo inşaaı devaamında kurulacak filtrelili boru sistemi vasıtasıyla drene edilerek dışarıya alınmakta ve toplanan gazdan enerji üretiminde yararlanılabilmektedir. Böylece hem ekonomiye katkı sağlanmakta hem de deponiden kaynaklanan kötü koku, yangın ve patlama tehlikelerinin önüne geçilebilmektedir.

### SÖNÜÇ

Çevre; toprağı, suyu, havası ve canlı yaşamıyla bir bütünlük arzeder bu bütünlüğün parçalarından birinin doğal yapısının bozulması diğer çevresel değerleri doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle katı atık deponi alanları toprak ve su kirliliğı açısından büyük tehlike arz eder.



Şekil 2. Katı atık depo tabanı kesiti, (T.C. Çevre Bakanlığı Katı atık Depo Alanları Yönetimi ile ilgili Yönerge 1993),



Şekil 3. a- Depo çevresinde yeraltısuyu akım yönleri ve kirliliğin yayılması.

b\* Depo çevresinde pompaj yapılarak kirliliğin kontrolü, (Aktaş-1993).

Not: Çizgiler yeraltı suyu akım yönlerini göstermektedir.

Dolayısıyla katı atık deponilerinin toprak ve su kirliliğine yol açmaması ancak deponi alan ve yakın çevresinin ayrıntılı jeolojisinin bilinmesi, yapının bu veriler dikkate alınarak inşaa edilmesiyle mümkündür.

Bu nedenle:

1- Depo inşaa edilecek yer ve çevresinin yeraltı ve yerüstü su potansiyeli belirlenmeli, yeraltısulanın hidrolik parametreleri ortaya konulmalıdır. Ayrıca depo inşaa edilecek yerin, zeminin niteliğine göre jstoteknik inceleme yapılmalıdır,

2- inşaa edilmiş depolama alanı çevresinde açılacak monitör kuyulardan sürekli gözlemler yapıp yeraltı su seviyesi ve su kimyası periyodik olarak kontrol edilmelidir.

3- inşaa edilecek katı atık depolama tesisi yerlerinin seçiminin Jeoloji Mühendislerince yapılması gerek maliyet gerekse çevresel değerlerin korunması bakımından bir zorunluluktur.

### DEĞİNİLEN BELGELER

Aktaş, A., 1993, Das bericht von institut für umweltgeologie Schmitz, Köln.

Barkowski, D., 1990, Altlasten, Handbuch zur Ermittlung und Abwehr von Gefahren durch kontaminierte Standorte-Verlag CF. Müller GmbH, Karlsruhe.

Şengüler, İ., 1994, Mamak (Ankara) Eski Çöp Depolama Alanı ve Çevresel Etkileri, Enerji ve Çevre Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s. 373, Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mersin.

..... 1993, m Çevre Bakanlığı Katı atık Depo Alanları Yönetimi ile ilgili Yönerge, Ankara.

# Niggli - Magmatik Kayakların Niggli Parametrelerini, Hesaplayan ve Değerlendiren İnteraktif Quickbasic Programı *Niggli-An Interactive Quickbasic Program For Calculating And Evaluating the Niggli Parameters of Magmatic Rocks*

**Fuat YAVUZ**

*t. T. Ü., Maden Fakültesi Maden Yatakları  
Jeokimya Anabilim Dalı Maslak-İSTANBUL*

**Yılmaz BÜRKÜT**

*t. T. Ü., Maden Fakültesi Maden Yatakları  
Jeokimya Anabilim Dalı Maslak-İSTANBUL*

**Murat BUDAKOĞLU**

*İ. T. Ü., Maden Fakültesi Maden Yatakları  
Jeokimya Anabilim Dalı Maslak-İSTANBUL*

## Öz

*Mağmatik kayaların asli element kimyasal analiz sonuçları bir takım basit hesaplama teknikleri ile petrolojik değerlendirmeler açısından doyurucu bilgiler sunan formlara dönüştürülebilir. Niggli değerleri olarak tanımlanan parametreler, asli element kimyasal analizi yapılan kayaların diferansiyasyon seyirlerini, ait oldukları mağmatik provensleri, alkali özelliklerini ve söz konusu kayaların ne tür bir magmadan türemiş olduğu konusunda somut veriler ortaya koyar. QUICKBASIC programlama dilinde yazılan NIGGLI programı, mağmatik kayaların asli element kimyasal analiz sonuçlarından Niggli parametrelerini hesaplar, petrokimyasal açıdan değerlendirir ve değişimlerini grafiksel olarak sunar. Derlenmiş şekli yaklaşık 356 kilobayttır. Program VGA grafik karta sahip IBM uyumlu kişisel bilgisayarlarda işlevini sürdürür.*

## ABSTRACT

*Using some simple calculation techniques, the major chemical analyses results of magmatic rocks can be transformed into the parameters which present useful informations about petrological determinations. The parameters which were also named as Niggli values achieve the differentiation trends of magmatic rocks, their magmatic provinces and alkali characters of chemically analysed rocks. They also give important informations about the then type of magmas which rocks are derived, NIGGLI which was written in QUICKBASIC calculates the Niggli parameters of major chemical analyses, evaluates the results in terms of petrochemistry and presents their variations as graphics. The compiled form of program is approximately 356 kbyt. This program operates under the IBM compatible personal computers have a VGA graphics card.*

## GİRİŞ

Mağmatik kayaların asli element analiz jeokimyasal analizlerini dikkate alınarak geliştirilen çok sayıda petrokimyasal hesaplama teknikleri mevcuttur. Katyonik hesaplamalara dayalı bu tür uygulamalar, yer bilimlerinin farklı disiplinlerine 19. yüzyıldan itibaren kullanım alanı teşkil etmiştir. Cross ve diğerlerinin (1902)

geliştirdiği CIPW normu, normatif mineraller bazında bir kayacın kimyasal analiz sonucunun yüzde oranı olarak da anılır, CIPW normatif değerleri kayacın adlandırılmasında, onların laistalizasyon-diferansiyasyon seyirlerinin belirlenmesinde ve özellikle granitoid magmalarının kristalizasyon basınçları ile ilişkili verilerin elde edilmesinde petrografik determinasyonlar ile birlikte fayda-

## Niggli Programı

lı bilgiler sunar, Pearce (1968) tarafından geliştirilen ve Stanley and Russe! (1989) tarafından kompüterize edilen Pearce element oran diyagramları (PER), bir sahada yayılım gösteren kayaların eş kökenli olup olmadığını ortaya koyar, Mevcut kayaların diferansiyasyon süreçlerinde hangi minerallerinin etken rol oynadığı ve bunların dağılımlarının söz konusu diferansiyasyon işlemini ne oranda etkilediği, Pearce element katsayıları ile anlam kazanır, En basit şekliyle PER diyagramları, A/w'ye karşılık oluşturulan B/w eksen takımlarından oluşur. Burada A ve B % oksit cinsinden kayacın kimyasal analizini, element veya molar fraksiyonları veya CIPW normatif değerlerini gösterir, w'nin seçiminde genelde P, K, Ti gibi uyumsuz elementler göz önünde bulundurulur\*

Bu tür diyagramlar teşkil edilirken dikkat edilecek en önemli hususlardan birisi, değişkenler arasında oluşturulan lineer regresyon doğrusuna ait korelasyonun 1 veya 1'e yakın değerler almasıdır, Niggli parametreleri, magmatik kayalara vücut veren ana magmaların bileşimi konusunda araştırmacıya somut veriler sağlar, Niggli tarafından geliştirilen bir takım basit hesaplamalar ile kayacın oksit değerlerinin parametrelere dönüştürüldüğü işlemler dizini için literatürde çok sayıda bilgi birikimi mevcuttur (Niggli, 1923; Bum, 1959; De-naeyer, 1967).

Bu makalede sunulan NİGGLİ programı, magmatik kayalara ait asli element analiz sonuçlarından Niggli parametrelerini hesaplar ve bazı petrokimyasal değer-

lendirmeler ile bunların değişimlerini grafiksel olarak gösterir. IBM uyumlu kişisel bilgisayarlarda DOS işletim sistemi ve VGA grafik kartı, ortamında çalışan interaktif program, aynı zamanda analizi yapılan örneklerin ne tür bir magma serisinin (kalk alkali, sodik veya potasik) hangi alt bölümünden türemiş olduğunu belirler,

### NİGGLİ PROGRAMI

NİGGLİ programı, birbirleri ile ilişkili üç programdan oluşmaktadır, Niggli. Exe olarak adlandırılan program, değerlendirmelere tabi tutulan verilerin girilmesi amacıyla hazırlanmış bir editördür. Burada kimyasal demir analizleri Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve FeO olmak üzere aynı aynı girilmektedir. 16 farklı sembol ve 13 değişik renk tonu ile farklı sahalara ait verilerin bir arada görsel sunumu mümkündür, Nigdeg. Exe programı, oluşturulmuş herhangi bir veri dosyasının okutulması ile hesaplamaların ekran üzerine getirildiği ana programdır, Bu aşamada tüm değerlendirmeler F2 tuşu yardımıyla printer'den alınabilir (Ek 1), Sınıflamaya temel teşkil eden si, al, fm, c, alk, k, mg, ve c/fm parametrelerinin kalk alkali, sodik ve potasik serilere ait alt magma tipierindeki (Çizelge 1) sınır değerlerinin bir arada değerlendirilmesi ile işleme tabi tutulan örneklerin ne tür bir magmadan türemiş olduğu belirlenir. Hesaplama sonuçlarına göre sınır değerler sınıflama aralıkları içinde yer almıyorsa o zaman program, "Magma tipi Niggli parametreleri dışında" uyarısında bulunur. Niggli tarafından sunulan parametre aralıkları içinde bir örneğin alt magma tipini

Çizelge 1. NİGGLİ program kapsamında değerlendirilen kalk alkali, sodik ve potasik serilerin alt magma türleri.

KALK ALKALİ SERİ	SODİK SERİ	POTASİK SERİ
Lökogranitik magma	Alkali granitik magma	Lökosiyenit-granitik magma
Granitik magma	Evisitik magma	Juvitik magma
Granodioritik magma	Foyaitik magma	Arkitik magma
Trodjemitik magma	Lujauüitik magma	Siyenit-granitik magma
Kuvars dioritik magma	Subplajyofoyaitik magma	Siyenitik magma
Dioritik magma	Esseksitik magma	Monzonitik magma
Gabro dioritik magma	Sodik siyenitik magma	Sommaitik magma
Gabroidai magma	İjolitik magma	Potasik dioritik magma
Lökojabroidal magma	Teralitik magma	Lamproitik magma
Hornblenditik magma	Sodik gabroidai magma	Şonkinitik magma
Pirosenitik magma	Teralit gabroidai magma	Melaşonkinitik magma
Ortoojitik magma	Melasodik gabroidai magma	Missouritik magma
	Alkalipirobolik magma	

## Niggli Programı

Çizelge 2. Granitoidlere ait çeşitli asli element kimyasal analiz sonuçları.

ÖRNEK	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O
Sdf1	62.20	0.70	16.60	1.40	4.50	0.06	2.70	5.70	3.40	1.60	0.09	0.65
Sdf2	66.92	0.47	15.19	1.45	2.52	0.08	1.74	3.79	3.16	3.82	0.18	0.68
Sdf3	75.40	0.10	13.30	0.30	0.74	0.08	0.12	0.48	4.10	4.50	0.01	0.87
Sdf4	62.60	0.78	15.65	1.92	3.08	0.10	2.02	4.17	3.73	4.06	0.25	1.64
Sdf5	57.48	0.95	16.67	2.50	4.92	0.12	3.71	6.58	3.54	1.76	0.29	1.48
Sdf6	61.52	0.73	16.48	1.83	3.82	0.08	2.80	5.42	3.63	2.07	0.25	1.37
Sdf7	71.70	0.31	14.32	1.21	1.64	0.05	0.71	1.84	3.68	4.07	0.12	0.75
Sdf8	72.59	0.25	14.57	0.64	1.33	0.06	0.55	0.93	3.17	4.44	0.21	0.86
Kozak	66.99	0.33	15.86	1.03	2.71	0.00	1.63	3.66	3.43	3.99	0.00	0.36
Çav-ka	65.99	0.40	15.96	1.64	2.43	0.00	1.66	4.27	3.55	3.85	0.00	0.25
Ulugün	64.90	0.22	17.43	1.31	2.84	0.00	1.43	5.12	4.37	2.06	0.000	0.32
Sdf9	73.85	0.14	13.93	0.32	0.93	0.03	0.17	0.48	3.08	5.87	0.19	0.74
Sdf10	73.98	0.26	13.51	0.33	1.43	0.05	0.36	1.45	3.05	4.71	0.15	0.52
Sdf11	72.20	0.35	13.74	0.80	1.15	0.02	0.64	1.50	3.38	4.80	0.14	0.76
Göy7	68.56	0.27	15.18	3.40	0.66	0.03	1.08	4.38	3.47	1.78	0.13	1.06
Göy16	68.72	0.30	15.07	2.69	1.20	0.11	1.21	4.86	3.31	1.77	0.13	0.63
Göy18	60.03	0.45	17.05	4.80	1.74	0.20	3.04	6.33	3.56	1.44	0.13	1.23
Sdf12	69.94	0.19	15.41	0.44	1.15	0.04	0.45	1.48	2.61	7.12	0.06	0.63

saptamak her zaman mümkün olamamaktadır. Çok sayıda veri üzerinde yaptığımız değerlendirmelere göre denebilirki, şayet bir saha içindeki örneklemeler aynı litolojiden gerçekleştirilmişse ve diyelimki on adet örnekten en az birinde alt mağma tipi saptanabilmişse inceleme alanındaki kayaçların alt mağma adlaması yapılabilir ölçütler içindedir denebilir.

Niggli Dat kütüğünün Nigplot Exe tarafından kullanılması ile, anlam bütünlüğü taşıyan bazı Niggli parametreleri ikili diyagramlarda (k-mg, al-alk, al-fm, si-al, si-fm) şı,alk, si-c, qz-S, Si<sup>+</sup>-Az<sup>+</sup> si-ti, si-al+alk» si-c+fm, al+alk-c+fm, si-ti+p+w) grafiksel olarak sunulur. Niggli, Dat, programı her çalıştırılmasında eskisi silinerek yeniden yaratılan bir yardımcı dosya özelliği taşımaktadır. Tüm programlar uygun adımlarda kullanıcıya kapsa-mış olduğu yardım menüleri ve hata kodları ile yardımcı olur. Menü seçimli ve kullanımı kolay program kapsamında yer alan çeşitli değerlendirme sonuçları ve ikili Niggli parametrelerine ait grafikler, Çi-

zelge 2'de yer alan kimyasal analiz sonuçlarının (Bürküt, 1966; Örgün, 1992; Yavuz ve Gültekin, 1994) kullanılması ile Çizelge 3,4, 5 ve Şekil 1, 2, 3'de gösterilmiştir. Grafiklerin tümü ekran çıktısıdır, Graphics Com'un yüklenmesi ile ekran görüntüleri PrintScreen ile yazıcıdan alınabilir. Bu makalede yer alan seldiler PCXDUMP programından faydalanılarak önce uzantıları PCX olan dosyalar yaratılmış daha sonrada Windows ortamında Microsoft Word'den yazıcıya aktarılmıştır. NİGGLİ programının derlenmiş bir kopyası formatsız iki adet 3,5 disket gönderilmesi karşılığında ilk yazardan temin edilebilir,

### DEĞİNİLEN BELGELER

Buni, C, 1964, Petrochemical Calculations Based on Equivalentents, Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 304 p.

Bürküt, Y., 1966, Kuzeybatı Anadolu'da yer alan Plü-



## Niggli Programı

Çizelge 3. Örneklerin program kapsamında hesaplanan Niggli parametreleri.

ÖRNEK	al	fm	alk	c	si	k	mg	ti	p	w	si'	qz	Si'	Az'	c/fm	S	100/S
Sdf1	33.62	30.56	14.83	20.99	213.78	0.24	0.46	1.81	0.13	0.22	159.34	54.44	1.34	0.68	0.69	484.28	0.21
Sdf2	36.73	24.04	22.57	16.66	274.60	0.44	0.45	1.45	0.31	0.34	190.27	84.33	1.44	0.73	0.69	405.62	0.25
Sdf3	48.12	6.70	42.02	3.16	462.95	0.42	0.17	0.46	0.03	0.27	268.10	194.86	1.73	0.82	0.47	271.08	0.37
Sdf4	34.14	26.34	22.97	16.54	231.77	0.42	0.43	2.17	0.39	0.36	191.89	39.87	1.21	0.70	0.63	449.57	0.22
Sdf5	29.72	35.18	13.78	21.33	173.91	0.25	0.48	2.16	0.37	0.31	155.11	18.79	1.12	0.63	0.61	550.14	0.18
Sdf6	33.29	30.21	16.59	19.91	210.91	0.27	0.48	1.88	0.36	0.30	166.36	44.55	1.27	0.68	0.66	485.50	0.21
Sdf7	42.29	16.95	30.88	9.88	359.31	0.42	0.32	1.17	0.25	0.40	223.54	135.77	1.61	0.78	0.58	332.14	0.30
Sdf8	47.83	16.73	32.89	5.55	404.39	0.48	0.34	1.05	0.50	0.30	231.57	172.81	1.75	0.80	0.40	298.78	0.33
Kozak	37.98	22.23	23.85	15.93	272.24	0.43	0.44	1.01	0.00	0.25	195.42	76.83	1.39	0.73	0.72	409.57	0.24
Çav-ka	36.71	22.41	23.02	17.86	257.61	0.42	0.43	1.17	0.00	0.38	192.08	65.54	1.34	0.72	0.80	426.36	0.23
Uludağ	38.33	20.49	20.71	20.47	242.19	0.24	0.39	0.62	0.00	0.29	182.84	59.34	1.32	0.71	1.00	446.03	0.22
Sdf9	49.01	7.75	40.18	3.07	440.92	0.56	0.20	0.63	0.48	0.24	260.71	180.21	1.69	0.82	0.40	278.78	0.36
Sdf10	45.50	11.56	34.06	8.88	422.80	0.50	0.27	1.12	0.36	0.17	236.26	186.54	1.79	0.81	0.77	291.24	0.34
Sdf11	43.59	13.64	34.12	8.65	388.68	0.48	0.38	1.42	0.32	0.38	236.48	152.21	1.64	0.80	0.63	309.18	0.32
Göy7	39.09	20.74	19.66	20.51	299.63	0.25	0.34	0.89	0.24	0.82	178.65	120.98	1.68	0.75	0.99	380.85	0.26
Göy16	38.03	21.09	18.58	22.30	294.33	0.26	0.37	0.97	0.24	0.67	174.31	120.02	1.69	0.75	1.06	388.62	0.26
Göy18	32.45	31.54	14.11	21.90	193.87	0.21	0.47	1.09	0.18	0.71	156.44	37.42	1.24	0.66	0.69	515.39	0.19
Sdf12	46.01	10.12	35.83	8.03	354.41	0.64	0.34	0.72	0.13	0.26	243.33	111.08	1.46	0.78	0.79	328.47	0.30

Çizelge 4. Örneklerin program kapsamında hesaplanan katyonik içerikleri.

ÖRNEK	si+4	al+3	fe+3	fe+2	mg+2	ca+2	na+	k+	ti+4	p+5
Sdf1	58.68	18.46	0.99	3.55	3.80	5.76	6.22	1.93	0.50	0.07
Sdf2	62.99	16.85	1.03	1.98	2.44	3.82	5.77	4.59	0.33	0.14
Sdf3	70.83	14.72	0.21	0.58	0.17	0.48	7.47	5.39	0.07	0.01
Sdf4	59.15	17.43	1.37	2.43	2.84	4.22	6.83	4.89	0.55	0.20
Sdf5	54.29	18.56	1.78	3.89	5.22	6.66	6.48	2.12	0.67	0.23
Sdf6	58.04	18.32	1.30	3.01	3.94	5.48	6.64	2.49	0.52	0.20
Sdf7	67.27	15.83	0.85	1.29	0.99	1.85	6.69	4.87	0.22	0.10
Sdf8	68.87	16.29	0.46	1.06	0.78	0.95	5.83	5.37	0.18	0.17
Kozak	62.57	17.46	0.72	2.12	2.27	3.66	6.21	4.75	0.23	0.00
Çav-ka	61.55	17.54	1.15	1.90	2.31	4.27	6.42	4.58	0.28	0.00
Ulugün	60.27	19.08	0.92	2.21	1.98	5.09	7.87	2.44	0.15	0.00
Sdf9	69.80	15.52	0.23	0.74	0.24	0.49	5.64	7.08	0.10	0.15
Sdf10	69.98	15.06	0.23	1.13	0.51	1.47	5.59	5.68	0.18	0.12
Sdf11	68.38	15.34	0.57	0.91	0.90	1.52	6.21	5.80	0.25	0.11
Göy7	65.17	17.01	2.43	0.52	1.53	4.46	6.39	2.16	0.19	0.10
Göy16	65.06	16.81	1.92	0.95	1.71	4.93	6.08	2.14	0.21	0.10
Göy18	56.71	18.98	3.41	1.37	4.23	6.41	6.52	1.74	0.32	0.10
Sdf12	65.97	17.13	0.31	0.91	0.63	1.50	4.77	8.57	0.13	0.05

## Niggli Programı

Çizelge 5. Örneklerin NIGGLI tarafından saptanan ana ve alt mağma tipleri.

ÖRNEK	MAGMA TIPLERİ
Sdf1	Mağma tipi Niggli parametreleri dışında
Sdf2	KALKALKALİ-Granitik Mağma
Sdf3	Mağma tipi Niggli parametreleri dışında
Sdf4	KALK ALKALİ-Granitik Mağma
Sdf5	Mağma tipi Niggli parametreleri dışında
Sdf6	Mağma tipi Niggli parametreleri dışında
Sdf7	Mağma tipi Niggli parametreleri dışında
Sdf8	Mağma tipi Niggli parametreleri dışında
Kozak	KALK ALKALİ- Granitik Mağma
Çav-ka	KALK ALKALİ- Granitik Mağma
Ulugün	KALK ALKALİ-Granodioritik Mağma
Sdf9	Mağma tipi Niggli parametreleri dışında
Sdf10	Mağma tipi Niggli parametreleri dışında
Sdf11	Mağma tipi Niggli parametreleri dışında
Göy7	KALK ALKALİ- Granodioritik Mağma
Göy16	KALK ALKALİ- Granodioritik Mağma
Göy18	KALK ALKALİ-Kuvars Dioritik Mağma
Sdf12	Mağma tipi Niggli parametreleri dışında

tonların Mukayeseli Jenetik Etüdü, Doktora Tezi. İ.T.Ü, Matbaası.

Cross, CW., Iddings, I.P., Pirsson, L.V., Washington, H.S., 1902, A Quantitative Chemico-mineralogical Classification and Nomenclature of Igneous Rocks, J. Geology, v.10, p, 555-690,

Denaeyer, M.E., 1967, Tableaux da Pétrographie (Deuxième edit.), Editions Lamarere-Poina, Paris, 108 p

Niggli, P., 1923, Gesteins-und Mineralprovinzen L, Berlin, Bontrager.

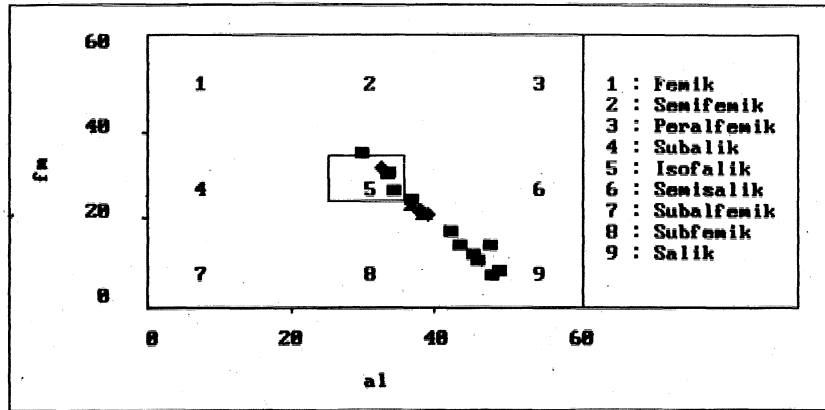
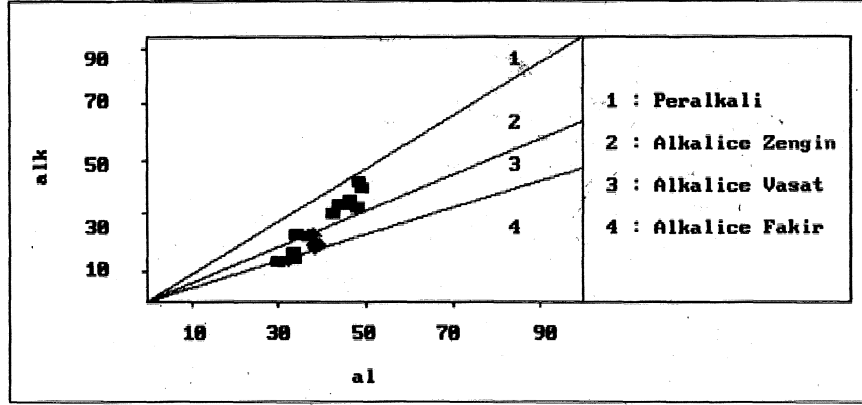
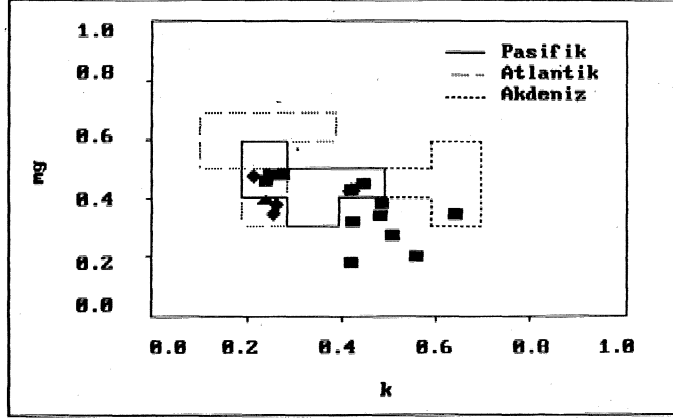
Örgün, Y., 1992, Topuk-Göynükbelen (Orhaneli-Bursa) Yöresi Nikel Oluşumlarının Kökensel İncelemesi, Doktora Tezi, İ.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, 216 s,

Pearce, T.H., 1968, A Contribution to the Theory of Variation Diagrams, Contrib. Mineral, Petrology, 19, p, 142-157.

Stanley, C it, Russell, J.K., 1989, Pearce. Plot: A Turbo-Pascal Program for the Analysis of Rock Compositions with Pearce Element Ratio Diagrams, Computers & Geosciences, vol.5, no.6, p, 905-926.

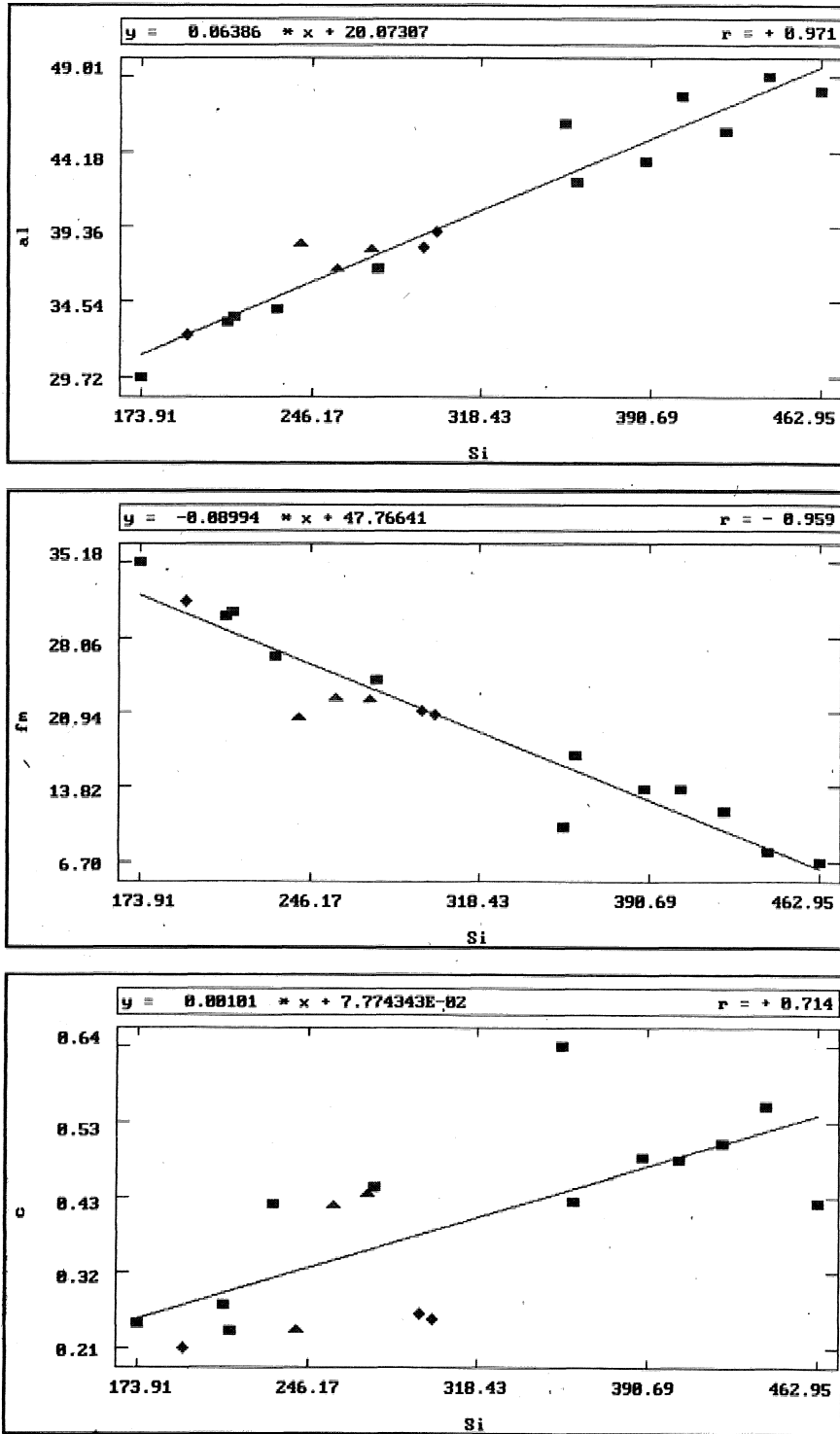
Yavuz, F., Gültekin, A.H., 1994, Gıpet: Granitoidlerde Grafiksel Ağırlıklı Bilgisayar Uygulamaları, Geosound, sayı 24,67-82 s.

## Niggli Programı



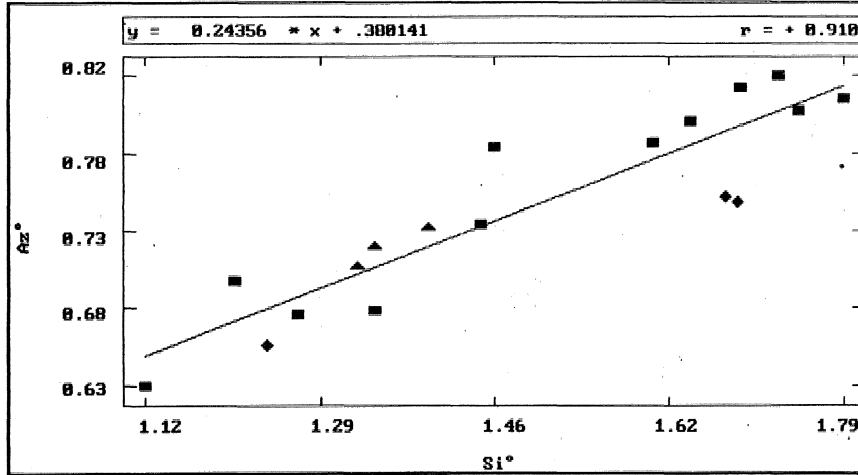
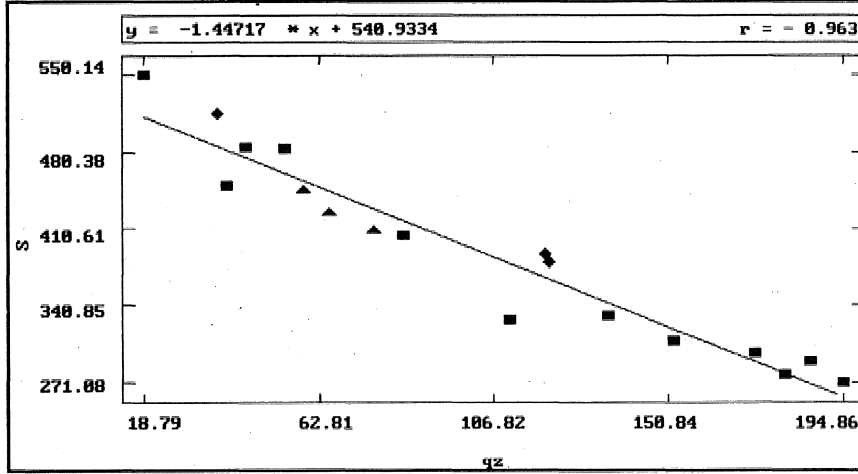
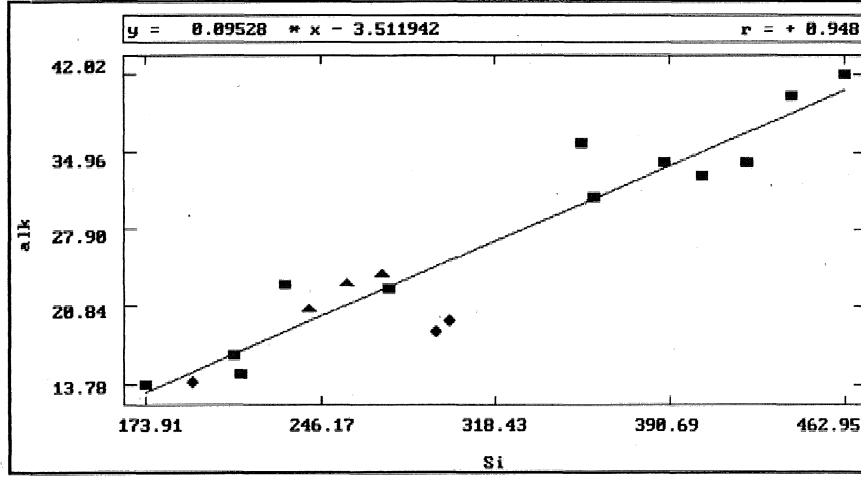
Şekil 1. Çizelge 1'de yer alan kimyasal analiz sonuçlarının a)  $k$ - $mg$ , b)  $al$ - $alk$ , c)  $al$ - $fm$  parametre diağramlarında dağılımları.

## Niggli Programı



Şekil 2, Örneklerin a) si-at, b) si-fin, c) si-c parametre d iagr anılarında yay ılımlar L (m Yavuz ve Gültekin, 1994; A Burkul, 1966; \* Örgün, 1992), \*

## Niggli Programı



Şekü 3, Örnekerin a)  $si-alk$  h)  $qz-S$ , c)  $SfirA^{\circ}$  parametre diagrarnlannda değişimleri,

# Yerbilimlerinin Felsefi Yönleri\*

Arthur F. HAGNER

Çevirenler

Ayhan SOL

MTA Genel Müdürlüğü, ANKARA

Dursun BAYRAK

MTA Genel Müdürlüğü, ANKARA

*Doğaya yerbilimleri açısından bakış, ilginç düşünsel sorunlar üretmesinin yanında diğer bilim dallarının düşünüş ve gelişimine de katkıda bulunacak bir bakış açısı getirmiştir. Henüz göreceli olarak keşfedilmemiş bir bilgi alam, analiz ve değerlendirilmelere açık bir şekilde beklemektedir.*

## JEOLojİNİN ENTELLEKTÜEL KATKILARI

18. ve 19. yüzyıllarda jeologların ortaya attığı kavramlar evrensel bir egemenlik kurmuşlardır. Tanrısal gücün eylemi ile ansızın biçimlenmiş ve birkaç bin yıldan yaşlı olmayan bir yeryuvarı inancı felsefi ve bilimsel düşünceyi uzun bir süre baskı altında tutmuştur, Hutton'dan önce bu kısa geçmişin günümüzde oluşmayan ölçüde yaygın ve yoğun değişimler ile belirlendiğine inanılmıştır, Yeryuvarı yüzey karakteristikleri Tufan ile açıklanmıştır. Aşınma, günümüzde iklimin ılıman olduğu alanlarda buzul çökellerinin gözlenmesi, dağlık alanlarda fosillerin varlığı Nuh Tufanı'na bağlanmıştır. Jeolojik bulgular, ve bilim ile din arasındaki karşıtlıklar bu inançların terkedilmesine yol açmıştır,

James Hutton'ın "Yeryuvarı Kuramı'nın 1788 yılında yayımlanması öncesinde doğal felsefe gözlemden çok kurguya (spekülasyon) dayandırılmıştır. Hutton'ın getirdiği üniformitarianizm ilkesi yeryüzü oluşumlarının doğaüstü güçlerin veya katastrofik olayların ürünü olduğu düşüncesine karşı çıkarak bunların uzun süreli ancak olağan süreçlerin ürünü olduklarını açıklamasını olanaklı kılmıştır. Kurgular ağır bir gelişim sonucunda yerlerini gözlemler, denetirmeler, yorumlamalara bira-

kmıştır, Ancak LyeU'in "Jeolojinin İlkeleri" adlı kitabı 1830-33 yılları arasında yayımlanmaya kadar bilimsel düşünüşteki devrim yaygın ve etkin olmamıştır, 19. yüzyılın ortalarına değin bilimsel düşünüşteki devrim yaygın ve etkin olmamıştır. 19. yüzyıl ortalarına değin dönemin elverdiği ölçüde pekişmiş gözleme dayalı olarak cansızlar dünyasına ilişkin bir yerbilimleri felsefesi edinilmiş ve kurulmuştur. Canlılar dünyası yönünde ise patlama henüz sağlanamamıştır (Gordon, 1951).

\* Fizik bilimlerine uygulandığı gibi, zaman içindeki aşamalı değişim ve gelişim düşüncesi çağdaş yerbilimlerinin büyümesine koşut olarak olgunlaşmıştır. Önceki tarihçiler gelişim düşüncesini tartışmış ancak gereken önemi vermemişlerdir. Hutton bir başlangıç ya da bir bitişin izinin gözlenemediğini vurguladığında çoğu yerbilim olgusunun ortaya çıkması için bilimcilerin ve felsefecilerin düşündüğünden daha uzun bir zaman sürecine gerek olduğunu farkına varmıştır.

Jeolojik zaman anlayışı Darwin'e geliştirdiği evrim kuramını bilimsel bir temele oturtmasında kolaylık sağlamıştır, "Üniformitarianizm ilkesinin net bir şekilde yerleşmiş olması gereldir yoksa geçmiş canlıların ya-

\*Arthur F. Hagner, 1964, 'Philosophical aspects of the geological sciences' *The Fabric of Geology*, Claude C. Albritton, Jr. (Editör) adlı eserde yayımlanmıştır

şam tarihçesi bugünkünden tümü ile değişik fiziksel koşulları varsayan değişik yorumlara yol açacaktır," (Garrels, 1951)

Darwin için ortamı hazırlayan ve Darwin'in düşüncelerini büyük ölçüde etkileyen Lyell'in "Ükeler"i olmuştur, "Yeryüzü ölçüsünde yinelenen katastroflar ile süresiz kılınmayan yeryüzündeki uzun yaşam tarihçesi artık tüm canlı türlerinin yeniden ve yeniden yaratılmasını gerektirmez.,, yeryüzündeki aşamalı yaşam gelişimi olasılığı artık reddedilemez". (Thomas, 1947) "Jeolojinin düşünceye olasılıkla en büyük katkısı olan jeolojik zaman anlayışı Önem açısından gökbilimcilerin uzaym sonsuzluğunun farkına varmaları ve fizikçilerin madde ile enerji arasındaki ilişkiyi keşfetmeleri ile karşılaştırılabilir" (Stokes, 1960),,

Bu açıdan yerbilimleri gerek bilim gerekse felsefeye tarih anlayışını ekleyerek büyük bir katkıda bulunmuştur, 19. yüzyıl öncesinde bilim büyük ölçüde güncel ile ilintili olmuştur, Yerbilimcilerin yeryuvarının bir tarihçesi olduğunu göstermelerine kadar uzak geçmişe dair düzenli bir şekilde bilgi edinilmesi olanaksızdı. Yerbilimleri geçmişin bilimsel yöntemler ile çalışılmasının olanaklılığını ve "fizik ve kimyadan bağımsız olarak tarihin bir geçerliliğe sahip olduğunu" göstermiştir, "Evrimsel kuramı bir doğa yasası değil, tarihsel bir düşüncedir, Geçerliliği ise mekanik olanlar dışındaki ölçütlerle sınırlanmıştır." (Schneer, 1960),

### YERBİLİMLERİNDE YÖNTEMBİLİM VE USLAMLAMANIN ÖZELLİKLERİ

Yerbilimlerinin doğasını tartışması esnasında Chamberlin (1904) şöyle demiştir, "En küçük şey dahi yetersiz verilerden oluşmuş genellemelerden, belirsiz mantık zincirlerine dayandırılmış çıkarımlardan» kuşku duyulmayan yorumlamalardan, tümü ile kanıtlanmamış varsayımlardan ve gerçekle ilgisi olmayan kurgulardan meydana gelemez. Bütünün bir bölümü gerçek bilim, bir bölümü ise felsefedir...Bir bölümü kurgu, bir bölümü düzenli kılınmamış malzemedir," Her ne kadar bilim genelde daha nicel ve genellemeleri ve yorumlamaları sağlam temellere dayanıyorsa da bu nokta günümüzde de geçerliliğini korumaktadır, Yine de çoğu yerbilim kuramı Chamberlin'in (1904) "çalışma testi" (working test) ve Geike'nin (1905) "olasılıklar

dengesi'ne (a balance of probabilities) dayanmaktadır. Çoğu kez yerbilimcinin açıklaması en işlevsel hipotezi seçmesine ve bunu bir veri yığılmasını türünde değerlendirmesine bağlıdır. Sonuçta Bemmelen (1961) tarafında vurgulandığı gibi bu noktada yerbilimcinin kişisel yeterliliği öncelikle araç kullanımına dayanan ve sorunlarına tarihsel bakışı gereksinmeyen bilim dallarındaki gibi daha önemlidir. Yerbilim deney ve hesaplama çok gözlem, betimleme ve sınıflama ile ilerlemek zorunda kalmıştır.

Yerbilimci öteki fizik-yerbilimcilerin çoğunun alışkın olmadıkları bir entellektüel ortam içinde çalışmak zorundadır, Yerbilim sorunlarının ve kavramlarının doğasını anlamak için bir yerbilimci kapalı sistemler, ayrı kılınmış değişkenler, gerçekleştirilebilir deneyler, sayısal olarak çok olan gözlenebilir oluşumların istatistiksel değerlendirilmesi gibi belirlenebilir koşullardan bir dereceye kadar vazgeçip belirsizlik durumlarına alışmak zorundadır. Öteki fizik-bilimcilere göre yerbilimci çok sayıda karmaşık değişkenin etkileşiminden türemiş olan "son-ürün" ile çalışmak zorunda kalan kişidir. Çoğu kez değişkenleri gerçekçi bir deney için ayrı tutmak (izole etmek) güçtür. Yaygınlıkla değişkenlerin sayısı bir çözüm için gereksinilen parametrelerin sayısını aşmaktadır ve bunlar büyük niceliklere erişirler.

Yerbilimleri öteki bilim dallarından zamanın ilgi alanına girmesi ile ayrılırlar. Çok ağır gelişim ile biçimlenen süreç ve tepkimeler milyonlarca yıllık işleyip sözkonusu olduğunda büyük önem taşıyabilir. Yerbilimci çoğunlukla bir olgunun kısa bir zaman dilimi boyunca etkili olmuş yoğun bir süreç sonucu mu yoksa uzun bir zaman dilimi boyunca işlemiş düşük yoğunluklu bir sürecin sonucu mu oluştuğunu belirlemek zorundadır. Kısa zaman dilimli laboratuvar deneylerinin sınırsız zaman dilimi gereksinim doğal olguları temsil etmesi beklenebilir mi? Deneyi hızlandırmak için zamanı kısaltmaya hakkı var mıdır? Yerbilimci salt deneylerin sağlamlığı noktasında değil, bunu ötesinde de deneyde elde edilemeyen bir olgunun yeterince uzun zaman verilirse doğada oluşabileceği inancına da dayanmak zorundadır, Sorunları kendi özgün zamansal perspektifi içinde görmek için daima pozitif bir uslamlama gereklidir, Yerbilimci ile öteki bilimciler arasındaki



önemli bir ayırım da yerbilimcinin "geçmiş öngörmek" zorunda olmasıdır, Bubnoff (1959) yerbilimleri ile öteki fizik-bilimler arasındaki asıl ayırımın "yerbilim salt güncel durumu güncel olgu ile açıklamak zorunda olması kadar direk olarak gözlemlenilemeyen zaman içindeki süreçleri de gözlemek ve kökenlerini göstermek zorunda kalmasında" olduğunu düşünmektedir, Umbgrove (1947) yerbilimciyi varolan verileri ve bu veriler eksikse bazı köprüler kurgulayarak bu eksiklikleri gidermeye çalışan tarihçi ile karşılaştırmaktadır, "Çoğu jeolojik olgunun deneysel olarak doğrulanamayacak olması ve soruna yerbilimcinin doğrudan erişememesi dolaylı analiz yöntemlerini kullanmayı zorunlu kılmaktadır,.. Bu usullama ve açıklama yöntemleri gereklidir. Çünkü yerbilimci insan deneyimini aşan zaman ve ölçeklerdeki etkenler ile uğraşmak zorundadır" (Hagner, 1961)

Fizik ve kimyacılar ileri ölçüde nesnelere izleme ve yönlendirme ile ilgilidirler. Bu durum yerbilimcilerin bir bölümü için de gerçek olmakla birlikte yerbilimciler maddenin göreceli boyutu ve hareketinin izleyiciden çok büyük ölçekte olduğu koşulları da düşünmek zorundadırlar. Yerbilimlerinde ölçek mikroskobik boyuttan gezegen boyutuna, kristal yapısından yeryuvarının yapısına kadar değişmektedir. Yerbilimlerinde nicelikleri ölçme ve değerlendirme yönünde hızla büyüyen bir eğilim söz konusudur; fakat yine de yerbilimleri öteki bilim dallarına göre niceliksel verilerin çok daha az olması ile ayrılır. Bu bağlamda çoğu bilimci nitel verilerin öznel nicel verilerin ise nesnel olduğuna inanmaktadır, Ancak Birch'ün (1951) belirttiği gibi "Hiçkimse şimdiye kadar ne niceliğin dışında bir nitelik ne de nitelikten bağımsız bir nicelik bulgusuzdur. Bu durumda neden niceliğin nesnel ve gerçek niteliğin ise salt özel olduğu yönündeki garip hipotezlere inanma eğilimindeyiz? Yerbilimcilerin bu konu ile yakından ilgili olmalarının nedeni "tüm yerbilim çalışmalarının kökenini oluşturan niteliksel gözlemin özüdür". (Krumbein, 1960)

Daha önce belirtildiği gibi, fizikçiler ve kimyacılar büyük ölçüde, güncel sorunlarla ve gözlemcininki ile çok aykından ilgili bir zaman ölçeği ile uğraşmaktadırlar, Bu bilimlerin başarılı olmasının nedeni zaman ölçeğini bilerek sınırlayarak deney dışına taşılabilecek so-

runlardan kendilerini uzak tuttukları söylenmektedir. Buna karşın yerbilimci böylesi sorunlardan kaçamaz ve jeolojik olguların karmaşıklığına, yeryuvarı tarihinin kayıtlarının yetersiz olmasına karşın nitel yöntemler ile zaman sürecinin sınanmasına direnebilmiş ve deneysel olarak da kanıtlanabilmiş kavramlar geliştirebilmiştir.

Yerbilimlerinin gelişiminde olasılıkla en büyük etken jeolojik düşüncenin geliştirilmesi olmuştur. Bu da çok uzun zaman sürelerinin, maddenin ve çok kompleks değişkenlerin sürekli gözönünde tutulması sonucu zorunlu olarak elde edilmiştir. Doğayı laboratuvarında yeniden üretebilmenin olanaksızlığı nedeniyle doğal olgular birimler halinde çalışılmıştır. Olanaklı olduğu koşullarda etenler analiz edilmiş fakat dağılım laboratuvara getirmek olanaksız olduğundan deney fizik ve kimyaya göre daha az etkili olmuştur. Doğanın bir bütün olarak çalışılması "akıl yoluyla eksikleri tamamlamayı" (March, 1903) zorunlu kılsa da bütün değişkenlerin bir arada mümkün olduğunu hesaba katan bir akıl yürütme yöntemini gerektirir, Akıl yoluyla, gözlenen ile gözlenemeyen arasındaki ilişkiyi kurma olgusu petrol ve maddenlerin yerlerini bulmada yeterince başarılı sonuçlar vermiştir. Dağların, havzaların ve yeryuvarı kabuğunun evrimine ilişkin yorumlamalar fizik yasalarına dayanmasına karşın, bunlar ve yeryuvarının öteki karakteristikleri ile ilgili olan ve bir formül içini sıkıştırılmayıp ancak betimlenebilecek bir çok şey vardır, (Bertalanffy, 1952) Bemmelen'in (1961) sözleriyle:

"... madde maddeyi etkileyerek sonsuz sayıda değişik kombinasyonlar oluşmuş ve sonuçta yeni olasılıklar ve etenler ortaya çıkmıştır, Bu olgular temel bilimlerin doğa yasaları ile açıklanamaz. Doğa bilimleri daha basit olgular için geçerli kural ve yasaların daha kompleks olanlar için de geçerli olduğu (ama tersinin geçerli olmadığı) türde bir hiyerarşiye sahiptirler",

Yeryuvarı bir taş gibi davranmadığı için temel fiziksel yasalar ihlal edilmediği sürece yerbilimciler jeolojik kanıtların doğru olarak kabul edilmesi fekinde bir anlayışa dayanmışlardır. "Örneğin 19. yüzyıldaki yeryuvarının yaşına ve kabuğun kalınlık ve katılığına ilişkin tartışmalarda olduğu gibi çoğu durumlarda tarih yerbilimcilerinin öteki fizik-bilimcilere göre haklı olduğunu göstermiştir" (Hagner, 1961),

Yerbilimsel kavramlar, kuramlar dayandıkları gözlem ve verilerin niceliği, tamlığı ve sonuçta tümü ile geçerliliği ve genel olarak kabul görmesi açısından diğer bilimlerden ayrılırlar. Sözelimi, kristal birikmesi (crystal settling) ve kristal ayrışması (crystal fractionation) ile oluşan magmatik aynlaşma kuramı hem arazi gözlemi hem de deneysel kanıtlarla çok iyi hırşekilde gösterilmiştir. Fakat herhangi bir dağ-oluşumu kuramı üzerinde kesin bir anlaşma sağlanamamıştır, Çünkü bu konudaki veriler bölük-pürçüktür, Sonuç olarak büyük ölçekli jeolojik olaylara uygulanabilen ancak birkaç kesin yasa vardır.

Fizik ve kimya büyük ölçüde süreçler ve bunların etkini sonuçlarının Öngörüsü ile ilgilidirler. Sözelimi, termodinamiğin temel varsayımlardından birisi şudur; bir sistemde sonucu tahmin edebilmek için bir sistemin ilk durumunu ve koşullarını bilmek yeterlidir, bu sonucu tahmin etmek için aradaki sürecin bilinmesine gerek yoktur. Yerbilimleri ise çok sayıda dinamik ikincil süreçlerden oluşmuş makro-süreçler ile ilgilidir, Gözlenebilir son-ürün özgün bir akış içinde işleyen mikro-süreçler dizisinin bir toplamıdır. Bilimde tarih çalışması bu akışların tanışıdır, Çoğu yerbilimsel kanıt iki değişik akışın eş-türde sonuca ulaşabileceğini gösterir. Örneğin granit oluşumu değişik süreçlerin son-ürünüdür. Bu tür bir olasılık öteki bilim dallarının bir bölümünde sezgisel olarak varsayılan "özgün bir son-ürün salt bir biçimde oluşabilir" şeklindeki inanca karşıtlık oluşturur.

Fizik-bilimcilerin 20. yüzyılda kendi uslamalarının ve çalışma konularının çok sınırlı olduğu sonucuna ulaşmaları ilginçtir, Örneğin zamanın sonsuzluğu anlayışı dikkati görecelilik kuramında yoğunlaştırmıştır. Günümüzde kuramsal fizikçi, gözlenemez olanı çıkarsama ile yükümlüdür. Bu araştırmacı gerçek duyum sınırları içine aktanlamayan ve dolaysızca sınanamayan olgular ile artan bir ölçüde ilgilenmektedir. Bu araştırmacı da yerbilimciyi andırır yönde parçalar halinde verilmiş bütünü düşüncede birleştirmek zorundadır, Fizik ve kimyadaki asıl gelişmeler en tikel parçalardan bütüne ilişkin yoğunlaştığında sözkonusu olabilir, pu tür akıl yürütme fizikçi ve kimyacının alışık olduğu düşünce yönteminden çok felsefeci, tarihçi, yerbilimci ve biyologun düşünce şekline yakındır.

### YERBİLİMLERİNİN GÜNÜMÜZDEKİ DURUMU

20. yüzyılda gerek fizik gerekse biyolojide uygulamalara ilişkin bir dizi yeni kavram doğmuştur. Bu yeni düşünceler veya ilkeler salt özgün bir araştırma alanına değil bilim daimin tümüne özgüdür. Yerbilimleri de bu yüzyıl içinde büyük ölçüde gelişmiş olmasına karşın bu kadar önemli olabilecek ölçüde çok az şey üretmiş ya da üretememiştir. Bu şaşırtıcıdır çünkü yeni düşüncelerin çoğu uzun süredir jeolojik araştırmaların bazı alanlarında ve birçok jeolojik düşüncelerin çoğu uzun süredir jeolojik araştırmaların bazı alanlarında ve birçok jeolojik akıl yürütme çizgilerinde kapalı bir şekilde bulunmaktaydı. Analitik bakış açısına karşıt olarak son yıllarda biyologların bir bölümünce Whitehead'in organik evren anlayışına benzer şekilde doğaya bütün olarak veya bir organizma gibi gören bir bakış açısına ağırlık verilmektedir (Bertalanly, 1952), Bu düşünüş bir organizmanın veya sistemin birimleri arasındaki ilişkilerin önemini vurgulamaktadır ve organizmanın tam bir tanımının bu bütünün parçalarının betimleyen yasaları olduğu ölçüde bu parçalar arasındaki ilişkileri betimleyen yasaları da içermesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu düşünce ile birlikte yapı ve biçim değişik hızlarda işleyen süreçlerin etkileşiminin geçici bir şekilde ortaya çıkmasıdır. Asıolan süreçtir ve bu açıdan doğa statik değil dinamik olarak kabul edilir, Açık sistemler kavramı da bu genel yapıya uydurulmuştur. (Bu genel yapı, yani organizma, enerjinin sürekli dağılımı ile minimal entropinin değişmez kılınması sonucu akışını sürdüren etkileşimli süreçlerin bir alanı olarak görülmüştür), Düzendeki hiyerarşi üzerine fiMler her seviyenin kendi yasalarına sahip olduğu ve bu yasaların da daha alttaki yasaları aşarak geliştiği şeklinde formüle edilmiştir.

Bu kavramlar maddenin fizikte irdelenenlerden de karmaşık örgütlenmelerine ilişkindir, ancak mikrofizik alanındaki doğa yasalarının temelde istatistik olan doğasını da birincil olguların süreksiz olan doğasını da dışlamazlar. Fiziğe ilişkin kavramlar, gerekli biyolojik etkenler de gözönüne alınarak modern biyolojiye katılmışlardır. Bohr'un tümleyicilik ilkesinde bile doğanın çoğu kez tek kavramla tammlanamıyacağı ancak karşıt ve birbirini bütünleyici kavramlar ile tanımlanabileceği düşüncesi biyolojide uygulama alanı bulmuştur. Fizik-

te maddenin gerek dalga gerekse parçacık tanımlarının eş ölçüde geçerli ve gerekli olduğu türden biyolojide de organik ve fiziko-kimyasal bakış açılan kavrayış için gereklidir.

Yer bilimciler bu kavramlarla nitel düzlemde ve değişen açıklık düzeylerinde ilgilenmişlerdir; ancak bu öteki dallardaki bilimcilerce de yer bilimcilerce de tümü ile değerlendirilmemiştir. Yer bilimleri de özellikle değişik hız ve yoğunluklardaki süreçlerin etkileşimi ile ilgilidir ve bir alanda işleyen salt bir sürecin tanımının bu sürecin öteki süreçler ile ilintisi kavranılmış olduğunda yetersiz ve yanıltıcı olacağı anlaşılmıştır. Bir diğer deyişle "bütün" kavramı yeniden tanımlanmıştır, Yer bilimciler arasında üniformitarianizm ve katastrofizmin göreceli önceliğine ilişkin süregiden bir tartışma söz konusu olmuştur. Bu, tektonik, paleontoloji, stratigrafik türü alanlarda belirgindir, hatta yer bilimsel zaman dilimleri ile uğraşıldığında bu gözönüne alınmak zorundadır, Muhtemelen bilim dallarının hiçbirinde biçim ve yapının<sup>4</sup> geçişli niteliği yer bilimlerinde olduğu ölçüde kavranılamamıştır, Çoğu yer bilim sistemleri açık sistemlerdir; öyle ki, hernekadar geçici veya yerel bir dengeye ulaşmak için sabit bir yaklaşık varsa da madde ve enerjinin her ikisi de bu açık sisteme serbestçe girip çıkabilirler. Yerel dengeye bu bakış açısı yer bilimlerindeki birleştirici bir kavramdır,

Günümüzde "Yer bilimleri öncelsiz buluşlar dilimidir ve dünyanın kabuğunu oluşturmuş ve hala oluşturan fiziksel ve kimyasal süreçlere ilişkin geleneksel bakış açılarına şimdi meydan okunmaktadır», Şu anda jeolojide hayranlıkla kanşık bir merak atmosferi vardır ve bu durum her zaman bir bilimin en yüksek noktalara çıktığı anlarda meydana gelmektedir/' (Bücher, 1950) Gerçekte yer bilimlerinde önemli gelişmeler beklenebilir. Araştırma yöntem ve teknikleri geçmiştekine göre daha hassastır; sonuçta fiziksel ve kimyasal süreçler ve olgular, bunların yetersiz nitel verilerden türetilmiş kurgular veya akılyürütmelerle elde edilen sonuçlarına göre, daha doğru bir şekilde analiz etmek olanaklı hale gelmiştir. Kıtasal büyüme ve devinimlerine yeryuvarın iç bölümleri ve yerkabuğunda gereç taşınımı ve dağılımı konularındaki bilgiye büyük katkılar beklenmelidir, Günümüzde kalıtım ilkesi, tektonizma, magmatik faaliyetler, hidrotermal etkinlikler ve birbirini izleyen

mineral evrelerinde karakteristiklerin aktanılması türünden olgular dahil birçok alana uygulanmaya başlamıştır. Pospelov (1961) çok=evreli karmaşıkların bölgesel olduğu kadar küresel ölçekte de geçerli olduğunu belirtmektedir, Parajenez kavramı yoğunlaşmış; formasyonlar ve metalöjenik karmaşıklar kuramının temelini oluşturmuştur, Magmatik etkinlik ile mineraileşme; metamorfizma ile tektonizma arasındaki ilintilere ilişkin tüm sorunu kapsamaktadır, Pospelov "yer bilimleri yeryuvarının aktif kendiliğinden gelişimi türünden hareket biçimlerinin gelişdn türlerini kavrama ile yüzyüze kalmıştır" ifadesini de eklemektedir,

20. yüzyılda jeoloji, belirgin gelişmelere karşın, tüm bilim dalları arasındaki görece düzeyini yitirmiştir, Bu gelişim bir ölçüde kuantum fiziği ve moleküler biyoloji örneği alanlardaki olağandışı gelişmelerin ürünüdür. Öteki etmenler de bu düzey yitimine katkıda bulunmuştur ve bunların bazıları jeologların ilgisizliği ve ihmalidir, Jeoloji olasılıkla öteki bilim dallarından da yoğun ölçüde, çok sayıda yan-bağımsız disipline bölünmüştür ve bu yönü ile özünde jeolojiyi bir bilimler grubu olarak görmek gerekmektedir, Bu bölümlenme ile yer bilimleri ile öteki bilim kolları arasındaki sınırlar yok olmuş ve disiplinler arası alanlara yeni adlar verilmiştir. Jeofizik, jeokimya, mtokristallografi gibi melez alanların ilgi alanları matematiksel, fiziko-kimyasal ve istatistiksel yöntemlerle çalışabilecek şekilde jeolojinin daha somut yanlarını içerecek şekilde tanımlanmıştır. Jeoloji adı altında bırakılan ise kesinliği az belirsizliği çok bir bilim görünüşünü yansıtır.

### NEDEN JEOLJİ TARİHİ VE FELSEFESİ?

Jeologlar çok miktarda veri biriktirmişlerdir ve analiz ile sentezi gereksinen düzenlenmemiş malzeme ile yüzyüzedirler. Öteki alanlarda bilimciler salt kendi alanlarında bir sentezi oluşturabilme olanağı ile ilgilenmekten öte tüm bilim dallarının birleştirilmesi ile de ilgilidirler, Yer bilimlerinin bir ölçüde fizik, kimya ve biyolojiye dayanması ve bunun ötesinde kendi düzleminde bir bilim kolu olması açısından bir yer bilimci bilim dallarının birleştirmek ve öteki bilim dalanna kateda bulunmak için elverişli konumdadır. Ancak yer bilimciler bu konuda yayın üretmemişlerdir, Ö halde, bu bilgi alanı öteki bilimciler ve düşünürlerce yer bilimcileri dışlayacak şekilde kapılmış mıdır?

Yerbilimleri bakış açısının eşsizliğini açıklamak, diğer bilim dallarına yaptığı katkının yol ve yöntemlerini göstermek ve bu fikirleri ilke veya kavramlar olarak formüle etmek veya isimlendirmek zorundadır. Bizler doğa ile genel anlamda ilgilendiğimizi göstermek zorundayız. Öteki bilim dallarındaki bilimciler gibi kendi akıl yürütme süreçlerimizde daha analitik olmalıyız. Yerbilimlerinde son dönemlerde örnekleme, ölçek, zaman süreci, ölçüm konularına ilişkin bazı çalışmalar yapılmıştır ancak yerbilim alanındaki kavramların, yöntemlerin, akıl yürütmenin, kanıtın ve yorumlamanın doğasını çözümlenme araştırmaları çok gecikmiştir. Diğer bir deyişle yerbilimlerinin niteliğinin, çalışma konusunun, yönelimleri belirlenmesi gerekmektedir. Jeolojinin temellerini düşünmek açık bir ihtiyaç haline gelmiştir.

Chamber'in (1904) şöyle söylemiştir; "özgün bir felsefe atmosferi..., bilim dalımızın sağlıklı bir entellektüel yaşama sahip olması için gereklidir. " Bilim tarihi ve felsefesinin çalışılması" yöntemleri olduğu ölçüde gerçeklikler dizisinin perspektifine katkıda bulunacak ve bilimsel düşüncesini birarada tutan bağı ortaya çıkaracaktır (Margenau, 1960). Tarih çalışması ile gelişimin ve değişik disiplinler arasındaki düşüncelerin etkileşiminin izlenmesi kastedilmektedir. Bir ölçüde tarihsel ve felsefi olan yerbilimlerinin niteliği ve çalışma yöntemleri yerbilimciyi kendi düşüncelerinin evrimini ve özünü incelemesi için teşvik etmelidir,

### DEĞİNİLEN BELGELER

- Bemmelen, R.W, Van, 1961, The scientific character of geology: J.GeoL, voi.69, pp, 453-46 L
- Bertalanfly, L. Von, 1952, Problems of life, an evaluation of modern biological thought: London, Watts, 216 pp.
- Birch, L.C, 1951, Concept of nature: Am, Scientist, vol.39, pp. 294-302..
- Bubnoff, S, Von, 1959, Grundprobleme der Geologie: Berlin, Akademie-Verlag, 234 pp,

- Bucher, W.H., 1950, The crust of the earth: Sei, American, vol. 182, no. 5, pp, 32-41.
- Chamberlin, T.C., 1904, The methods of the earth-sciences: Popular Sei, Monthly, vol.66, pp, 66-75.
- Garrels, R.M., 1951, A textbook of geology: New York, Harper, 511 pp,
- Geike, Sir Archibald, 1905, The founders of geology: London, Macmillan, 486 pp,
- Gordon, W/L, 1951, Geology, in, H, Dingle, ed, A century of science: London, Hutchinson's Scientific and Technical Publ, pp, 98-113.
- Hagner, A.F., 1961, Geologic education and its influence on approaches to geologic problems: J.Geol. Educ, vol.9, pp. 89-97.
- Krumbein, W.C., 1960, The "geological population" as a framework for analyzing numerical data in geology: Liverpool and Manchester Geol. J., vol.2, pp. 341-368.
- Mach, E., 1903, quoted in Schrödinger, Erwin, What is life, and other scientific essays: New York, Doubleday, 1956, 263 pp,
- Margenau, EL, 1960, Foreward to, The search for order by C J. Schneer: New York, Harper, XII pp,
- Pospelov, GJL, 1961, Geology as a science and its place in natural history: Izvestiya Acad. Sei., USSR, Geol. Ser., 1960, (trans. Nov., 1961), pp. 141.
- Schneer, C J., 1960, The search for order: New York, Harper, 398 pp.
- Stokes, WXi, 1960, Ant introduction to historical geology: New Jersey, Prentice-Hall, 502 pp.
- Thomas, H.H., 1947, The rise of geology and its influence on contemporary thought: Ann. Sei., vol. 5, pp. 325-341.
- Umbgrove, J, RR, 1947, The pulse of the earth: The Hague, Nijhoff, 358 pp.

# Yarı Fosilleşmiş Dinozor Yumurtaları

Ali Haydar GÜLTEKİN

*Dokuz Eylöl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, tZMİR*

Dinozor kelimesi yaklaşık yüzyıl önce ilk defa Sir Richard Owen tarafından kullanılmıştır, Yunanca "korkunç" anlamına gelen "denius" ve "kertenkele" anlamına gelen "sauros" sözcüklerinden türetilmiştir. Ancak zamanla daha da genelleştiler ve bütün iri yapılı sürüngen fosillerine atfedilmiştir. Bugün ise dinozor kelimesi soyu tükenmiş olan bazı tür sürüngenler için kullanılmaktadır.

Dinozorlar ilk olarak 230 milyon yıl önce Orta Trias'ta görüldüler, İlk ortaya çıkan türleri sürüngenler grubuna aittir. Ancak zamanla genişliyerek farklı yönlerde evrimleştiler. Karada ve suda yaşayan türleri yanısıra hem karada hem suda yaşayan ve uçabilen türleri vardı, Devasa büyüklükte olanların yanında tavuk büyüklüğünde olanları da saptanmıştır. En iri dinozor olan *Diplodocus*, 26 metreyi bulan uzunluğu ile dev boyutlu bir hayvandı, Bazıları iki ayak, bazdan ise dört ayak üzerinde hareket eden bu hayvanlar etçil, otçul veya Tasladıkları herşeyi yemeye yatkın canlılardı. Dinozorların soyunun tükenme nedeni bugün tam olarak anlaşılmış değildir (Oygür, 1993),

Tüm dinozorlar yumurtlayıcıydı. Bu nedenle "dinozor yumurtası" denilince bu yaratıklar tarafından yumurtlanmış olan yumurtalar anlaşılır. Fosilleşme sözcüğü ise organik maddelerin inorganik maddelere dönüşümünü, diğer bir anlatımla toprağa gömölü bitki veya hayvansal organik bileşiklerin inorganik minerali zasyonunu tanımlar. Genel bir özellik olarak, yumurta kabuğu kolaylıkla kırılabilen bir yapıda, içeriği ise akıcı olduğundan gömölü olmayanların fosilleşme şansı yoktur. Buna rağmen, dünyanın pek çok yerinde fosilleşmiş bir çok dinozor yumurtası bulunmuştur. Ancak

bugüne kadar en bol görüldükleri ülkeler Çin, Moğolistan, Kuzey Amerika ülkeleri ve Güneş Afrika olarak sayılabilir, Çin'in Henan Eyaleti'nin güneybatısında yer alan Xixia havzasında, yakın zamanlarda fosilleşmiş yeni dinozor yumurtalarının bulunması pek çok kişi ve kuruluşun ilgisini bu ülke üzerine çekmiştir. Tüm havzada bulunan fosilleşmiş yumurta sayısı yedi bin dolayındadır, Bugüne kadar bulunmuş olan dinozor yumurtalarının sayısı sadece 500 kadar olduğu düşünülürde Xixia havzasının önemi çok daha iyi anlaşılır. Bazı yumurta türlerine ilk defa rastlanılıyor olması ve son derece iyi korunmuş olmaları paleontolojik ve jeolojik açıdan önemli sonuçlar doğurmuştur,

Dinozor fosillerinin yoğun şekilde bulunduğu yerlerde fosilleşmiş yumurtalara rastlanılmaması veya az sayıda olması oldukça ilginçtir. Diğer yandan çok sayıda yumurtanın bulunduğu yerlerde sadece bir kaç fosilleşmiş dinozor kemiğine rastlanılmıştır. Bu garip durumun nedeni bugün tam olarak anlaşılammıştır. Paleontologlar buna bir yanıt bulabilmek için araştırmalarını sürdürmektedir»

Xixia'nın fosilleşmiş dinozor yumurtaları ilk olarak 1974 yılında keşfedilmiştir, tik verilerden, bölgenin bu açıdan oldukça zengin olduğu anlaşılınca kazılara devam edilmiştir. 14 farklı yerleşim biriminde sürdürülen çalışmalar sonucunda çok sayıda yeni fosilleşmiş yumurta bulunmuştur. Saçılmış oldukları sahalarda tamamına yakını yüzeylenmiş olan yumurtaların yaşı 120 milyon yıl (Erken Kretase) olarak saptanmıştır. Çalışmalar, aralıklarla 1993 yılına kadar sürdürülmüştür. Ancak 1993 yılı bahannnda Xixia ve yakın sahalannnda kazı çahşnalan, Çin hükümetinin gözetim ve denetimi

altında yoğunlaştırılmış, bunun sonucunda da yedi bin dolayında fosilleşmiş dinazor yumurtası ortaya çıkarılmıştır,

Fosiller geniş bir sahaya dağılmıştır, Yanlızca 40 kilometre karelik bir sahada 5 binden fazla fosil yumurtası bulunmuştur. Bu durum, bu tür kalıntıların keşfedildiği sahalar içinde tek örnektir. Yumurta türü açısından büyük bir çeşitliliğin bulunduğu bölgede ölçülmüş olan en büyük yumurta uzunluğu 50 cm, en küçük uzunluk ise 10 cm boyutundadır. Şekilleri yuvarlak veya eliptikten, yuvarlak uçlu silindirik şekillere değişim gösterir, Yumurtaların diziliş şekilleri bulunduktan diğer alanlardan farklılıklar gösterir. Büyük çoğunlukla an kovanına benzer bir düzenleme ve yuva başına 22 kadar yumurta saptanmıştır.

Kazı çalışmaları sırasında bir talihsizlik sonucunda iki yumurtanın kırılmış olması, en ilginç bulguların elde edilmesine yol açmıştır. Kırılan yumurtalardan birinin merkezi bölümü hala yumuşaktı. Diğerleri ise çift kabukluydu. Oysa diğer yumurtalar tamamen fosilleşmişti. Yarı fosilleşmiş olan yumurta 10 cm uzunluğunda, 8 cm genişliğinde, 6 cm kalınlığında ve oval bir şekil göstermekteydi. Yumurta kabuğu pürüzsüz gri bir yüzeye dönüşmüştü. Ancak en ilginç olan konu, gri-mor renkli olan 2 cm çapındaki bir merkezi bölümün pamuk şekilli yapı göstermesiydi. Yumurtanın şanslı olarak görünen kısmı kabuktan ince bir kalsit tabakası ile ayrılmıştı, detaylı incelemelere karşın, merkezi materyalin niteliği tam olarak anlaşılamamıştır.

Çift kabuklu olan diğer yumurtanın çapı 10 cm kadardı. Kabuğun kırılmış olması nedeniyle bu yumurta, iç materyali yönüyle dikkatlice incelenmiştir. Gözlemler, yumurtanın düzensiz beyaz çizgiler içeren siyah renkli bir maddeden oluştuğunu ortaya koymuştur. Oldukça ilginç olan bu maddenin yumurtanın beyazı olabileceği veya yan gelişmiş bir dinazor embriyosu olabileceği öne sürülmüştür. (Jinghua and Xiaosi 1994).

Gezegenimizin yaşı 4.7 milyar yıl olarak kabul edilmektedir. Ancak ilk omurgalı canlıların ortaya çıkması sadece 500-600 milyon yıl geriye gidebilmektedir. Böylesine uzun bir tarih öncesi çağı bütünü ile anlamak ve ortaya çıkarmak oldukça zor gözükmektedir. Yeryuva-

rının geçmesini anlamak, evrimleşme evrelerini ortaya koyabilmek fosiller dikkate alındığında olanaklı olabilmektedir. Dinazor yumurtalarının bulunduğu sahaların jeolojik geçmişini, paleocoğrafyasını ve iklimini saptamak, fosillerle ortaya çıkarmak olanaklıdır. Bugün bir anlamda fosilleşmiş dinazor yumurtası krallığı olarak adlandırabileceğimiz Xixia, Kretase'de (110 milyon yıl önce) dağlarla çevrili bir havza içinde yer alıyordu. Nemli iklimi, bitki örtüsü sürüngenler için son derece elverişliydi. Bu nedenle bu havzada bütün dinazor türlerine rastlamak sözkonusuydu.

Fosilleşmiş hayvan ve bitki kalıntılarını dayanarak Xixia hakkında bilinmeyenler ortaya çıkarılmaya çalışılmaktadır. Doğal olarak dinazorların evrimleşmesini ve özelliklerini saptamada bu canlıların fosil kayıtları bir temel oluşturmaktadır. Fosillerin incelenmesiyle bu tür canlıların büyümelerini, hastalıklarını, ölümlerini ve neden ortadan kaybolduklarını anlamak mümkün olabilir. Fosilleşmiş dinazor yumurtaları da bu bulguları ortaya koymada bize değerli ipuçları verebilmektedir. Ancak hala pek çok sorun bulunmaktadır. Örneğin yumurtaların yoğun şekilde bulunduğu sahalarda niçin dinazor kalıntılarını rastlanılmamaktadır? Dinazorlar yumurtlamak için göç ederler miydi? Yumurtaların içinde, bilim adamlarına eşsiz bulgular sunacak genetik materyale rastlama şansı nedir?

Tüm sorulara tam olarak yanıt bulunmasa da, Xixia'daki bu binlerce fosilleşmiş yumurtaların incelenmesi şüphesiz ki bize hem bu canlıları tanımada hem de belirli jeolojik dönemleri incelemeye yeni veriler sunacaktır. Kısacası, "Homo Sapiens" ya da "İnsan" a kadar olan gezegenimizin geçmişini ortaya koymak, daha uzun yıllar bilim adamlarının başlıca uğraşı olarak kalacak gibi görünmektedir,

### DEĞİNİLEN BELGELER

Öygür, V., 1993, Jurassic Park, Bilimin Halk Düzeyine İndirilmesinin Yolu, Jeoloji Mühendisliği, s, 42, 118427,

Jinghua, and Xiaosi, F., 1994, Xixia, the Kingdom of Dinosaur Egg Fossils, China and World Cultural Exchange, No, 4, pp. 20-21 Beijing,

# JEOLoJİ TAKVİMİ

(Episod, Eylül 1994)

## 1995

### January

January (originally planned for February 1994)  
**GEOLOGY OF THE NILE BASIN COUNTRIES** (1st International Conference), Assiut, Egypt, (Professor Hassan A Soliman, Assiut University, Geology Department\* Assiut, Egypt. Telefax: 20 2 88 32 25 64)

3-7 January 1995  
**THE EVOLUTION OF THE EASTASIAN ENVIRONMENT** (4th International Conference), Hong Kong, (Centre of Asian Studies, The University of Hong Kong, Pokfulam Road» Hong Kong, Telefax: (852) 559 5884; e-mail: easlib@hkucc.bithet)

5-7 January 1995  
**LATE GLACIAL PALAEOCEANOGRAPHY OF THE NORTH ATLANTIC MARGINS**, Edinburgh» UK, (WEN Austin, Department of Geology and Geophysics» Grant Institute, West Mains Road, Edinburgh EH9 3JW, UK, Phone: 44 31 650 5943; telefax: 44 31 668 3184)

m-18 January 1995  
**NEW DIRECTIONS FOR GEOSCIENCES** (GSC Current Activities Forum), Ottawa, Canada, (Mike Kiel/Geological Survey of Canada, 601 Booth Street, Ottawa, Ontario KIA 0E8, Canada. Phone: 613 992 5265; telefax: 613 996 8748; e-mail: mkiel@gse.emr.ca)

19-24 January 1995  
**2ND SOUTH ASIA GEOLOGICAL CONGRESS (GBOSAS Hh Colombo, Sri Lanka**, (Dr N P Wijayananda, GEOSAS II, Geological Survey and Mines Bureau» 4 Galle Road; Dehiwela, Sri Lanka. Phone: 94 1 72574; telefax: 94 1 725752)

### February

6-11 February 1995  
**SOUTH ASIA GEOLOGICAL CONGRESS (GEOSAS-II: 95)**, Colombo, Sri Lanka. (Congress Secretariat, NARÀ, Crow Island Mattakuliya, Colombo 15, Sri Lanka. Phone: 94 1 522005; telefax: 94 1 522932, 94 1 522881)

1M February 1995  
• **PETROLEUM GEOLOGY IN THE IRISH SEA AND ADJACENT AREAS**, London, UK, (H Gould, Geological Society, Burlington House, Piccadilly, W1V 0JU)

«MI February IW>5  
• **INIERDISCIPLINAR Y COOPERATION IN EARTHQUAKE HAZARD MITIGATION** (47th Annual Meeting of the BiidUJuak Engineering Research Institute)» San Francisco, USA, (HIIRI 499 14th St., Suite 320, Oakland California 94612-1934. Phone: 510451 0905; telefax: 510451 5411)

13-14 February 1995  
• **OIL AND GAS ASIA '05. Manila**, Philippines, (Conference Committee, HQ Link Philippines itic» Unit B\* 8th Floor, 101 Aguirre St., Legaspi Village. Makati, Metro Manila» Philippines, Phone: 632 810369; telefax: 632 8153152,

14-16 February 1995  
**THE GEOENVIRONMENT, Now Orleans**, Louisiana, USA, (Dr Yalcin B Acar, Civil Engineering Department, Louisiana State University, Baton Rouge, LA 70803 USA, Phone: 504 388 8638; telefax: 504 388 5990)

15-18 February 1995  
**GEOSEA '95—GEOLOGY, MINERALS AND ENERGY RESOURCES FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (8th Regional Conference on Geology, Minerals and Energy Resources of Southeast Asia)**, Manii\*» Ph&pptncs. (The Secretariat» GEOSEA 't^ Orgnning Committee, Geological Society of the Philippines, North AvemieicSilinian Quezon City, Philippines. Phone 99 85 44; telefax: (632) 99 85 44, (632) 95 16 35. (632) 7 H 30 77, (632) 712 46 56)

### March

4 March 1995  
• **TECTONICS OF THE BRITISH ISLES: ONSHORE AND OFFSHORE GEOLOGY**, Durham» UK, (B Holdsworth, Department of Geological Sciences, University of Durham, Durham PH1 3LE, UK.)

O 5-« March 1995  
**AMERICAN ASSOCIATION OF PETROLEUM GEOLOGISTS** (Annual Meeting), Houston, Texas, USA, (AAPG Convention Department, PO Box 979, Tulsa, OK 74101, USA, Phone: (918) 584-2555)

6-9 March 1995  
**SOCIETY FOR MINING METALLURGY AND EXPLORATION** (Annual Meeting), Denver, Colorado, USA. (Meetings Department, SME Inc, TO Box 625002, Littleton, CO 80162-5002, USA. Phone: (303) 973-9550; telefax: (303) 979-3461)

12-16 March 1995  
**WATER RESOURCES MANAGEMENT** (International Conference), Muscat, Oman, (Saif bin Rashid al Shaqsi» WRM, Ministry of Water Resources, P O Box 2575, Ruwi 112, Sultanate of Oman. Telefax: 968 799 563)

12-16 March 1995  
**WkDEVELOPMENT AND UTILISATION OF EARTH AND HUMAN RESOURCES (31st Conference of Nigerian Mining and Geosciences Society)**, Calabar, Nigeria, (Dr B N Ekwumc, Department of Geology, PO Box 3651, Calabar» Nigeria)

13-17 March 1995  
**LUNAR AND PLANETARI SCIENCE i2(nh Annual Conference)**, Houston, Texas, US/ (LeBecca sfm\*»g?. \\_pi\_fathkiiinn\*\_nom Programme Services Department, 3600 foi Area Boulevard, Houston TX 77058 1113. USA. Phone 713 486 2158)

27-29 March 1995  
• **STRUCTURAL GEOLOGY IN RESERVOIR CHARACTERISATION AI FIELD DEVELOPMENT**, London, UK. (M Coward, Department of Geology, Imperial College, Prince Consort Road, London SW7 2BP)

27-29 March 1995  
• **SUBSAHARAN OIL AND MINERALS**, Johannesburg, South Africa. (Europe Bnerf Environment Ltd, 3 Hayne St, London EC1 9HH, UK, Phone: 171 6006660; telefax: 1 6004044)

28 Marché April 1995  
**MOZAMBIQUE AND REIA TED METAMORPHIC BELTS «Field Workshc and 3rd Annual Meeting of ICGP 348 — p^ of Geocongress. \*95)**, Natal and Johannesburg» South Africa, (Bob Thomas, Council for Geoscience, P O Box 900, Pietermaritzburg, South Africa. Phone: 033 456265; telefax: 0331 949342)

### April

2-7 April 1995  
**GEOTECHNICAL EARTHQUAKE ENGINEERING AND SOIL DYNAMICS** (3rd International Conference)» St Louis, Missouri, USA, (Dr Shatsher Prnksh. University of Missouri-Rolhi, Continuing Education» 103 ME Annex, Rolla, MO 65401-0249, USA, Phone: (314)341 4200; telefax: (314) 341 4992; e-mail: praka.sh@novell.civil.umr.edu)

3-5 April 1995  
• **UK MINERALS INDUSTRY**, Leeds, UK. (The Conference Office, IMM, 44 Portland Place, London W1N 4BR, UK, Phone: 171 580 3802; telefax: 171 436 5388)

3-7 April 1995  
**SOUTH AFRICA CENTENNIAL GEOCONGRESS**, Johannesburg, South Africa. (Secretariat, Centennial Oeocongress PO Box 36815, Menlo Park, 0102 South Africa; Phone/telefax: 27 12 47 3398)

4^8 April 1995  
**THE HIMALAYA, KARA KO RAMAND TIBET** (jOth Workshop), Monte Veritli, Ascona, Ticino, Switzerland, (Dr David A Spencer, Geologisches Institut, ETH-Zentrum, CH-8092 Zurich, Switzerland, Phone 41 1 632 3698; telefax: 41 1632 108 e-mail: daspencer@erdw.ethz.ch)

4-8 April» 995  
• **MIOGE '95** (3rd Moscow International Oil and Gas Exhibition and Conference), Moscow, Russia, (Oil MI Gas Division, Byron House, 112a Birtriand Rd, London W 2EQ, UK)

S-7 April 1995

**FR. 17 IIS AND DYNAMIC SYSTEMS IN GEOSCIENCE** (2nd International Symposium), Frankfurt, Germany, (Jörn H Kruhl, Cieol-PalHont. Institut, J.W Goethe-Universiia, Scnckenheighnrlage 32, D-50054 linnkfurt/M, Germany. Photic: 49 69 79826<>5; telefax: 49 69 79H2958; telex: 413 932UNIFD)

10-13 April 1995

• **GEOLOGY AND ORE DEPOSITS OF THE AMERICAN CORDILLERA, Reno, Nevada, USA** (Bob Hatch, Geological Society of Nevada, Box f202 I, Reno, Nevada 89510, Phone: 702 323 4569; telefax: 702 323 3599)

10-14 April 1995

**MECHANICS OF FAULTED ROCK (2nd International Conference)**, Vienna, Austria,, (Doz Dr H P Rossmann, Institute of Mechanics, Technical University Vienna, Wiedner Hauptstr, 8-10/325, A-1040 Vienna, Austria, Phone: 0043 1 58 801 5514; telefax: 0043 1 587 58 63; e-mail: rassmanith@emeh80.una.ac.at)

## May

2-5 May 1995

**GEOTECHNICA** (International Trade Fair and Congress for Geosciences and Geotechnology), Cologne, Germany, (AWS-Geschäftsstelle, Wissenschaftszentrum, Ahrstrasse 45, D-53175, Bonn, Germany)

5-13 May 1995

**CONSERVATION OF GEOLOGICAL HERITAGE IN SOUTH EAST EUROPE** (1st Subregional Meeting), Sofia, Bulgaria. (Dr Radošlav Nakov, Geological Institute, Acad, G Bontchev St block 24, 1113 Sofia, Bulgaria, Telefax: (00359 2)724638)

14-18 May 1995

**CANADIAN INSTITUTE OF MINING, METALLURGY AND PETROLEUM (97th annual general meeting)**, Halifax, Nova Scotia, Canada, (John Gaydos, Meetings Manager, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1 Place Alexis Nihon, 1210-3400 de Maisonneuve Boulevard West, Montreal, Quebec H3Z 3B8, Canada, Phone: (514) 939-2710; telefax: (514) 939-2714)

14-18 May 1995

**WATER RESOURCES AT RISK, Denver, USA**, (Helen Klose, American Institute of Hydrology, 3416 University Avenue, Minneapolis Mn 55414, USA)

15-18 May 1995

**GROUNDWATER QUALITY, REMEDIATION AND PROTECTION**, Prague, Czech Republic, (GQ \*95, c/o Gaurant, Opletalova 15, 11000 Prague U Czech Republic)

15-19 May 1995

**EXPLORING THE TROPICS (11th International Geochemical Exploration Symposium)**, Townsville, Queensland, Australia, (Dr Russell Myers, 17 IGES, National Key Centre in Economic Geology, James Cook University, Townsville, Q 4814, Australia. Phone: 077-814486; telefax: 61-77-815522)

17 May 1995

• **LOW-COST GEOLOGICAL REMOTE SENSING** (Meeting of the Geological Society's Remote Sensing Group), London, UK. (I)r Kichurtl Tccuw. Applied Geology Unit, University of Hertfordshire, College Lam», HaKield, llcrtfndrshirc AL109AB, IMione: 01 707 284598; telefax: 01 707 284514)

17-19 May 1995

**GEOLOGICAL ASSOCIATION OF CANADA AND MINERALOGICAL ASSOCIATION OF CANADA** (Joint Annual Meeting), British Columbia, Canada, (Dr Chris R Barnes, General Chair, S EOS, University of Victoria, PO Box 1700, Victoria, BC V8W 2Y2, Canada, Phone (604) 721-6120; telefax: (604)721-6200)

29 May-1 June 1995

• **MINING AND THE ENVIRONMENT—AN INTEGRATED APPROACH TO PLANNING AND REHABILITATION FOR THE 21ST CENTURY (Sudbury 95 Conference)**, Sudbury, Canada, (A J Oliver, Mineral Sciences Laboratory, CANMET, 555 Booth St, Ontario K1A 0G1, Canada, Telefax: 613 996 9041)

29 May-2 June 1995

**EUROPEAN ASSOCIATION OF EXPLORATION GEOPHYSICISTS (57th Annual Meeting and Technical Exhibition)**, Glasgow, UK, (Evert van der Gaag, Business Manager EAEG, PO Box 298, 3700 AG Zcist, The Netherlands, Phone: +31 (0)3404 56997; telefax: +31 (0)3404 62640)

## June

04-10 June 1995

**MANAGING THE EFFECTS OF MAN'S ACTIVITIES ON GROUNDWATER (26th Congress of IAH)**, Edmonton, Canada. (Solutions 95, 10769-99 Street, Edmonton, Alberta, Canada T5H 4H6. Phone: +403 4245281; telefax: +403 4245306)

5-12 June 1995

• **POPULATION, RESOURCES AND ENVIRONMENT: PROSPECTS AND INITIATIVES** (18th Pacific Science Congress), Beijing, China, (Professor Fu Congbin, Chinese Academy of Science, PO Box 2718, Beijing 100080, China, Phone: 86 1 2575034; telefax: 86 1 2562458; e-mail: fucb%bepe2.@scs.slac.stanford.edu)

7-9 June 1995

**AFRICAN MINING '95**, Windhoek, Namibia. (The Conference Office, The Institution of Mining and Metallurgy, 44 Portland Place, London W1N 4BR; Phone: +44 (0)71-580 3802; telefax: +44 (0)71-436 5388)

0-12 June 1995

**THE ORDOVICIAN SYSTEM (7th International Symposium)**, Las Vegas, Nevada, USA. (Dr Margaret N Rees, Department of Geoscience, University of Nevada at Las Vegas, Las Vegas, NV 89154-4010, USA, Phone: (702) 739-3262; telefax: (702) 597-4064)

18-23 June 1995

**GEOMORPHOLOGY (Conference)**, International Association of Geomorphologists, SB Asia, Singapore. (Dr f to b Kim Chunn, Geography/Nil; Division, Nanyang Technical University, 40<sup>o</sup> Buki! Tiinah Road, Singapore 1025, Telefax:-65 469 8433)

25-28 June 1995

• **WATER RESOURCES AND ENVIRONMENTAL HAZARDS (Annual Symposium AWRA)**, Honolulu, Hawaii, USA. (A Ivan Johnson, Inc, 7474 Upham Cl, Arvada, CO 80003, USA, Phone: 303 425 5610)

26 June-1 July 1995

**EUROPEAN COAL CONFERENCES**, Prague, Czech Republic. (ECC \*95, Faculty of Science, Charles University, Albertov 6, 128 43 Prague 2, Czech Republic, Phone: 2 24915472; telefax: 2 296084)

## July

2-9 July 1995

• **PACIFIC NEOGENE STRATIGRAPHY AND IGCP355** (6th RCPNS International Congress), Serpong, Indonesia, (Dr E P Utomo, Organising Committee LIPI, Jalan Cisuu 21/154D, Bandung 40135, Indonesia, Telefax: 62 22 250 4593.

0-2-14 July 1995 (modified entry)

• **INTERNATIONAL UNION OF GEODESY AND GEOPHYSICS (21st General Assembly)**, Boulder, Colorado, USA. (IUGG General Assembly, American Geophysical Union, 2000 Florida Avenue, NW, Washington, DC, 20009, USA. Phond: 202 462 6900; telefax: 202 328 0566; e-mail: •ugg^xxiga.Cikosmus^ägü.org)

10-14 July 1995

**REEFS AND CARBONATE PLATFORMS IN THE PACIFIC AND INDIAN OCEANS**, Sydney, Australia, (D D Bergersen, Department of Geology and Geophysics, University of Sydney, NSW, Australia, Phone: 61 2 692 4050; telefax: 61 2 692 0184)

17-21 July 1995

**PELAGIC BIOGEOGRAPHY (2nd International Conference)**, Amsterdam, The Netherlands, (S Vander Spoel, Institute of Taxonomic Zoology, PO Box 94766, IÖ90 GT Amsterdam, The Netherlands, Phone: 31 20 525 5402)

18-20 July 1995

**COASTAL AND OCEAN ZONE MANAGEMENT** (9th International Symposium), Tampa, Florida, USA. (Dr Billy Edge, Ocean Engineering Program, Civil Engineering Department, Texas A&M University, College Station, Texas 77843 3136, USA)

## August

3-10 August 1995

• **INTERNATIONAL UNION FOR QUATERNARY RESEARCH (INQUA)** (14th International Congress), Berlin, Germany, (Professor Dr Margot Bose, Institut für Geographische Wissenschaften, Freie Universität Berlin, Gninewalderstr, 35, ti~ 12165 Berlin, Germany, Telefax: 30 838 6532)



7 12 August W5

**6 III INTERNATIONAL KIMBERLITE**

**CONFERENCE**, Novosibirsk, Russia. (Dr N Pokhilenko, United Institute of Geology (Geophysics and Mineralogy, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, 630090 Novosibirsk - Russia, Telex: 133123 KORA SU; telefax: 007 3832 3526 92; e-mail: chief#diamond.msk.su)

9-10 August 1995

**TERRESTRIAL CARBON CYCLE CHANGES DURING THE LAST 150 Ky (International Symposium, part of FNQUA XIV)**, Berlin, Germany. (H Faure, Luminy Case 907, F 13288 Marseille Cedex, 09, France, Telefax 33 9126 66 38)

O 13-16 August 1995 (modified entry)

**LINKED EARTH SYSTEMS (1st SEPM Congress on Sedimentary Geology)**, St Pete Beach, Florida, USA. (SEPM, PO Box 4756, Tuba, OK, 74159-0756, USA)

13-28 August 1995

**WATER-ROCK INTERACTION (8th International Symposium)**, Vladivostok, Russia, (Oleg ChudaeV, Far East Geological Institute, 690022 Vladivostok, Russia, Phone: 7 4232 3172567; telefax: 7 5098 512430; telex: 213212 FEBAS SU; e-mail: fegi@visenet.Jasneteom)

21-25 August 1995

**RESEARCH METHODS IN ANCIENT AND MODERN LACUSTRINE BASINS (1st International Umno-geological Congress)**, Copenhagen Denmark, (Dr Nanna Noe-Nygaard, Geological Institute, University of Copenhagen, Oster Volgade 10, Copenhagen 1350 K, Denmark, Phone: 45 35322491; telefax: 45 35322499)

24 August-5 September 1995

**OROGENIC LHERZOLITES AND MANTLE PROCESSES (2nd International Workshop)**, Granada\* Spain; (H G Barszczus, Géofluides GBE/JSTEEM, C P057, Université de Montpellier 2, 34095 Montpellier Cedex 5, France, Phone: 33 6714 3933; telefax: 33 6714 4774; e-mail: barszczus@dstu.univ=montp2.fr)

27 August-1 September 1995

**GEOLOGY OF THE EASTERN MEDITERRANEAN REGION (2nd International Symposium)**, Jerusalem, Israel. (PO Box 50006, Tel-Aviv 61500, Israel, Phone: 972 3 5140014; telefax: 972 3 5175674)

28-31 August 1995

**MINERAL DEPOSITS: FROM THEIR GENESIS TO THEIR ENVIRONMENTAL IMPACTS (3rd Biennial SGA Meeting)**, Prague, Czech Republic, (Dr Jan Pasava, Secretary General, Czech Geological Survey, Klarov 131/3, 118 20 Praha I, Czech Republic. Phone: (42) 2 537011; telefax: (42) 2 7980965)

28 August-1 September 1995

**TECTONICS AND METALLOGENY OF EARLY/MID PRECAMBRIAN OROGENIC BELTS**, Montreal, Canada, (J A Pereival, Geological Survey of Canada, 601 Booth Street, Ottawa, Ontario K1A 0E8, Canada, Phone: (613) 995 4723; telefax: (613) 995 9272; e-mail: iperei.val@6091 C.gsc.emr.ca)

O 28 August - 2 September W5

**CARBONIFEROUS-PERMIAN (13th International Congress)**, Kraków, Poland. (XIII ICC - P Secretary General, Prof, dr.hab. Sonia Dyhova-Jnchowic/, Pánstwowy Instytut Geologiczny, Otd./iul (úrúnslask L I Kriw-lowc.j Jadwigi, 41-200 Nosnowice, Poland, Phone: 48 32 66 20 36; telefax: 48 32 66 55 22)

28 August-2 September 1995

**THE ORIGIN OF GRANITES (3rd Mutton Symposium)**, College Park, Maryland, USA, (Dr Michael Brown, Department of Geology, University of Maryland at College Park, College Park, MD 20742, USA. Phone: (301) 405-4082; telefax: (301)314-9661 )

O 31 August 1995

**INQUA**, Berlin, Germany, (H Derbyshire, Royal Holloway and Bedford New College, London University, Egham, Surrey TW20 OEX, UK, Telefax: +44(0)273-748919)

## September

! September 1995

**BRACHIOPODES ACTUELS ET FOSSILES (International congress)**, Sunbury Ontario, Canada. (M Gayet and B Courtinat, Université Claude-Bernard Lyon 1, Centre des Sciences de la Terre, 27-43, boulevard du 11 -nov., F-69622 Villeurbanne Cedex. France. Phone: 72 44 83 98 and 72 44 85 72; telefax: 72 44 84 36)

4-8 September 1995

**DYKES (3rd International Conference)**, Jerusalem, Israel, (Dr Gideon Baer, Geological Survey of Israel, 30 Malkhe Israel Street, Jerusalem 955011 Israel, Telefax: 972 2 3806688)

4-9 September 1995

**ASSOCIATION OF EUROPEAN GEOLOGICAL SOCIETIES (9th Meeting)**, St Petersburg, Russia, (Dr A Kotov, Institute of Precambrian Geology and Geochronology, Marakova Emb, 2, St Petersburg, Russia. Phone: (812) 218 47 01; telefax: (812) 218 48 01; e-mail: spire@sovamsu.sovusa.com)

4-9 September 1995

**DEVONIAN MICROVERTEBRATE BIOCHRONOLOGY (Final Meeting of IGCP 128, followed by field meeting in N France/Belgium» 9-25 September)**, Paris, France. (Dr Alan Blicke» telefax: 33 2043 6900)

10-20 September 1995

**KARST WATER AND ENVIRONMENTAL IMPACTS (5th International Symposium)**, Antalya, Turkey, (G GUnay, Karst '95, PO Box 357, Kizilay, 06420 Ankara, Turkey. Phone: 9041342 235 2543; telefax: 9041312, 235 2862)

17-20 September 1995

**CARPATHO-BALKAN GEOLOGICAL ASSOCIATION (15th Symposium)**, Athens, Greece. (G Migros, Inst, Mineralogy-Geology, Iera Odos 75, 11855 Athens, Greece, Phone: 30 1347 3143; telefax: 30 1346 0885)

18-23 September 1995

**FROM RIFTING TO DRIFTING IN PRESENT-DAY AND FOSSIL OCEAN BASINS (International Ophiolite Symposium)**, Pavia, Italy, (Dr R Tribuio, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pavia, via Abbiadegrosso, 209, N27100 Pavia, Italy, Phone: 382 505874; telefax: 382 505890) "

29 September-2 October 1995

**PALEOBIOLOGY AND EVOLUTION OF THE BIVALVIA\* (5th Canadian Paleontology Conference and International Symposium - Joint Meeting)**, Drumheller, Alberta, Canada, (Paul A Johnston, CPC-V, Royal Tyrrell Museum of Paleontology, PO Box 7500, Drumheller, Alberta T0J 9Y0. Phone: 403 823 7707; telefax: 403 823 7131)

## October

9-13th October 1995

**GEOLOGY FOR DEVELOPMENT WITHIN A SUSTAINABLE ENVIRONMENT (10th Conference of the Geological Society of Africa)**, Nairobi, Kenya. (Secretary OSA, 95 Organising Committee, PO Box 60199, Nairobi,)

9-14 October 1995

**INTERNATIONAL EARTH SCIENCE COLLOQUIUM ON THE AEGEAN REGION**, Izmir-Gulluk, Turkey, (Professor Dr Özkan Pişkin, General Secretary IESCA 1995, DE University, Department of Geology, PK 74 (EU-PTT) 35100 Bornova, Izmir, Turkey, Phone: 232 388 2919; telefax 232 388 7864; e-mail: dmujeo@trearn.bitnet)

10-14 October 1995

**AMERICAN ASSOCIATION OF STRATIGRAPHIC PALYNOLOGISTS (28th Annual Meeting)**, Ottawa, Canada, (Ms Susan A Jarzen, Canadian Museum of Nature, PO Box 3443, Station D, Ottawa, Ontario, Canada K1P6P4. Telefax: 613 954 4724)

10-14 October 1995

**PALEOCEANOGRAPHY (International Meeting)**, Halifax, Nova Scotia, Canada, (Larry Mayer, Ocean Mapping Group, Department of Surveying and Engineering, Box 4400, Fredericton, New Brunswick E3B 5A3, Canada)

16-20 October 1995

**LAND SUBSIDENCE FISOL '95 (5th International Symposium)**, The Hague, The Netherlands, (F H Schröder, Netherlands Geodetic Commission, PO Box 5030, NL-2600 GA Delft, The Netherlands. Telefax: 15 782745)

17-19 October 1995

**SEISMIC ZONATION (5th International Conference)**, Nice, France, (5th ICZS, AFPS Domaine de Saint-Paul, RP 1, 78470 Saint Remy Les Chevreuse, France, Telefax: (33-1) 30 52 75 75)

O 22-25 October 1995

**AMERICAN ASSOCIATION OF PETROLEUM GEOLOGISTS (International Conference and Exhibition)**, Cairo, Egypt, (AAPG Convention Department, PO Box 979, Tulsa, OK 74101, USA. Phone: (918) 584-2555)

22 25 July 1995

**COMPUTER APPLICATIONS IN THE MINERAL INDUSTRY** (3rd Conference), Montreal, Canada, (Hani Mini, Chairman CAMI '95, Department of Mining and Metallurgical Engineering, McGill University, 2020 University St., 21st floor, P () Box 102 Montreal, Quebec, Canada H3A 2A5. Phone: 514 398 4383; telefax: 514 398 8379)

O 24 27 October 1995

**GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA** (Annual Meeting), Seattle-Washington USA, (Jean Kinney, OSA Headquarters, PO Box 9140, 3300 Penrose Place, Boulder, CO 80301, USA, Phone: (303) 447-2020)

## November

5-9 November 1995

**SOCIETY OF EXPLORATION GEOPHYSICISTS** (Annual Conference), Denver, Colorado, USA, (Society of Exploration Geophysicists, Convention Assistant\* PO Box 702740, Tulsa, OK 74170, USA)

Ö 6-9 November 1995

**GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA** (Annual Meeting), New Orleans, Louisiana, USA, (Jean Kinney, GSA Headquarters, Box 9140, 3300 Penrose Place, Boulder, CO f 80301, USA, Phone: (303) 447 2020)

6-10 November 1995

**CURVED OROGENIC BELTS: THEIR NATURE AND SIGNIFICANCE**, Buenos Aires, Argentina, (Dr Jose Selles-Martinez, ; COB '95, Dpto. de Ciencias Geologicas, Pabellon 2 Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires, Argentina, Phone: 54 1 781 8213; telefax: 54 1 788 3439; e-mail: postmast@Ipgfeg.uba.ar)

7-11 November 1995

**RIVER SEDIMENTATION (6th International Symposium)**, New Delhi, India, (Shri C V J Varma, Central Board of Irrigation and Power, Maich Marg, Chanakyapuri, New Delhi 110021, India. Phone: 91 11301 5984; telefax: 91 11301 6347; telex: 31 66415 CBIP IN)

8-10 November 1995

• **TOWARDS RELATIVE AND SUSTAINABLE ENERGY AND MINERAL RESOURCE** (International Conference), Hat Yai, Thailand, (Asst Professor Rotehanatch Darnsawadi, PO Box 2, Hat Yai 90112, Thailand, Phone: 074 211030 49; telefax: 66 074 212802)

19-22 November 1995

**PACRIM** (Congress), Auckland, New Zealand. (Mrs Charmayne Perera, Congress Secretariat, Australasian Institute of Mining and Metallurgy, PO Box 122, Parkville Vic 3052, Australia. Phone: (03) 347-3166; telefax: (03) 347-8525; e-mail: jimauk@auckland.ac.nz)

## December

9-11 December 1995

**QUATERNARY DESERTS AND CLIMATIC CHANGE** (IGCP 349 Meeting), Al Ain, United Arab Emirates, (A S Alshurhan, Desert and Marine Resource Center, UAE University, PO Box 17777, Al Ain, United Arab Emirates, Telephone: 971 3 638 150 telefax: 971 3 620486)

## 1996

**CANADIAN INSTITUTE OF MINING, METALLURGY AND PETROLEUM (98th Annual General Meeting)**, Quebec City, Quebec, Canada. (John Gaydos, Meetings Manager, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1 Place Alexis Ninon, 1210-3400 de Maisonneuve Boulevard West, Montreal, Quebec H3S 3B8, Canada, Phone: (514) 939-2710; telefax: (514) 939-2714)

**GEOSTATISTICS** (5th International Congress), Wollongong, New South Wales, Australia. (Géostatistique de l'École des Mines de Paris, 35 rue Saint Honoré, 77305 Fontainebleau, France. Phone: (1) 64 69 47 04; telefax: (1) 64 69 47 05)

## February

19-23 February 1996

**GEOSCIENCE IN THE TIM COMMUNITY (13th Australian Geological Convention and Celebration of the Jubilee of BMR/AGSO)** Canberra, Australia, (ACTS, GPQ Box 220, Canberra ACT, 2601 Australia)

## March

8-15 March 1966

**GEOLOGICAL SURVEYS AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT** (Conference to mark the Centennial of the Geological Survey of Egypt), Cairo, Egypt, (M El Hinnawi, Geological Survey of Egypt, 3 Salah Salem Road, Abbassiya, Cairo, Egypt. Telefax: 002 02 820 128)

## April

24-27 April 1996

**NATURAL HAZARDS, LAND-USE PLANNING AND THE ENVIRONMENT** (6th Spanish Congress and International Conference), Granada, Spain, (Clémente Ilgaray Fernandez, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Campus Fuentenueva, 18071 Granada, Spain, Phone/telefax: 34 58 243 367; e-mail: jehacon@ugr.es)

## May

O 19-22 May 1996

**AMERICAN ASSOCIATION OF PETROLEUM GEOLOGISTS** (Annual Conference), San Diego, California, USA. (AAPG Convention Department, PO Box 979, Tulsa, OK 74101, USA, Phone: (918) 584-2555)

27-29 May 1996

**GEOLOGICAL ASSOCIATION OF CANADA and MINERALOGICAL ASSOCIATION OF CANADA** (Joint Annual Meeting), Winnipeg, Manitoba, Canada, (G S Clark, Department of Geological Sciences, University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba, Canada R3T 2N2. Phone: (204) 474-8857; (204) 261-7581)

## June

3-7 June 1996

**EUROPEAN ASSOCIATION OF EXPLORATION GEOPHYSICISTS and EUROPEAN ASSOCIATION OF PETROLEUM GEOLOGISTS (FAEG 58th Annual Assembly and EAPG 8th Annual Congress)**, Amsterdam, Netherlands. (EAPG, Attention of Mr E van der Gang, PO Box 298, NL-3700 AG, Zeist, Netherlands)

9-12 June 1996

**NORTH AMERICAN PALEONTOLOGICAL CONVENTION** (6th), Washington, DC, USA, (NAPC-VI, % Department of Paleobiology, Mail Stop 121, National Museum of Natural History, Washington, DC, 20560, USA)

17-21 June 1996

**INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LANDSLIDES** (7th), Trondheim, Norway, (Norwegian Geotechnical Society, PO Box 40, Taasen N-0801, Oslo, Norway)

22-29 June 1996

**INTERNATIONAL PALYNOLOGICAL CONGRESS** (9th), Houston, Texas. (Dr Vaughn M Bryant, Department of Anthropology, Texas A & M University, College Station, TX 77843, USA, Phone: 409 845 5242; telefax: 409 845 4070; e-mail: glwr6nn@lsuvm.snee.lsu.edu)

## August

4-14 August 1996

**INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS** (30th), Beijing, China, (30th IGC, PO Box 823, Beijing 100037, China, Phone: 86 1 8327772; telefax: 86 1 8328928)

## October

Ö 28-31 October 1996

**GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA** (Annual Meeting), Denver, Colorado, USA. (Jean Kinney, GSA Headquarters, Box 9140, 3300 Penrose Place, Boulder, CO 80301, USA. Phone: (303) 447-2020)

## 1997

O **ASSOCIATION OF EUROPEAN GEOLOGICAL SOCIETIES** (10th Meeting), Karlov Vary, Czechoslovakia. (Geological Society, Burlington House, Piccadilly, London W1V 0JU, UK, Phone: +44 (0)71-434 9944)

**CANADIAN INSTITUTE OF MINING, METALLURGY AND PETROLEUM (99th annual general meeting)**, Vancouver, British Columbia, Canada, (John Gaydos, Meetings Manager, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1 Place Alexis Ninon, 1210-3400 de Maisonneuve Boulevard West, Montreal, Quebec H3S 3B8, Canada. Phone: (514) 939-2710; telefax: (514) 939-2714)

January

1998

January IW7

- **DROUGHT\* GRminVATER POLLUTION AND MANAGEMENT** (International Workshop), Dindigul, India. (Managing Director. Tamilnadu Water Supply and Drainage Board, TWAD House, Chepauk, Madras 600 005, India)

September

2U27 September 1997

- **GROUNDWATER IN THE URBAN ENVIRONMENT** 28th IAH Congress (Professor J D Mather, Geology Dept, Royal Holloway and Bedford New College, Egham, Surrey TW20 0EX, UK. Telefax: 784 471780)

**CANADIAN INSTITUTE OF MINING, METALLURGY AND PETROLEUM** (100th annual general meeting)\* Quebec, Canada.

(John Jaydos, Meetings Manager, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1 Place Alexis Nihon, 210-34(K) de Maisonneuve Boulevard West, Montreal, Quebec H3S 3B8, Canada/phone: (514) 939-2710; telefax: (514)939-2714)

**IOIAGOD SYMPOSIUM, Australia.**

(Professor I R Plimer, University of Melbourne, Parkville, VIC 3052, Australia, Phone: 613 3446520; telefax: 613 3447761)

9-15 August 1998

**INTERNATIONAL MINERALOGICAL ASSOCIATION: IMA \*98 (17th General Meeting)** Toronto, Canada, (Professor A J Naldrett, Department of Geology, University of Toronto» Canada M5S 3B1 Phone: (461) 978 3030; telefax: (416) 978 3938; e-mail: ima98.@quart7.,geology,utoronto.ca)

October/November 1998

- **PHYSICAL, CHEMICAL AND BIOLOGICAL ASPECTS OF AQUIFER STREAM SEDIMENT INTERRELATIONS** (28th IAH Congress) (Dr J Rosensehein, USOS MS 414, National Center, Reston Va 22092, USA, Telefax: 703 648 5722)

## KONFERANS • SEMPOZYUM

\* **JEOKİMYA** 28 Ağustos-2 Eylül 1994 tarihleri arasında Avrupa Jeokimyacılar Demeği ve Edinburg Üniversitesi Jeolojik Bölümü'nün birlikte gerçekleştirdikleri "VW Goldschmidt Konferansı" İskoçya'nın Edinburg kentinde yapıldı. Toplantıda 550 dolayında katılımcı yer almıştır.

Bildiri Özleri, Mineraloji Kurumu (Londra) tarafından yayınlanan "Mineralogical Magazine" dergisinin özel volumünde (vol. 58) yayınlanmıştır.

Toplantıda sunulan bildirimlerle 15 sempozyum kapsamı içinde jeokimya yöntemleriyle yerin araştırılması konusunda çeşitli görüşler ortaya konulmuş ve tartışılmıştır.

Konferansı oluşturan 15 sempozyum; 1. Teorik jeokimya, 2. Deneysel jeokimya, 3. Jeokimya teknikleri, 4. Alterasyon ve erozyon, çökel ve diyajenez, 5. Toprak suyu kimyası ve paleohidroloji, 6. Kirleticiler ve atıkların depolanması, 7. Kuvaterner'deki değişimler ve okyanusların paleokimyası, 9. Güncel denizaltı hidrotermal prosesler, 10. Manto ve kabuk kayaları arasında kimyasal ve izotopik ilişki mekanizmaları, 11. Bölünme katsayıları, 12. Kabuk içindeki akışkanların dağılımı ve prosesler, 14. Uzun ve zaman içinde manto, 15. Jeokronometri,

Sunulan bildirimlerin 150'sini dünyamızla ilgili hidrotermal prosesler, okyanusal sirkülasyon ve karaların erozyonu; 25'ini çevre jeolojisi konuları oluşturmıştır.

Gelecek Goldschmidt Konferansı, 1999'da A.B.D./de yapılacak ve Pensilvanya Üniversitesi tarafından gerçekleştirilecektir.

\* **GEO 94 "The Middle East Geosciences"** "Orta Doğu Yerbilimleri Konferansı" 25-27 Nisan 1994 tarihleri arasında AAPG ve Dahrn (Suudi Arabistan) Jeoloji Kurumu organizasyonu ile Bahreyn'de gerçekleştirildi, Toplantının amacı, dünya rezervlerinin %65'ini oluşturan Orta Doğu petrolünün (günümüzde sadece %25 dolayında bir üretime sahiptir) gelecekteki gereksinimler temelinde bölgedeki sahaların iyileştirilmesi ve araştırmaların geliştirilmesi oluşturmaktadır, Konferansta 215 bildiri sunulmuştur.

ARAMCO'lu 26 katılımcı, Riyad bölgesindeki bulgularıyla ilgili açıklamalarda bulunmuşlardır, 60 kadar bildiri, rezervuarların jeolojisi ve jeofiziği ile ilgilidir. De Ruiter (SHELL) "Suriye Euphrate havzasının petrol sistemi"; Boserio (SHELL) "Umman Kambro-Ordovislieni"; Bishop (EXXON) "Arap platformu ölgeğinde Silüriyen olgunluğu"; Grabowski (EXXON) "Arap Platformunun yapısal ve tektonik tarihi" adlı senteze dayalı çalışmalar sunmuşlardır,

Fransız katılımcılardan BRGM: "Permian Neotetisi'nin güney kenarı" (Le Metour), "Umman'ın Alpin tektoniği" (Bechenec), "Umman Tersiyerinin sekans stratigrafisi" (Janjoli); CBG: "3D sismik hız modelizasyonu" (Jones) adlı çalışmalarla toplantıya katılmışlardır,

ELF; "Katar Jurasımın diyajenezi ve sedimentolojisi" (Bourroulec) ve iki jeofizik çalışması ile toplantıya katılmıştır,

IFP'nin altı bildirisinin konularını; 3D sismik impedansı, dönmüş zonların ön-ülke deformasyonu, jeokimyasal modelizasyon, rezervuarların FRALASS modelizasyonu, deltaik rezervuarların yapısı ve verilerin yorumu oluşturmıştır,

TOTAL ise "Abu Dhabi'nin bir bölgesine ait entegre bir inceleme, 3D sismik hız yorumu ve işlemi" (Cartier) adlı çalışma ile toplantıya katılmıştır.

Ayrıca Provence Üniversitesi, SHELL ve BRGM'nin katkısıyla Umman HugWalgakiranini çevreleyen Kampaniyen platformu üzerine ilginç bir çalışmayla konferansa katılmıştır. Konferans özleri kitabı toplantıda sunulmuştur, bildirimlerin tümüne alt makaleler Gulf Petrolink tarafından bir volüm olarak yayınlanacaktır.

\* **VOLKANOLOJİ**: 4 yılda bir gerçekleştirilen, 1986'da Yeni Zelanda, 1990'da Almanya'da yapıldıktan sonra 1994'te ülkemizde ODTÜ Kampüsünde 12-16 Eylül tarihleri arasında yapılan Uluslararası Volkanoloji Kongresi'nde; P.S. Wyllie "Manto, kabuk ve magma ilişkisi", I.A.NichoUs "Magmatik yayların çeşitliliği", J.A.Pearce "Çarpışma magmatizmasının özellikleri" adlı konferansları sundular. Ayrıca volkanizma konusunda başlıcaları; farklı jeodinamik kavramlar, çökel tipleri, volkanik tehlikeler, Tetis'in yaşlı ofiyolitleri ve metalojenik oluşumları vb, gibi 13 tema üzerinde sözlü bildiri ve çok sayıda poster sunumu gerçekleştirildi. Kongre öncesi ve sonrasında, Kapadokya ve çevresinin Kuvaterner ve Neojen lokaliteleri, jeotermal sahalar, metalojenik yataklar, volkano-tektonik özellikler, Kızıldag ofiyolitleri'ni kapsayan geziler düzenlenmiştir. Kongrede kabul edilen 600 bildiri özü bir abstract kitabı halinde kongre üyelerine dağıtılmıştır,

\* **FAUNA, FLORA ve SEKANS STRATİGRAFİ** Fransız Paleotologlar Demeği ve Fransız Jeoloji Kurumu tarafından 1445 Aralık 1995 tarihlerinde Paris'te gerçekleştirilecek olan toplantıda; biyostratigrafi ve sekans stratigrafi ilişkileri temelinde çalışmalar sergilenmektedir. Toplantı konuları içinde; okyanusal sirkülasyon, iklimsel koşullar, biyolojik gelişim ve deniz seviyesinin görece değişimleri önemli yer tutmaktadırlar.

January

1998

January IW7

- **DROUGHT\* GRminVATER POLLUTION AND MANAGEMENT** (International Workshop), Dindigul, India. (Managing Director. Tamilnadu Water Supply and Drainage Board, TWAD House, Chepauk, Madras 600 005, India)

September

2U27 September 1997

- **GROUNDWATER IN THE URBAN ENVIRONMENT** 8th IAH Congress (Professor J D Mather, Geology Dept, Royal Holloway and Bedford New College, Egham, Surrey TW20 0EX, UK. Telefax: 784 471780)

**CANADIAN INSTITUTE OF MINING, METALLURGY AND PETROLEUM** (100th annual general meeting)\* Quebec, Canada.

(John Jaydos, Meetings Manager, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1 Place Alexis Nihon, 210-34(K) de Maisonneuve Boulevard West, Montreal, Quebec H3S 3B8, Canada/thone: (514) 939-2710; telefax: (514)939-2714)

**IOATHAGOD SYMPOSIUM, Australia.**

(Professor I R Plimer, University of Melbourne, Parkville, VIC 3052, Australia, Phone: 613 3446520; telefax: 613 3447761)

9-15 August 1998

**INTERNATIONAL MINERALOGICAL ASSOCIATION: IMA \*98 (17th General Meeting)** Toronto, Canada, (Professor A J Naldrett, Department of Geology, University of Toronto» Canada M5S 3B1 Phone: (461) 978 3030; telefax: (416) 978 3938; e-mail: ima98.@quart7.,geology.utoronto.ca)

October/November 1998

- **PHYSICAL, CHEMICAL AND BIOLOGICAL ASPECTS OF AQUIFER STREAM SEDIMENT INTERRELATIONS** (28th IAH Congress) (Dr J Rosensehein, USOS MS 414, National Center, Reston Va 22092, USA, Telefax: 703 648 5722)

## KONFERANS • SEMPOZYUM

\* **JEOKİMYA** 28 Ağustos-2 Eylül 1994 tarihleri arasında Avrupa Jeokimyacılar Demeği ve Edinburg Üniversitesi Jeoloji-Jeofizik Bölümü'nün birlikte gerçekleştirdikleri "VW Goldschmidt Konferansı" İskoçya'nın Edinburg kentinde yapıldı. Toplantıda 550 dolayında katılımcı yer almıştır.

Bildiri Özlery, Mineraloji Kurumu (Londra) tarafından yayınlanan "Mineralogical Magazine" dergisinin özel volumünde (vol, 58) yayınlanmıştır.

Toplantıda sunulan bildirimlerle 15 sempozyum kapsamı içinde jeokimya yöntemleriyle yerin araştırılması konusunda çeşitli görüşler ortaya konulmuş ve tartışılmıştır.

Konferansı oluşturan 15 sempozyum; 1. Teorik jeokimya, 2. Deneysel jeokimya, 3. Jeokimya teknikleri, 4. Alterasyon ve erozyon, çökel ve diyajenez, 5. Toprak suyu kimyası ve paleohidroloji, 6. Kirleticiler ve atıkların depolanması, 7. Kuvaterner'deki değişimler ve okyanusların paleokimyası, 9. Güncel denizaltı hidrotermal prosesler, 10. Manto ve kabuk kayaları arasında kimyasal ve izotopik ilişki mekanizmaları, 11. Bölünme katsayıları, 12. Kabuk içindeki akışkanların dağılımı ve prosesler, 14. Uzak ve zaman içinde manto, 15. Jeokronometri,

Sunulan bildirimlerin 150'sini dünyamızla ilgili hidrotermal prosesler, okyanusal sirkülasyon ve karaların erozyonu; 25'ini çevre jeolojisi konuları oluşturmıştır.

Gelecek Goldschmidt Konferansı, 1999'da A.B.D./de yapılacak ve Pensilvanya Üniversitesi tarafından gerçekleştirilecektir.

\* **GEO 94 "The Middle East Geosciences"** "Orta Doğu Yerbilimleri Konferansı" 25-27 Nisan 1994 tarihleri arasında AAPG ve Dahrn (Suudi Arabistan) Jeoloji Kurumu organizasyonu ile Bahreyn'de gerçekleştirildi, Toplantının amacı, dünya rezervlerinin %65'ini oluşturan Orta Doğu petrolünün (günümüzde sadece %25 dolayında bir üretime sahiptir) gelecekteki gereksinimler temelinde bölgedeki sahaların iyileştirilmesi ve araştırmaların geliştirilmesi oluşturmaktadır, Konferansta 215 bildiri sunulmuştur.

ARAMCO'lu 26 katılımcı, Riyad bölgesindeki bulgularıyla ilgili açıklamalarda bulunmuşlardır, 60 kadar bildiri, rezervuarların jeolojisi ve jeofiziği ile ilgilidir. De Ruiter (Siffl) "Suriye Euphrate havzasının petrol sistemi"; Boserio (SHELL) "Umman Kambro-Ordovislieni"; Bishop (EXXON) "Arap platformu ölgeğinde Silüriyen olgunluğu"; Grabowski (EXXON) "Arap Platformunun yapısal ve tektonik tarihi" adlı senteze dayalı çalışmalar sunmuşlardır,

Fransız katılımcılardan BRGM: "Permian Neotetisi'nin güney kenarı" (Le Metour), "Umman'ın Alpin tektoniği" (Bechenec), "Umman Tersiyerinin sekans stratigrafisi" (Janjoli); CBG: "3D sismik hız modelizasyonu" (Jones) adlı çalışmalarla toplantıya katılmışlardır,

ELF; "Katar Jurasımın diyajenezi ve sedimentolojisi" (Bourroulec) ve iki jeofizik çalışması ile toplantıya katılmıştır,

IFP'nin altı bildirisinin konularını; 3D sismik impedansı, dönmüş zonların ön-ülke deformasyonu, jeokimyasal modelizasyon, rezervuarların FRALASS modelizasyonu, deltaik rezervuarların yapısı ve verilerin yorumu oluşturmıştır,

TOTAL ise "Abu Dhabi'nin bir bölgesine ait entegre bir inceleme, 3D sismik yorumu ve işlemi" (Cartier) adlı çalışma ile toplantıya katılmıştır.

Ayrıca Provence Üniversitesi, SHELL ve BRGM'nin katkısıyla Umman HugWalgakiranini çevreleyen Kampaniyen platformu üzerine ilginç bir çalışmayla konferansa katılmıştır. Konferans özleri kitabı toplantıda sunulmuştur, bildirimlerin tümüne alt makaleler Gulf Petrolink tarafından bir volüm olarak yayınlanacaktır.

\* **VOLKANOLOJİ**: 4 yılda bir gerçekleştirilen, 1986'da Yeni Zelanda, 1990'da Almanya'da yapıldıktan sonra 1994'te ülkemizde ODTÜ Kampüsünde 12-16 Eylül tarihleri arasında yapılan Uluslararası Volkanoloji Kongresi'nde; P.S. Wyllie "Manto, kabuk ve magma ilişkisi", I.A.NichoUs "Magmatik yayların çeşitliliği", J.A.Pearce "Çarpışma magmatizmasının özellikleri" adlı konferansları sundular. Ayrıca volkanizma konusunda başlıcaları; farklı jeodinamik kavramlar, çökel tipleri, volkanik tehlikeler, Tetis'in yaşlı ofiyolitleri ve metalojenik oluşumları vb, gibi 13 tema üzerinde sözlü bildiri ve çok sayıda poster sunumu gerçekleştirildi. Kongre öncesi ve sonrasında, Kapadokya ve çevresinin Kuvaterner ve Neojen lokaliteleri, jeotermal sahalar, metalojenik yataklar, volkano-tektonik özellikler, Kızıldağ ofiyolitleri'ni kapsayan geziler düzenlenmiştir. Kongrede kabul edilen 600 bildiri özü bir abstract kitabı halinde kongre üyelerine dağıtılmıştır,

\* **FAUNA, FLORA ve SEKANS STRATİGRAFİ** Fransız Paleotologlar Demeği ve Fransız Jeoloji Kurumu tarafından 1445 Aralık 1995 tarihlerinde Paris'te gerçekleştirilecek olan toplantıda; biyostratigrafi ve sekans stratigrafi ilişkileri temelinde çalışmalar sergilenmektedir. Toplantı konuları içinde; okyanusal sirkülasyon, iklimsel koşullar, biyolojik gelişim ve deniz seviyesinin görece değişimleri önemli yer tutmaktadırlar.