

**İ.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**PETROLOJİDE ANALİTİK VERİLERİN**  
**DEĞERLENDİRİLMESİ**

**DERS PLANI**

**1. Hafta**

**Konu:** *\*Jeolojik işlemler ve bu işlemlerin jeokimyasal izleri (Geological processes and their geochemical signatures). \*Analitik yöntemler.*

- Magmatik kayaçların kimyasal bileşimini denetleyen etkenler.
- Metamorfik kayaçların kimyasal bileşimini denetleyen etkenler.
- Sedimenter kayaçların kimyasal bileşimini denetleyen etkenler.
- Jeokimyada analitik yöntemler.
- Amaca uygun jeokimyasal yöntemin seçimi.
- Jeokimya analizlerinde hataların kaynakları.

**Kaynak:** Rollinson, H. (1993) Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation, Longman Scientific & Technical, John Wiley & Sons, 352 p.  
*Okunacak sayfalar:* Chapter 1, pp. 3-19 (16 sayfa).

**2. Hafta**

**Konu:** *Jeokimyasal verilerin değerlendirilmesi ve analizi. Petrolojide en yaygın kullanılan istatistik fonksiyonlar.*

- Ortalama.
- Korelasyon.
- Korelasyon katsayısı ve önemi.
- Spearman rank korelasyonu.
- Korelasyon matrisleri.
  - ❖ **Uygulama 1:** ödevde verilen veriler üzerinde Excel programı kullanılarak korelasyon matrisi hesaplaması yapılacak.
    - Bu konuda teknik destek dersin öğretim üyesinden alınacaktır.
- Korelasyon katsayısı paternleri.
  - ❖ **Uygulama 2:** ödevde verilen veriler üzerinde Excel programı kullanılarak korelasyon katsayısı paternleri çizilecek.

- Excel ile Line chart oluşturma için Bkz. Bilgisayar ve İşletim Sistemleri ders notları.
- **Regresyon:** en küçük kareler yöntemi. Regresyonun çeşitleri (reduced major axis regression, weighted least squares regression, robust regression).
- ❖ **Uygulama 3:** Önceki uygulamada korelasyon katsayısı en yüksek 10 element çiftinin regresyon analizi yapılacak.
  - Teknik destek, dersin öğretim üyesinden alınacak.
- Regresyon ve korelasyon yöntemlerinde ortaya çıkan bazı problemler.
- Sabit toplam problemi (the constant sum problem).
- ❖ **Uygulama 4:** Bu problemler sizin verileriniz için geçerli olabilir mi? Düşününüz.

**Kaynak:** Rollinson, H. (1993) Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation, Longman Scientific & Technical, John Wiley & Sons, 352 p.

*Okunacak sayfalar:* Chapter 2, pp. 19-33 ve 37 (15 sayfa).

### 3. Hafta

**Konu: Magmatik sistemlerde ayırılma (fractionation) işlemleri.**

- Ayırılma kavramı, sınıflandırılması.
- Kapalı ve açık sistemler.
- Magma-yan kayaç reaksiyonu.
- Hibirtleşme.

**Kaynak:** Cox, K.G., Bell, J.D. and Pankhurst, R.J. (1989) *The interpretation of igneous rocks*, sixth edition, Unwin Hyman, London

*Okunacak sayfalar:* Chapter 1, pp. 1-11 (11 sayfa).

### 4. Hafta

**Konu: Ana (major) elementlerin petrolojide kullanımı.**

- *Kayaç sınıflamasında kullanım.*
- ❖ **Uygulama 5:** ödevde verilen veriler üzerinde Excel veya Newpet programı kullanılarak volkanik birimler majör elementlerine göre sınıflandırılacak. TAS (Le Bas, et al., 1986) ve  $K_2O$  vs.  $SiO_2$  (Peccerillo and Taylor, 1976) diyagramları kullanılacak. Volkanik birimler grafikler üzerinde ayrı simgelerle gösterilecek. (Teknik destek ve bu grafiklerin şablonları, dersin öğretim üyesinden alınacak).
- Normatif analiz sonuçları ile kayaçların sınıflandırılması.

- ❖ **Uygulama 6:** ödevde verilen veriler üzerinde Iqpet veya Newpet programı kullanılarak volkanik birimlerin normatif mineral oranları bulunacak. Bulunan değerler, Excel'deki veri tabanına eklenecek. Elde edilen verilerin anlamı tartışılacak.
  - Teknik destek, dersin öğretim üyesinden alınacaktır.
- Katyonlarla magmatik kayaçların sınıflandırılması.
  - ❖ **Uygulama 7:** ödevde verilen veriler üzerinde Newpet programı kullanılarak volkanik birimler katyon oranlarına göre Jensen'in (1976) diyagramına iz düşülerek sınıflandırılacak. Volkanik birimler grafikler üzerinde ayrı simgelerle gösterilecek.

**Kaynak:** Rollinson, H. (1993) Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation, Longman Scientific & Technical, John Wiley & Sons, 352 p.

*Okunacak sayfalar:* Chapter 3, pp. 48-66 (18 sayfa)

Jensen, L.S. (1976) A New Cation Plot for Classifying Subalkalic Volcanic Rocks, *Ontario Division of Mines*, MP 66, 22p.

Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A. and Zanettin, B. (1986) A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram, *Journal of Petrology*, 27: 745-750.

Peccerillo, A. and Taylor, S.R. (1976) Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, V. 58, pp. 63-81.

## 5. Hafta

### Konu: *Majör element varyasyon diyagramları.*

- Jeokimyasal işlemlerin varyasyon diyagramları üzerinde tanınması: fraksiyonel kristallenme (FC), asimilasyon ile birlikte gelişen fraksiyonel kristallenme (AFC), kısmi ergime.
- Bivariate plots ve Harker diyagramlarının seçimi.
  - ❖ **Uygulama 8:** ödevde verilen veriler üzerinde Excel programı kullanılarak volkanik birimlerin majör elementleri SiO<sub>2</sub>'ye karşı iz düşülerek Harker diyagramları oluşturulacak. Volkanik birimler grafikler üzerinde ayrı simgelerle gösterilecek.
    - Excel ile birden çok data serisinin olduğu Scatter chart oluşturma için Bkz. Bilgisayar ve İşletim Sistemleri ders notları.
- AFM diyagramı.
  - ❖ **Uygulama 9:** ödevde verilen veriler üzerinde Newpet programı kullanılarak volkanik birimlerin AFM diyagramı (Irvine & Barager, 1971) oluşturulacak. Volkanik birimler grafikler üzerinde ayrı simgelerle gösterilecek.
    - Teknik destek, dersin öğretim üyesinden alınacak.

- Varyasyon diyagramları üzerindeki trendlerin yorumu: ani yön değiştirmeler (inflections) ve nedenleri.
- “Lever” kuralı.
- ❖ **Uygulama 10:** ödevde verilen veriler üzerinde Excel programı kullanılarak volkanik birimlerin majör element Harker diyagramları üzerindeki trendler yorumlanacak.

**Kaynak:** Rollinson, H. (1993) Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation, Longman Scientific & Technical, John Wiley & Sons, 352 p.  
Okunacak sayfalar: Chapter 3, pp. 66-82 (16 sayfa)

**Kaynak:** Cox, K.G., Bell, J.D. and Pankhurst, R.J. (1989) *The interpretation of igneous rocks*, sixth edition, Unwin Hyman, London  
Okunacak sayfalar: Chapter 6, pp. 145-168 (23 sayfa).

Irvine, T.N. and Barager, W.R.A. (1971) A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks, *Canadian Journal of Earth Sciences*, V. 8, 523-548.

## 6. Hafta

**Konu: İz (trace) elementlerin petrolojide kullanımı (1).**

- Jeokimyasal özelliklerine göre iz elementlerin sınıflanması.
- İz elementlerin dağılımını denetleyen jeolojik etkenler ve işlemler.
- ❖ **Uygulama 11:** Veri tabanınızdaki numunelerden ve bu numuneler içindeki iz elementlerden hangileri alterasyondan en fazla etkilenmiştir? Neden? Teori ile bulgularınız çelişiyor mu? Diyagramlar yardımıyla kanıtlayınız.
- Dağılım katsayıları (partition coefficients).
- İz elementlerin dağılımlarını denetleyen jeolojik işlemlere genel bir bakış: kısmi ergime, kristal ayırımlaşması, kontaminasyon işlemlerinin türleri ve özellikleri.
- ❖ **Uygulama 12:** Rayleigh fraksiyonel kristallenmesi ile ilgili olarak ödev. Ödevde iki elementin birbirlerine karşı iz düştükleri bir diyagram üzerinde belli bir mineral grubunun magmadan kristallenmesi sırasında nasıl bir trend oluşturacağını hesaplanarak modellemesini konu almaktadır.
  - İpucu için Bkz. Rollinson'ın (1993) kitabı, sayfa: 161. FC Modellemesi örneği için Bkz. Keskin et al. (1998), Keskin (1996-97, 1998).
  - Ödevinizi tamamladıktan sonra, FC modellemesi ile ilgili olarak dersin öğretim üyesi tarafından bir makaleye konu olmak üzere hazırlanan **FC\_Modeller** programını da alarak bu işlemi ve modellemesini daha iyi kavrayabilirsiniz.
- ❖ **Uygulama 13:** Excel'in Data Filter özelliği kullanılarak belirli kritere uyan lavlar veri tabanından ayrılacak. Bu kriterler dersin öğretim üyesi tarafından verilecektir.

**Kaynak:** Rollinson, H. (1993) Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation, Longman Scientific & Technical, John Wiley & Sons, 352 p.  
Okunacak sayfalar: Chapter 4, pp. 102-127 (25 sayfa).

Keskin, M. (1996-97) Pasinler Platosu'ndaki Çarpışma-Kökenli Volkanik İstifin Volkano-Stratigrafisi, Jeokimyası ve Magma Odası İşlemlerinin Petrolojik Modellemesi; Erzurum-Kars Platosu, KD Anadolu, *İ.Ü. Yerbilimleri Dergisi*, V: 10, pp. 59-77.

Keskin, M. (1998) İz ve nadir toprak elementlerin K-feldspatlar ile magma ergiyiği arasında dağılımı, *İ.Ü. Yerbilimleri Dergisi*, V. 11, s. 103-112.

Keskin, M., Pearce, J.A. and Mitchell, J.G. (1988) Volcano-stratigraphy and geochemistry of collision-related volcanism on the Erzurum-Kars Plateau, North Eastern Turkey, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, V.85/1-4, pp. 355-404.

## 7. Hafta

**Konu:** *İz (trace) elementlerin petrolojide kullanımı (2).*

- Kontaminasyon.
- Dinamik ergime.
- RTF magma odası modeli.
- REE'nin genel özellikleri.
- Chondrite'e normalize spider diyagramları ve yorumu.
- ❖ **Uygulama 14:** Verilen veri tabanı kullanılarak volkanik birimlerin ayrı ayrı Kondrit'e normalize edilmiş örümcek diyagramları çizilecek. Elde ettiğiniz paternler hangi petrolojik işlemleri gösteriyor olabilir? Düşününüz.
  - Excel ile Line chart oluşturma için Bkz. Bilgisayar ve İşletim Sistemleri ders notları.
- MORB'a normalize multi-element diyagramları ve yorumu.
  - ❖ **Uygulama 15:** Verilen veri tabanı kullanılarak volkanik birimlerin ayrı ayrı MORB'a normalize edilmiş örümcek diyagramları (Pearce, 1983) çizilecek. Elde ettiğiniz paternler hangi tektonik ortama ait olabilir? Düşününüz.

**Kaynak:** Rollinson, H. (1993) Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation, Longman Scientific & Technical, John Wiley & Sons, 352 p.  
Okunacak sayfalar: Chapter 4, pp. 127-132, 133-148 (20 sayfa).

Pearce, J.A. (1983) Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: C.J. Hawkesworth and M.J. Norry (Eds.), *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*, Shiva, Cheshire, U.K., pp. 230-249.

## 8. Hafta

**Konu:** *Jeokimyasal veriler kullanarak tektonik ortama yaklaşım (Discriminating between tectonic environments) (1): Bazaltlar ve andezitler.*

- Discrimination diyagramlarının mantığı: Diskriminant analizleri.
- Elementlerde hareketlilik (mobility) ve bunun jeokimyasal veriyi yorumlamada önemi.
- **Bazaltik ve andezitik lavlar için kullanılan diyagramlar:** Pearce & Cann (1973), Pearce et al. (1975), Pearce (1976), Pearce (1975, 1977), Nispet and Pearce (1977), Pearce & Norry (1979), Wood (1980), Leterrier et al. (1982), Pearce (1982, 1983), Mullen (1983), Shervais (1982), Bailey (1981), Floyd & Winchester (1975), Winchester & Floyd (1976), Muenow et al. (1990). (Listelenen kaynaklar için Rollinson'ın (1993) kaynak listesine bakınız).
- ❖ **Uygulama 16:** Verilen veri tabanı kullanılarak volkanik birimler yukarıda listelenen tektonik ortam ayırtlama diyagramlarına ayrı ayrı iz düşülerek birimlerin tektonik ortamları konusunda yoruma gidilecek. Bu işlem için Newpet programı kullanılacak.

**Kaynak:** Rollinson, H. (1993) Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation, Longman Scientific & Technical, John Wiley & Sons, 352 p.  
Okunacak sayfalar: Chapter 4, pp. 171-201, (30 sayfa).

## 9. Hafta

**Konu:** *Jeokimyasal veriler kullanarak tektonik ortama yaklaşım (2): Granitler ve sedimentler.*

- Volkanik ve derinlik kayaçlarının jeolojik geçmişi kaydetmeleri konusundaki özellikleri ve farkları (Bkz. Keskin, 1996-97).
- **Granitik kayaçların jeokimyası ile tektonik ortam ayırtlaması:** Pearce et al. (1984) ve Harris et al. (1986).
- **Klastik sedimentler için ayırtlama diyagramları:** Bhatia (1983), Roser & Korsch (1986-1988), Bhatia & Crook (1986), Winchester & Max (1989), Cullers et al. (1988). (Listelenen kaynaklar için Rollinson'ın (1993) kaynak listesine bakınız).
- **Volkanik kayaçların ayırtlamasında expert bir sistem: ESCORT programı.** (Pearce, 1987).
  - Program, dersin öğretim üyesinden sağlanabilir.

**Kaynak:** Rollinson, H. (1993) Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation, Longman Scientific & Technical, John Wiley & Sons, 352 p.  
Okunacak sayfalar: Chapter 4, pp. 201-214, (13 sayfa).

Pearce, J.A., Harris, N.B.W. and Tindle, A.G. (1984) Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks, *Journal of Petrology*, V. 25, pp. 956-983.

Harris, N.B.W., Pearce, J.A. and Tindle, A.G. (1986) Geochemical characteristics of collision-zone magmatism, In: Coward M.P. and Reis, A.C. (eds.), *Collision Tectonics*, Special Publications of Geological Society of London, V. 19, pp. 67-81.

Keskin, M. (1996-97) Pasinler Platosu'ndaki Çarpışma-Kökenli Volkanik İstifin Volkano-Stratigrafisi, Jeokimyası ve Magma Odası İşlemlerinin Petrolojik Modellemesi; Erzurum-Kars Platosu, KD Anadolu, *İ.Ü. Yerbilimleri Dergisi*, V: 10, pp. 59-77.

## ÖDEV

Ödev konusu olarak her öğrenciye belirli bir alanda yüzeylenen farklı birimlerden derlenmiş yaklaşık 30 kadar magmatik kaya örneğinin gerçek jeokimya analiz sonuçları verilmektedir. Öğrenciden bu kayaların sınıflamaları, tektonik ortam(lara) yaklaşımda bulunmaları, kayaların magmatik geçmişlerinde etkin olmuş işlemlerin neler olabildiğini yorumlamaları ve bir rapor halinde sunmaları beklenmektedir.

***Bu konuda daha ayrıntılı bilgi için ödevle ilgili metne bakınız.***

## ÖĞRENCİLERİN DERS SONUNDA ULAŞMALARI AMAÇLANAN DÜZEY

Öğrencilerin dersi tamamladıklarında belirli bir alanın jeolojisi konusunda verileri, bu alandan alınmış volkanik veya derinlik kayalarının petrografilerini ve jeokimyasal analiz sonuçlarını kullanarak şunları yapabilmeleri beklenmektedir:

- İstatistik bilgisi:** petrolojide en yaygın kullanılan bazı istatistik fonksiyonları biliyor ve etkin olarak kullanabiliyor olmalıdırlar. Elementler arasında en iyi korelasyon sunanları saptayabiliyor ve regresyon analizi yapabiliyor olmalıdırlar.
- Bilgisayar bilgisi:** petrolojide yaygınca kullanılan bazı programları (ör. Excel, Newpet ve Igpert) en az orta düzeyde kullanabilir düzeye erişmiş olmalıdırlar.

**c) Elementlerin davranışı konusunda bilgi:**

- 1) Alterasyona dayanıklı ve dayanıksız elementleri bilmelidirler. REE, HFS, mobil elementlerin özelliklerini ve davranış farklarını kavramış olmalıdırlar.
- 2) Elementlerin katı ve sıvı faz arasında dağılımlarının yani ergime ve kristallenme sırasında nasıl davranacaklarının temel bilgisine sahip olmalıdırlar. Dağılım katsayılarının petrolojide ne amaçla kullanıldıklarını biliyor olmalıdırlar.
- 3) İz ve majör elementlerin davranışlarını etkileyen parametrelerin neler olduklarını ve farklı jeolojik ortamlarda nasıl değişeceklerinin farkında olmalıdırlar.

d) **Jeokimyasal sınıflama:** herhangi bir alandan gelen farklı birimlere ait numuneleri majör ve iz element jeokimyasalarına göre sınıflayabilmelidirler.

e) **Tektonik ortam yorumu:** jeokimyasal yaklaşımla bu birimlerin içlerinde oluştuğu tektonik ortamı yorumlayabilmelidirler. Eldeki verilere göre bu yorumlama için en uygun yöntemi seçmeyi öğrenmiş olmalıdırlar.

f) **Jeolojik işlem (process) yorumu:** jeokimya verilerinden yararlanarak kayaçların başlarından geçen farklı jeolojik işlemler konusunda fikir yürütebilmelidirler. İşlemlerin petrolojik modellenmesi ve daha ayrıntılı yorumu, bu dersin kapsamı dışındadır.

**Öğrenciler derse gelmeden önce o hafta için belirlenmiş olan kitap bölümü ve/veya makaleleri okuyarak ayrıntılı bir özetini çıkaracaklardır. Ayrıca o ders için belirlenen uygulamaları mümkün olduğunca tamamlamalıdırlar. Öğrenciler dersin sonunda hazırladıkları ders özetlerini ve varsa uygulama sonuçlarını (printer çıktısı, disket gibi) dersin öğretim üyesine teslim edeceklerdir. Bu özetler ve uygulamalar, öğrencilerin notlandırılmasında önemli bir paya sahip olacaktır.**

12 Mart 2001

Yard. Doç. Dr. Mehmet KESKİN