

# İç -Doğu Anadolu alkalin provvelisindeki Köseadağ plütönu (Suşehri-KD Sivas) doğu kesiminin petroğrafisi, petrokimyası ve petrojenez

*Petrography, petrochemistry and petrogenesis of the eastern part of Köseadağ pluton from the Central-Eastern Anatolian alkaline province, Suşehri, NE Sivas*

Durmuş BOZTUĞ Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Sivas  
Sabah YILMAZ Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Sivas  
Yaşar KESGİN TPAO, Arama Grubu Başkanlığı, Ankara

## Öz

İç-Doğu Anadolu alkalin provensisi doğu kesimlerinde yüzeylenen Üst Eosen yaşlı Köseadağ plütönu, Orta Eosen yaşlı volkano-sedimanter birime ait traki-bazalt ve bazaltik-trakiandezitleri kesmekte ve Alt Miyosen (Akitaniyen) yaşlı lagüner kireçtaşları tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir. Ana yapısal unsurlar KD-GB doğrultulu oblik ve normal faylar ile plütönda gözlenen eklem sistemlerinden oluşmaktadır. Eklem sistemleri genel olarak izotrop bir karakter sergilemekle birlikte, DB/40G ve K65D/dik. konumlu çatlak sistemleri daha hakim olarak gözlenmektedir. Köseadağ plütönu doğu kesimi, başlıca, orta-kaba ve ince taneli olmak üzere haritaanahilir iki fasiyeye ayrılabilir. Ana kütleli oluşturan orta-kaba taneli fasiyes, çoğunlukla kuvars-siyenit, siyenit ve ender olarak da monzonilik kayalardan oluşurken; ince taneli fasiyes ise diğerinin içerisinde küçük sokulumlar halinde gözlenmekte ve başlıca siyenitik kayalardan oluşmaktadır. Ana mafik mineralleri amfibol (hornblend-kersutit), klinopiroksen (ojit ve ender olarak egrinöjit) ve biyotitten oluşan Köseadağ plütönu doğu kesiminin siyenitik ve monzonitik kayaları kafemik (CAFEM), metalümino, katyonik (Na+K) < Al parametresi olan ve silis bakımından doygun alkalin (ALKS) özellik gösteren bir magma tipine sahiptir. R1-R2 parametrelerine göre "geç orojenik", Y-SiO<sub>2</sub>, Nb-SiO<sub>2</sub>, Rb-SiO<sub>2</sub>, Nb-Y ve Nb+Y- Rb eser element verilerine göre de "levha içi granitoidleri (WPG)" karakteri gösteren Köseadağ plütönunun, bu özelliklerinin, çarpışma sonrası (POST-COLG) bir jeodinamik ortama bağlı olarak gelişebileceği bazı eser element verileriyle de desteklenmektedir. Bu verilerin ışığında, Köseadağ plütönunun, Neo-Tetis'in kuzey kolunun kuzeye doğru yitimiyle ilgili çarpışmaya bağlı kabuk kalınlaşmasının sonlarında, pasif kenarda meydana gelen gerilme rejimi ile gelişebilecek olan-manto yükseliminden malzeme alan ve alt kabuktan da kirlenen bir petrojenez mekanizmasına sahip olabileceği düşünülmektedir.

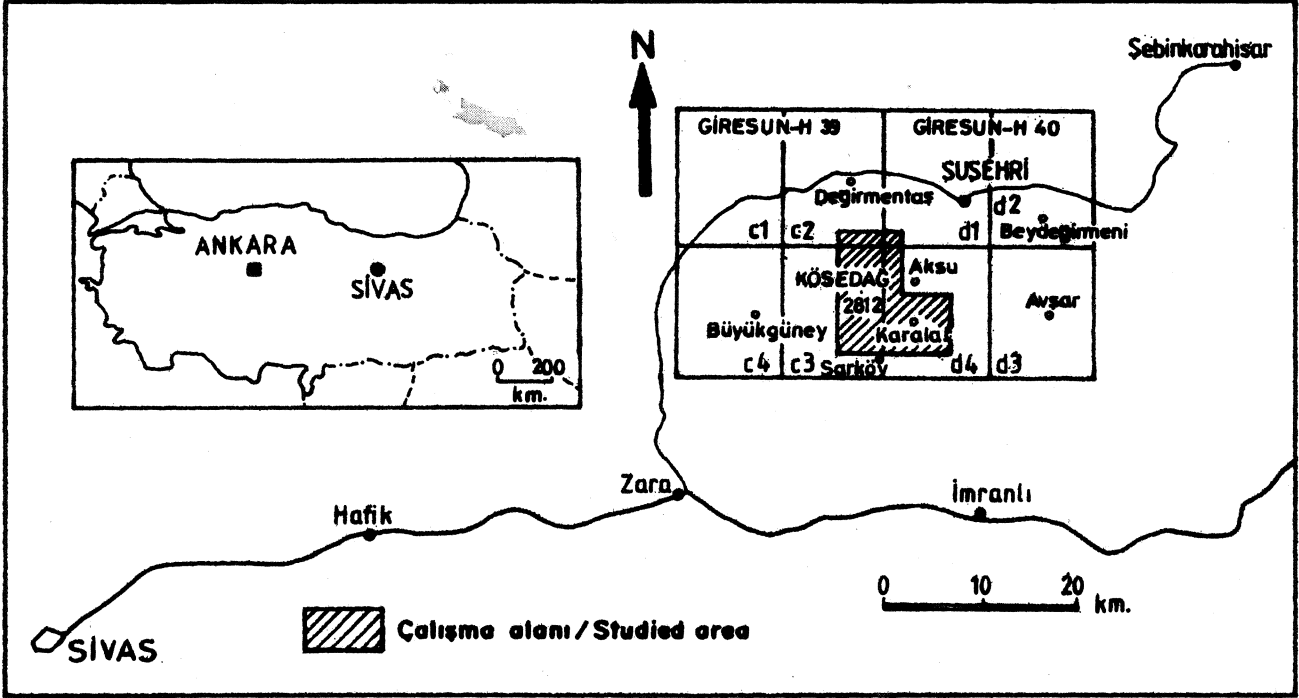
## Abstract

*The Upper Eocene Köseadağ pluton, outcropping in the eastern part of the CE Anatolian alkaline province, intrudes into the trachybasalts and basaltic-trachyandesites of the M. Eocene volcano-sedimentary unity and is unconformably overlain by the Lower Miocene (Aquitanian) lagoonal limestones. The main structural elements are composed of oblique and normal faults with NE-SW direction and some joint systems developed in the pluton. Köseadağ pluton represents an isotropic joint system character, however, some joints with the directions of EW1 40S and N65E1 perpendicular are seen to be dominant. The eastern part of Köseadağ pluton can be mapped as two mapahle fades such as medium to coarse, and fine-grained fades. The medium to coarse grained fades, constituting the main body, consists mainly of quartz-syenite, syenite and rarely of monzonitic rocks. The fine-grained rocks which are seen as small intrusions within the main body are syenitic in composition. The major mafic constituents of the syenitic and monzonitic rocks of the eastern part of Köseadağ pluton consist of amphibole (hornblende, kaersutite), clinopyroxene (augite and scarcely aegirine-augite) and biotite minerals. These rocks show kafemik (CAFEM), metaluminous (Na+K < Al), and silica saturated alkaline (ALKS) character. The R1-R2 parameters indicate a "late orogenic" setting, and also some trace element data such as Y-SiO<sub>2</sub>, Nb-SiO<sub>2</sub>, Rb-SiO<sub>2</sub>, Nb-Y and Nb+Y-Rb diagrams represent a WPG origin for the Köseadağ pluton. These features are thought to be sourced in a post-orogenic (POST-COLG) environment. This is also supported by some trace element diagrams. On the basis of all these data and regional geological setting, the Köseadağ pluton can be considered to be derived from a magma which was generated from the upper mantle by the tensional regime in the passive margin towards the final stages of the crustal thickening just after the collision related to the northward subduction of the northern branch of the Neo-Tethys. On the other hand, such a magma source is thought to have been contaminated by some crustal material.*

## GİRİŞ

İlk kez Yılmaz ve Boztuğ (1991) tarafından tanımlanan İç-Doğu Anadolu alkalin Provensinin en kuzeydoğu ucunda yer alan Köseadağ plütönu, Sivas ili KD'sundaki Suşehri ilçesinin hemen güneybatısında yüzlenmektedir (Şekil 1). Bu çalışmanın amacı, Köseadağ plütönu doğu kesiminin petrografik, petrokimyasal ve petrojenetik incelemesini gerçekleştirerek, Kalkancı (1974) tara-

findan ortaya konulan verilerin daha güncel hale getirilmesidir. Bu amaçla, Kalkancı (1974)'nin Köseadağ plütönu doğu kesimindeki çalışması temel alınarak, plütönu doğu kesimi ile çevre kayaların içeren yaklaşık 140 km<sup>2</sup> lik bir alanın jeoloji haritası gözden geçirilmiş (Şekil 2a) ve toplam 111 adet kayaç örneği (Şekil 2b) alınmıştır. Kayaç örneklerinin tamamının mineralojik-petrografik tanımlamaları gerçekleştirildikten sonra ta-



Şekil 1. Yer bulduru haritası.

Figure 1. Location map.

ze ve karakteristik alanlarından 73 adetinin tümkayaç ana ve eser element içerikleri, CRPG (Govindaraju, 1989) ve ÜSGS (Flanagan, 1976) kayaç standartları eşliğinde (Çizelge 1) X-ışınları Floresans Spektrometresinde (RIGAKU 3270-E-WDS) analiz edilmiştir. Laboratuvar çalışmalarının tümü, Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü tnce Kesit, Kırm-Öğütme-Elleme ve MİPJAL (Mineraloji-Petrografi ve Jeokimya Araştırma Laboratuvarları)'nda yürütülmüştür.

#### JEOLJİK KONUM

Kösedag plütunu, ana kütleli oluşturan faneritik ve orta-kaba taneli dokü gösteren siyenitik-monzonitik kayalar ile bunların içinde yine intrüzif olarak gözlenen ana kütleli, Lütesiyan yaşlı (Kalkancı, 1974) volkano-sedimanter karakterli kayaları sıcak dokanakla kesmekte (Şekil 2a) ve hatta, örneğin, Köse Süleyman Ziyareti Tepesinin (2812 m) yaklaşık 1 km güneyinde, Sariöküz sırtında olduğu gibi, bu volkano-sedimanter birime ait andezitik kayaların enklavlar şeklinde içermektedir. Kalkancı (1974) tarafından gerçekleştirilen tümkayaç Rb-Sr radyometrik yaş tayininde, ana kütlede  $42 \pm 4$  MY; damar kayaların fasiyesinde ise  $37 \pm 2.6$  MY'lık yaşlar elde edilerek, plütunun, Priyaboniyen yaşlı olduğu ortaya konmuştur.

Çalışma alanının güneybatı kesiminde, Kösedag plütunu içerisinde intrüzif olarak gözlenen bazik volkanitlerin de Priyaboniyen sonrası-Miyosen öncesi olduğu ileri sürülmüştür (Kalkancı, 1974). Kösedag plütunu, çalışma alanının kuzeyinde, Yukarıören köyü yöresin-

de, *Austrotrillina howchini*, *Archaias kirkukensis*, *Peneroplis* sp., *Dendritina* sp., Miliolidae, Gastropoda, Ekinid fosil topluluğu ile Akitaniyen (Alt Miyosen) yaşını veren lagüner ortam kireçtaşları (KD-15 no'lu kayaç örneği; tanımlayan: S.Kirici, TPAO-Ankara) tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir (Şekil 2a,b). Diğer taraftan çalışma alanının güneydoğu kesiminde, Karalar köyü güneyinde, KD-GB doğrultusunda uzanan ve başlıca killeşme, epidotlaşma ve kloritleşme şeklinde gelişen bir hidrotermal alterasyon zonu bulunmaktadır. Bu alterasyon zonu kuzeyi, oblik bir fay ile sınırlanırken, güneyi ise taze siyenitik kayalarla geçişli bir sınır ilişkisi sergilemektedir (Şekil 2a).

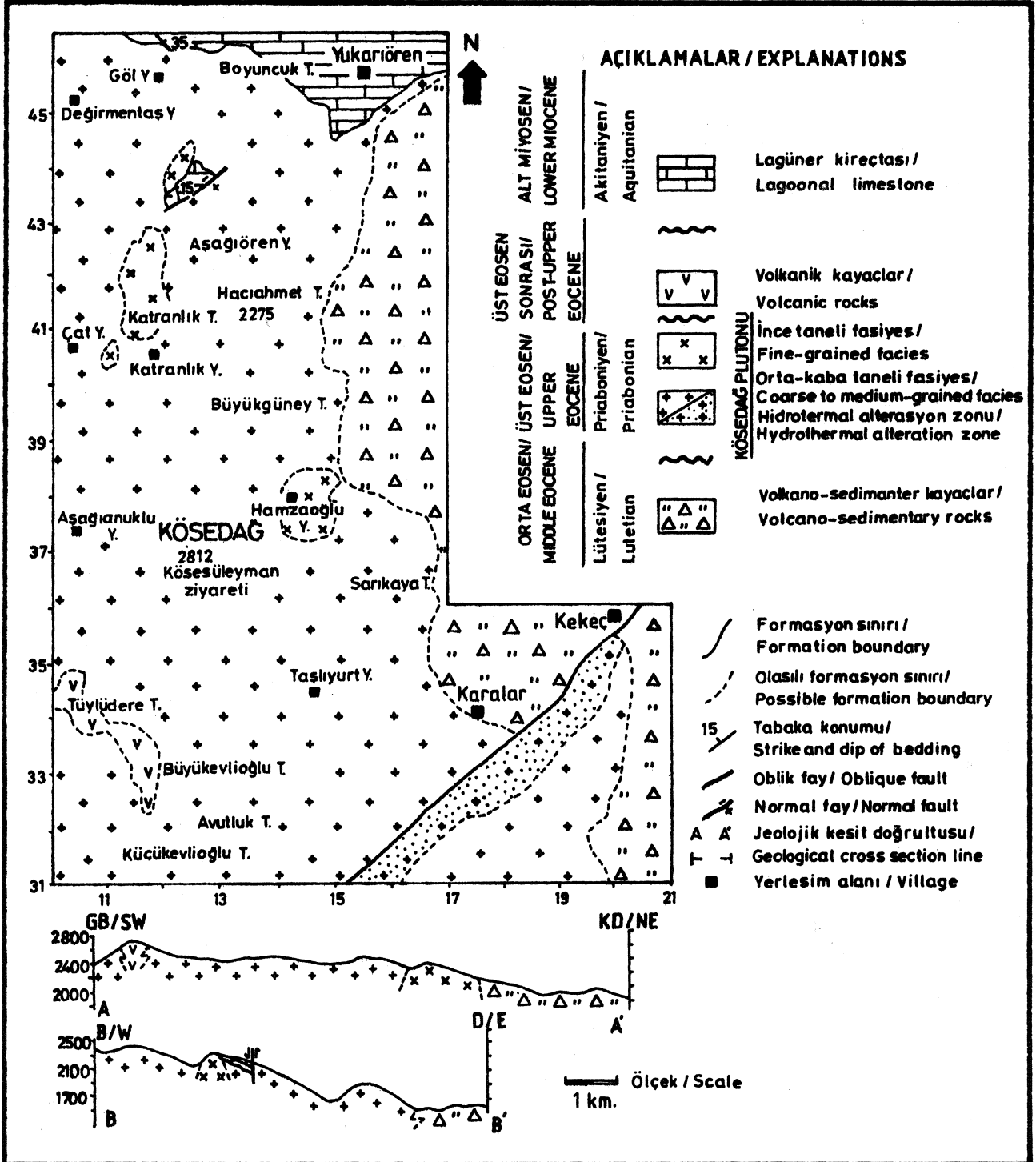
Çalışma alanındaki başlıca yapısal unsurlar, Karalar köyü güneyindeki KD-GB doğrultulu oblik fay ile inceleme alanının kuzeyindeki Aşağıören yaylasının yaklaşık 2 km kuzeybatısında gözlenen ve Kösedag plütunu ile Miyosen kireçtaşları arasında gelişen benzer doğrultulu normal faydan oluşmaktadır (Şekil 2a). Kösedag plütunu doğu kesiminde gözlenen eklem sistemlerinin ölçümü sonucu yapılan değerlendirmede ise, eklem sistemlerinin genel olarak izotrop karakter sergiledikleri görülmekle birlikte; DB/40G ve K65D/dik konumlu çatlak sistemlerinin daha hakim olduğu sonucuna varılmaktadır (Şekil 3).

#### PETROGRAFI

##### Kösedag plütunu

Daha önce de belirtildiği gibi, Kösedag plütunu, ana kütleli oluşturan faneritik ve orta-kaba taneli kayalar ile bunlar içerisinde intrüzif olarak gözlenen ince taneli fasiyesten meydana gelmektedir (Şekil 2a).

# KÖSEDAG PLÜTONU



Şekil 2a. Kösedag plütunu doğu kesiminin jeoloji haritası (Kalkancı 1974'e dayandırılarak değiştirilmiştir.)

Figure 2a. Geological map of the eastern part of Kösedag pluton (modified after Kalkancı, 1974).

## Orta-kaba taneli fasiyesi

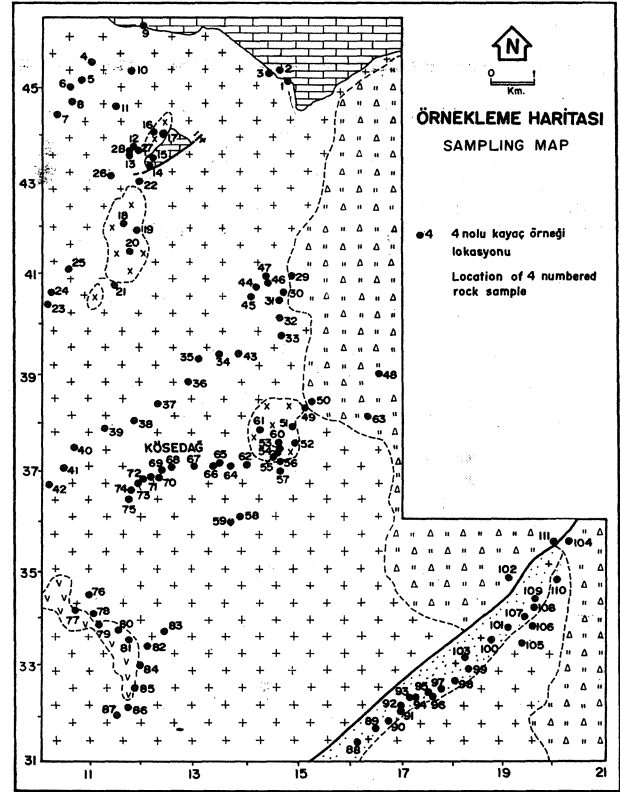
Tüm kayaç kimyasal analiz verilerinden (Çizelge 2) elde edilen parametrelere göre yapılan adlandırmada (Debon ve Le Fort 1982), orta-kaba taneli fasiyesi meydana getiren kayaçların başlıca siyenit ve kuvars-siyenit; ender olarak da monzonit bileşiminde oldukları görülmüştür (Şekil 4). Bu kayaçların önemli mikroskopik özellikleri şöyle özetlenebilir:

## Siyenitik kayaçlar

Kösedag plütoununa ait tüm kayaç kimyasal analizi yapılan toplam 73 adet kayaç örneğinden 29 adeti kuvars-siyenit, 27 adeti de siyenit olarak isimlendirilecek bileşime sahiptir (Çizelge 2, Şekil 4). Fenokristal den ziyade megakristal olarak tanımlanan (Vernon, 1986; Hibbard, 1991; Pitcher, 1993) ve genel olarak 0.5-1 cm eninde ve 1-3 cm uzunluğunda K-feldispat megakristalleri ile belirginleşen bir porfirik dokuya sahip olan bu kayaçların ana felsik bileşenleri K-feldispat+plajiyoklas+kuvars minerallerinden meydana gelmektedir. Malik mineraller ise klinopiroksen (ojit ve ender olarak egirinöjit)+biyotit+amfibol (hornblend, kersütit) veya öjil-biyotit topluluğundan oluştuğu gibi, sadece biyotit mineralinden de oluşabilmektedir. Tali bileşenler ise daha çok apatit+titanit+opak minerallerden oluşmakla birlikte bazı kayaçlar turmalin de içermektedir.

Felsik bileşenlerden K-feldispatlar, genellikle az miktarda killeşme gösteren ortoklaslar ile yer yer de yama ve şeritsi perlit (Erkan, 1978) özelliği gösteren perlit minerallerinden oluşmaktadır. Tipik olarak, yarı özşekilli ve hatta özşekilli küçük plajiyoklas minerallerini manto biçiminde kuşatmalarından dolayı, K-feldispat mineralleri, aynı zamanda antirapakivi dokusu da (Hibbard, 1991) gösterirler. Ortoklasa göre daha az miktarlarda görülen plajiyoklaslar, genelde yarı özşekilli ve çubuğumsu-prizmatik, yer yer levhamsı-prizmatik biçimlere sahiptir. Yer yer serisitleşme ve ender olarak da karbonatlaşma+epidollaşma+serisitleşme şeklinde gelişmiş sosuritleşme gösterirler. Plajiyoklaslarda optik mireralojik yöntemlerle (Erkan, 1978) belirlenen An içeriği % 28-44 arasında değişmektedir. Diğer taraftan, K-feldispat mantosu içinde kalmış özşekilli plajiyoklas latalarının An içeriği ise % 38-48 arasında değişen değerler göstermektedir. KD-56 no'lu kayaç örneğinde (Şekil 2b), plajiyoklas minerali içinde poikilitik dokuyu oluşturan klinopiroksen kapanımları izlenmektedir. Mafik minerallere gelince, siyenitik kayaçlardaki Minopiroksen mineralleri başlıca öjitik bileşimde olup, ender olarak da yeşilimsi renginden dolayı egiröjil bileşiminde olabileceği düşünülmektedir.

Klinopiroksenlerde gelişen ikincil bozunma ürünleri çoğunlukla uralitleşme, biyotitleşme ve kloritleşme



Şekil 2h. Kösehüz plütounu doğu kesiminin lineoklmo İKİ ritası (diğer anıklamalar için Şekil 2a'ya bakınız).

Figure 2b. Sampling map of the eastern part of Kösedag pluton (See Fig. 2a for other explanations).

şeklinde gözlenmekle birlikte; ender olarak talklaşma ve epidotlaşma da gözlenebilmektedir. KD-38 no'lu kayaç örneğinde, öjil mineralinin, tipik olarak yeşilimsi-kahverenkli hornblend ve kırmızımsı-kahverenkli biyotit mantosuyla çevrelendiği izlenmektedir. Birincil amfibol mineralleri, genellikle sarımsı-kahverengimsi renkleri ile kersütitik bileşim (c-eksenine dik geçmiş kafa kesitlerinde dahi bu renk-pJeokroizma ilişkisi görülmektedir) gösterirken; zaman zaman da tipik yeşilimsi-kahverengi renkleri ile yaygın hornblend bileşimi, göstermektedirler.

Piroksenlerden itibaren uralitleşme yoluyla gelişmiş tremolit/aktinolit mineralleri ise karakteristik olarak iğnemsilifsi ve fırçamsı biçimleriyle izlenmektedir. Biiincil biyotitler, tipik olarak kırmızımsı-kahverenkli renkleri ile karakteristik iken; zaman zaman öjitlerinden itibaren, hidrotermal alterasyonla gelişmiş yeşilimsi renkli biyotitler ise, ojitin psödomorfu olarak ve çok ince pulcuklardan oluşan bileşenler olarak izlenmektedir.

Bu tür biyotit oluşumları, aynı zamanda opak mineral oluşumları ile de birlik oluşturmaktadır. Tali mine-

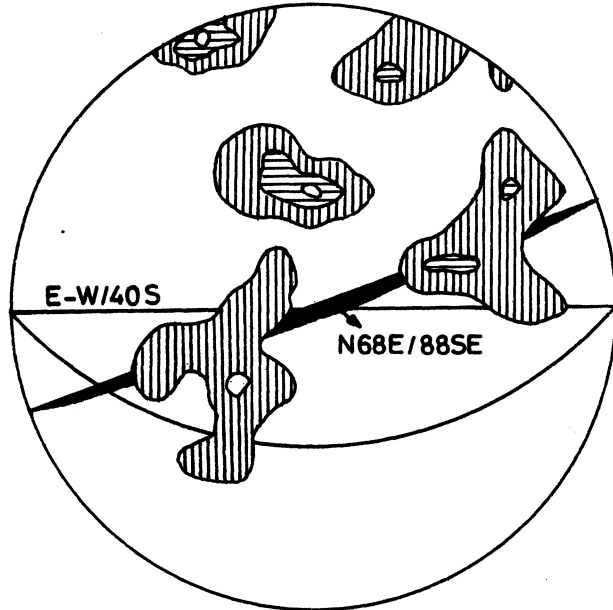
## KÖSEDAĞ PLÜTONU

railerden apatitler, belirgin bir şekilde özşekilli ve iğnemsî veya karemsî biçimleri ile karakteristiktirler. Şörl bileşimli turmalinler ise daha çok hidrotermal yolla gelişen biyotit içeren kayalarda bulunmaktadır.

**Mon/onitik Kayaçlar:** Köseadağ plütunu orta-kaba taneli ana fasiyesi içerisinde 5 adet kayaç örneği monzonitik bileşim (Çizelge 2; Şekil 4) göstermektedir. Mikroskopik özellikleri tamamen siyenitik kayalara benzerlik gösteren bu kayaçların tek farkları, plajiyoklas içeriklerinin biraz daha fazla olmasıdır. Malik mineral topluluğu ojit+kersutit+biyotit minerallerinden oluşan monzonitik kayalardaki plajiyoklasların An içerikleri % 34-48 arasında değişmektedir.

### İnce Taneli Fasiyes

Köseadağ plütunu ana kütlelerini oluşturan orta-kaba taneli siyenitik kayaçlar içerisinde intrüzif olarak gözlenen (Şekil 2a) ince taneli fasiyes kayaçları da siyenitik bileşim gösterirler. İnce taneli fasiyese ait olup tümkayaç kimyasal analizi yapılan 11 adet kayaç örneğinin 5 adeti kuvars-siyenit. 4 adeti siyenit ve 1 tanesi de aşırı kuvars fazlalığıyla da belirginleşen granit bileşimine sahiptir (Çizelge 2). Mikroskop altında tipik olarak hipidiyomorf-tanesel doku gösteren bu kayaçların mineralojik bileşimleri şöylece özetlenebilir: Ana felsik bileşenleri ortoklas+plajiyoklas+kuvars'tan oluşan bu siyenitik damar kayaçlarının ana malik bileşenleri ojit



Şekil 3. Köseadağ plütunu doğu kesiminde gözlenen eklem sistemlerinin kontur diyagramı (alt küreye izdüşüm, 37 ölçüm).

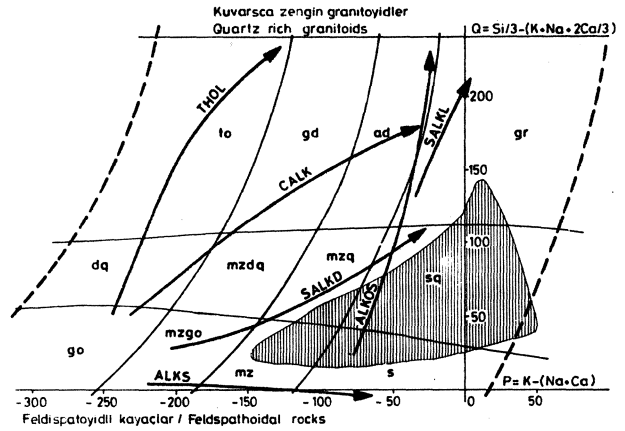
Figure 3. Contour diagram of joint system observed in the eastern part of Köseadağ platon (projection in the lower hemisphere, 37 measurements).

+kersutit+biyotit topluluğundan, tali bileşenleri ise başlıca iğnemsî apatit+titanit+opak minerallerden meydana gelmektedir. Gerek ana, gerekse tali bileşenlerin tüm mikroskopik özellikleri orta-kaba taneli siyenitik kayaçlarınkine benzemektedir. Plajiyoklasların An içeriği ise %28-38 arasında değişmektedir. Şekil 4'te granit bölgesine düşen KD-42 no'lu aplitin (Çizelge 2) ana bileşenleri ise kuvars+ortoklas+plajiyoklas+biyotit minerallerinden oluşmaktadır.

### PETROKİMYA

Köseadağ plütunu ana kütlelerini oluşturan orta-kaba taneli siyenitik kayaçlar ince taneli fasiyese ait siyenitik kayalardan elde edilen tümkayaç ana ve eser element kimyasal analiz verileri (Çizelge 2), plütunun önemli petrokimyasal karakteristiklerinin belirlenmesi amacıyla çeşitli diyagramlarda değerlendirilmiştir.

Çizelge 2'de görülen ana element kimyasal analiz verilerinden elde edilen parametreler yardımıyla, plütunu oluşturan magma kaynağının kafemik (CAFEM)-metalümino (Debon ve Le Fort, 1982) karakterli olduğu (Şekil 5) ve bu magma kaynağının aynı zamanda silisçe doygun alkalin (ALKS) topluluğuna (Debon ve Le Fort, 1982) kısmen felsik eşdeğerlerinin kuvarsa zenginleşmiş türevleri olabileceği (Şekil 6) sonucuna varılmıştır.



Şekil 4. Köseadağ plütunu doğu kesimi kayaç örneklerinin Debon ve Le Fort (1982) isimlendirme diyagramındaki konumları: to, tonalit; gd, granodiyorit; ad, adamellit; gr, granit; dq, kuvars-diyorit; mzdq, kuvars-monzodiyorit; mzq, kuvars-monzonit; sq, kuvars-siyenit; go, gabbro/diyorit; mzgo, monzogabbro/monzodiyorit; mz, monzonit; s, siyenit.

Figure 4. Debon and Le Fort (1982) nomenclature diagram of the rock samples from the eastern part of Köseadağ platon. to, tonalite; gd, granodiorite; ad, adamellite; gr, granite; dq, quartz diorite; mzdq, quartz monzodiorite; mzq, quartz monzonite; sq, quartz syenite; go, gabbro/diorite; mzgo, monzogabbro/monzodiorite; mz, monzonite; s, syenite.

**Çizelge 1.** Bazı CRPG ve USGS kayaç standartlarının C.Ü. MtPJAL'da (Mineraloji-Petrografi ve Jeokimya Araştırma Laboratuvarları) gerçekleştirilen analiz sonuçları ile uluslararası kabullenme değerlerinin karşılaştırması.

**Açıklamalar :** (1) CRPG kayaç standartları için Govindaraju (1989) ve USGS kayaç standartları için Flanagan (1976) tarafından önerilen değerleri; (2) ise C.Ü. MİPJAL sonuçlarını gösterir.

**Table 1.** *The comparison of the C.U. MİPJAL (Mineralogical-Petrographical and Geochemical Research Laboratories of The Cumhuriyet University) geochemical analyse results and international recommended values of some CRPG ve USGS rock standards.*

**Explanations:** (1) represents the recommended values for the CRPG ve USGS rock standards published by Govindaraju (1989) and Flanagan (1976), respectively; (2) represents the geochemical analyses results of the same rock standards carried out in the C.U. MİPJAL.

	C R P G		C R P G		C R P G		C R P G		U S G S		U S G S		U S G S		U S G S	
	MAN	MAN	DRN	DRN	BEN	BEN	ACE	ACE	G-2	G-2	SDC1	SDC1	AGV1	AGV1	RGM	RGM
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
SiO <sub>2</sub>	66.60	65.51	52.85	52.28	38.20	38.52	70.35	68.18	69.08	70.09	65.85	67.73	58.79	59.06	73.45	72.90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.62	18.25	17.52	16.58	10.07	9.98	14.70	14.42	15.38	15.92	15.75	16.02	17.14	16.12	13.72	13.58
tFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.47	0.25	9.70	10.53	12.84	12.04	2.53	2.83	2.66	2.60	6.90	7.50	6.76	7.31	1.86	2.03
MnO	0.04	0.04	0.22	0.24	0.20	0.18	0.06	0.07	0.03	0.03	0.11	0.11	0.09	0.10	0.04	0.04
MgO	0.04	nd	4.40	4.82	13.15	13.09	0.03	nd	0.75	0.62	1.69	1.72	1.53	0.86	0.28	nd
CaO	0.59	0.88	7.05	6.73	13.87	13.70	0.34	0.56	1.96	1.90	1.40	1.60	4.94	4.60	1.15	1.22
Na <sub>2</sub> O	5.84	5.67	2.99	2.75	3.18	3.41	6.54	6.19	4.08	4.07	2.05	2.19	4.26	3.78	4.07	3.76
K <sub>2</sub> O	3.18	3.06	1.70	1.65	1.39	1.46	4.49	4.39	4.48	4.55	3.28	3.18	2.91	2.89	4.30	4.11
TiO <sub>2</sub>	0.01	nd	1.09	1.13	2.61	2.58	0.11	0.10	0.48	0.48	1.01	1.07	1.05	1.10	0.27	0.29
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.39	1.12	0.25	0.22	1.05	0.96	0.01	0.02	0.14	0.12	0.16	0.15	0.49	0.41	0.05	0.04
Rb	3600	3509	73	94	47	41	152	130	170	149	127	111	67	65	149	141
Sr	84	34	400	347	1370	1250	3	nd	478	669	183	125	662	777	108	51
Ba	42	10	385	469	1025	915	55	220	1882	1865	630	784	1226	1216	807	920
Y	1	nd	28	24	30	20	184	198	11	37	40	46	20	23	25	49
Zr	27	34	125	116	265	241	780	899	309	360	290	260	227	244	219	257
Nb	173	182	8	20	100	68	110	104	12	24	18	27	15	24	9	23
Zn	220	230	145	122	120	100	224	199	86	107	103	108	88	98	32	77
Th	1	nd	5	4	11	8	19	23	25	25	12	17	7	2	15	19
Cr	3	25	42	10	360	290	3	nd	9	nd	64	64	10	nd	4	nd
Co	1	4	35	30	61	45	0.2	2	5	1	18	25	15	11	2	5
Cu	140	133	50	47	72	51	4	29	11	30	30	40	60	52	12	33
V	5	30	220	145	235	267	3	30	36	61	102	123	121	127	13	48

tır. Özellikle feldisipal içeriği bakımından zengin olan kayaçların silisçe aşırı doymun peralkalin (PERALKALIN) topluluğa benzer trend göstermesine rağmen (Şekil 6), bu kayaçların katyonik Na+K içeriklerinin Al içeriklerinden düşük olmasından dolayı böyle bir petrokimyasal karakterin söz konusu olamayacağı anlaşılmaktadır. Kösedag plütonunda belirlenen bu alkalın özellik, toplam alkalilerin - SiO<sub>2</sub> içeriğine karşı değerlendirildiği TAS diyagramında da (Şekil 7) göze çarpmaktadır. Diğer taraftan, alkali element içeriklerinden % K<sub>2</sub>O değerlerinin % 3.5-8.5 arasında değişim göstermesine karşılık; % Na<sub>2</sub>O değerlerinin ise % 3.5-6 arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 8).

Alkalilerden potasyumca zenginlik, aynı zamanda, Pççerillo ve Taylor (1976) tarafından geliştirilen % K<sub>2</sub>O-%SiO<sub>2</sub> diyagramında da göze çaracak şekilde şonitik karakterle uyumluluk göstermektedir (Şekil 9). Peacock (1931) tarafından tanımlanan ve % SiO<sub>2</sub> ye karşılık % toplam alkalilerin ve % CaO değerlerinin tanımladıkları trendlerin kesişim noktasından, % SiO<sub>2</sub>

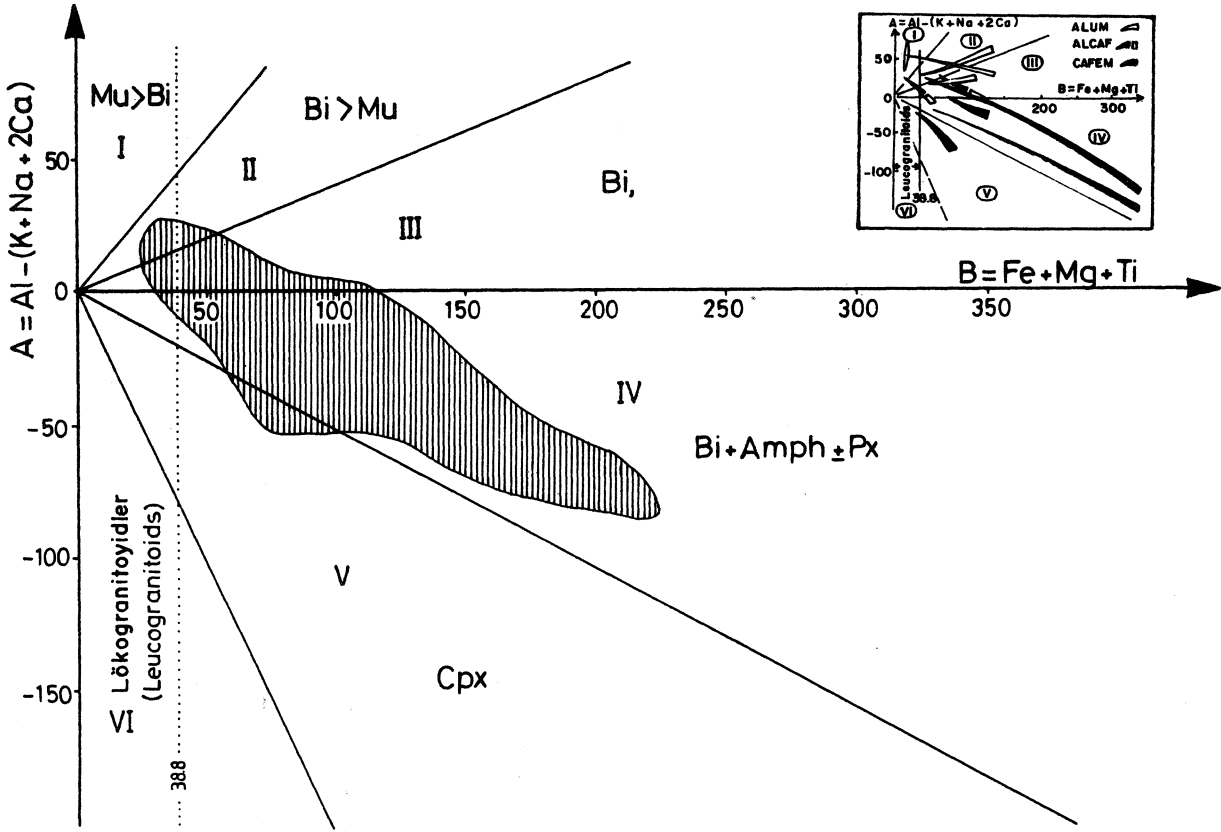
**Çizelge 2.** Kösedag plütonu doğu kesimi kayaç örneklerinin tümkayaç ana ve eser element analiz sonuçları.

**Açıklamalar:** Ana element oksit bileşenleri % ağırlık, eser elementler ise ppm cinsinden verilmiştir. tFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, toplam demir oksit. AK, ateşte kayıp. Kayaç sütunundaki kısaltmalar için Şekil 4'e bakınız. Roman rakamları ise ilgili kayaç örneğinin Şekil 5'deki konumunu gösterir.

**Table 2.** *Wholerock major and trace element geochemical analyses results of the rock samples from the eastern part of Kösedag pluton.*

**Explanations:** Major element oxides and trace element contents are given in weight percent and ppm, respectively. tFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> represents total iron oxide as ferric iron. LOI represents loss on ignition. See Fig. 4 for the abbreviations of the rock types. The Roman numbers represent the domain of Fig. 5 in which the rock sample is plotted.





Şekil 5. Köseadağ plütünü doğu kesimi kayaç örneklerinin karakteristik mineraller diyagramındaki (Dehon ve Le Fort, 1982) konumları. I, II, III no'lu bölgeler peralümino; IV, V, VI no'lu bölgeler metalümino karaktere sahiptirler. ALUM, alümino; ALCAF, alümino-kafemik; CAFEM, kafemik topluluk trendleri. Mu, muskovit; bi, biyotit; amph, amfibol; cpx, klinopiroksen.

Figure 5. Characteristic minerals diagram (Dehon and Le Fort, 1982) of the rock samples from the eastern part of Köseadağ pluton. I, II, III and IV, V, VI numbered domains represent peraluminous and metaluminous domains respectively. ALUM, aluminous; ALCAF, alumino-cafemic; CAFEM, cafemic association. MIL muscovite; bi, biotite; amph, amphibole; cpx, clinopyroxene.

eksenine inilen dikmenin  $\text{SiO}_2$  eksenini kestiği değer ile belirlenen petrokimyasal karakteristik, Köseadağ plütünü kayaçlarına uygulandığında, "alkalik" bir özelliğin (Ehlers ve Biati, 1982'den) varlığı göze çarpmaktadır (Şekil 10).

Köseadağ plütünü oluşturan magma kaynağının tek evreli bir magma odasından itibaren katılışp katılışmadığı, özellikle K/Rb-Rb (Jakes ve White, 1970) ve Rb-Sr diyagramlarında test edilmiştir. Bilindiği gibi, K/Rb-Rb diyagramında farklı trendlerin çıkması, magma odasının, farklı zamanlarda farklı magma kaynakları beslediğine işaret etmektedir.

Oysa, Şekil 11a ve b'den kolayca görüleceği gibi, Köseadağ plütünü tek evreli bir magma kaynağının katılışması ile meydana geldiği sonucuna varılmaktadır.

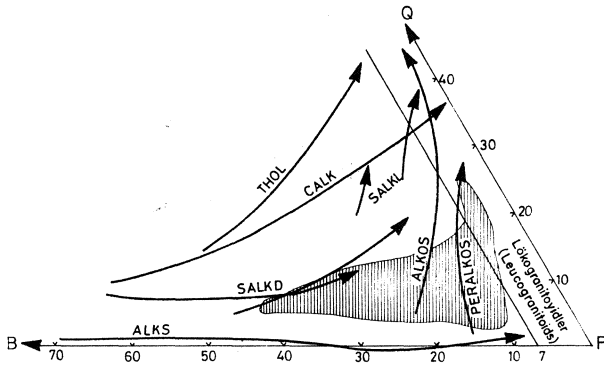
## PETROJENEZ

Köseadağ plütünü jeolojik konumu mineralojik-petrografik ve petrokimyasal karakteristikleri hep birlikte gözönüne alınarak, bölgesel jeolojik konum içerisinde değerlendirilecek ve petrojenez mekanizmasına yaklaşımda bulunulacaktır.

Genel olarak bazaltik-andezitik karakterli Lütesiyen yaşlı (Kalkancı, 1974) volkanosedimanter birimi sıcak dokanakla kesen Priyaboniyen yaşlı (Kalkancı, 1974) Köseadağ plütünü mafik mineral topluluğu klinoprik-sen+amfibol+biyotit minerallerinden oluşmaktadır. Ana element jeokimyasına dayalı değerlendirmelerde ortaya çıkan CAFEM magma tipi, böyle bir mafik mineral topluluğuyla uyum içerisinde. Dehon ve Le Fort (1982)'a göre, CAFEM özellik, genel olarak manto

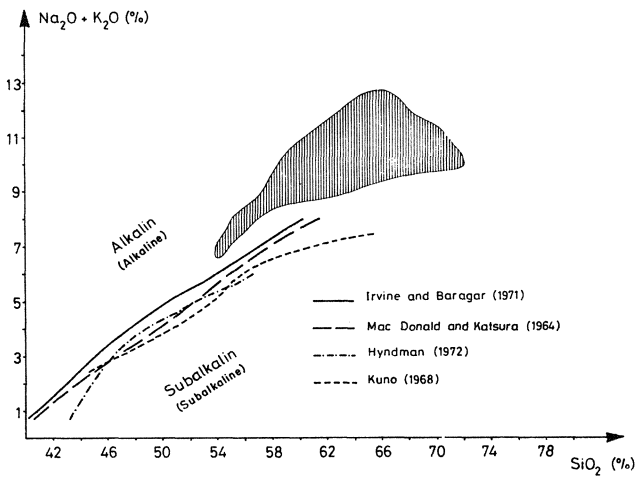


## KÖSEDAĞ PLÜTONU



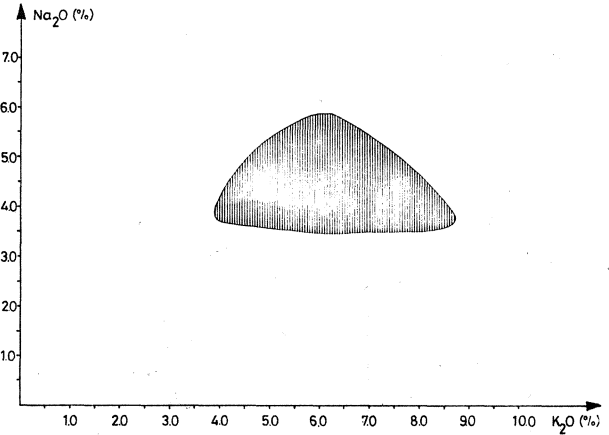
**Şekil 6.** Köseadağ plütunu doğu kesimi kayâç örneklerinin QBF üçgen diyagramındaki (Debon ve Le Fort, 1982) konumları. THÖL, toleyitik; CALK, kalkalkalin; SAKL, açık renkli subalkalin; SALKD, koyu renkli subalkalin; ALKS, silişçe doymun alkalin; ALKOS, silişçe aşırı doymun alkalin; PERALKOS, silişçe aşırı doymun peralkalin.

**Figure 6.** The QBF triangular diagram (Debon and Le Fort, 1982) of the rock samples from the eastern part of Köseadağ platon. THÖL, tholeiitic; CALK calcalkaline; SAKL, light colored subalkaline; SALKD, dark colored subalkaline; ALKS, silica saturated alkaline; ALKOS, silica oversaturated alkaline; PERALKOS, silica over saturated peralkaline.



**Şekil 7.** Köseadağ plütunu doğu kesimi kayâç örneklerinin toplam alkali - silika (TAS) diyagramındaki konumları.

**Figure 7.** Total alkali-silica (TAS) diagram of the rock samples from the eastern part of Köseadağ platon.



**Şekil 8.** Köseadağ plütunu doğu kesimi kayâç örneklerinin % Na<sub>2</sub>O-% K<sub>2</sub>O değişim diyagramı.

**Figure 8.** Alkalies variation diagram of the rock samples from the eastern part of Köseadağ platon.

katkısının fazla olduğu hibrid magmalarda gözlenebilmektedir. Diğer taraftan, Köseadağ plütununda belirlenen alkalin karakter, yukarıdaki verilerle birlikte değerlendirildiğinde, manto kaynaklı köken malzemeye uyumlu görülmektedir (Pitcher, 1993). Zaten, Kalkancı (1974) tarafından belirlenen ve  $0.7043 \pm 0.0005$  değerinde olan  $Sr^{87}/Sr^{86}$  ilksel oranı verisi, Köseadağ plütunu oluşturan magma kaynağında manto malzemesi katkısının etkin olduğu görüşü ile uyumlu görünmektedir.

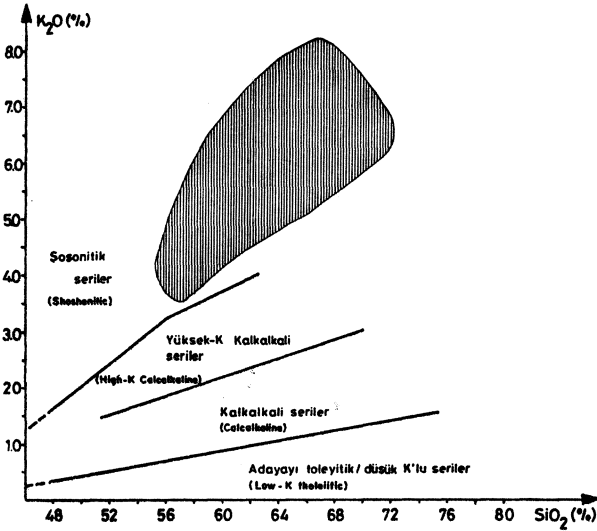
Köseadağ plütunu kayâç örnekleri, Batchelor ve Bowden (1985) tarafından önerilen R1-R2 diyagramında değerlendirildiğinde, tipik olarak "geç orojenik" karakter görülmektedir (Şekil 12). Kayâç örneklerinin serbest kuvars içermelerinden dolayı, Pearce ve diğ. (1984) tarafından önerilen jeotektonik ortam belirlemeye yönelik diyagramlardan Y-SiO<sub>2</sub> ve Nb-SiO<sub>2</sub> diyagramlarında levha içi granitoid (WPG)+ okyanus sırtı granitoid (ORG) bölgelerinde konumlanmaktadır (Şekil 13).

Bilindiği gibi, okyanus sırtı granitoidleri, tipik olarak ofiyolitik topluluklardaki plajiyogranitlerle temsil edilmektedir (Pearce ve diğ., 1984). Bu yüzden, Köseadağ plütununun levha içi granitoid karakterinde olduğuna inanılmaktadır. Bu karakter, zaten, Şekil 13 deki Rb-SiO<sub>2</sub> diyagramında ve Şekil 14 deki Nb-Y ve Nb+Y-Rb diyagramlarında açık bir şekilde gözlenmektedir.

Böylece, Şekil 12 de geç orojenik, Şekil 13 ve 14 de levha içi karakter sergileyen Köseadağ plütununun, bölgesel jeolojik konumu da dikkate alınarak; Neo-Tetis'in kuzey kolunun, kuzeye doğru dalarak yitimini (Şengör ve Yılmaz, 1981) takip eden çarpışmaya bağlı

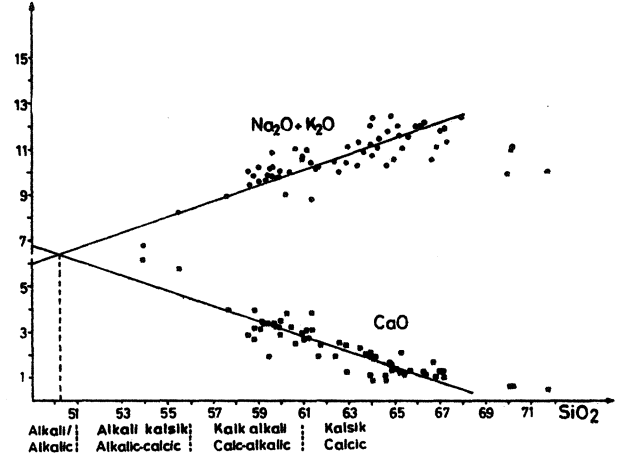
kabuk kalınlaşmasının sonlarında, pasif kenarda (Harris ve diğ., 1986) gelişebilecek çarpışma sonrası (POST-COLG) bir jeodinamik ortama sahip olabileceği düşünülmektedir. Çarpışmaya bağlı kabuk kalınlaşmasının sonlarında görülen çarpışma sonrası granitoidlerden (POST-COLG) Skaergaard ve Mull granitoidlerinin (Pearce ve diğ., 1984), %  $K_2O$  içerikleriyle bazı uyumsuz element içerikleri ORG'ye göre (Pearce ve diğ., 1984) normalleştirilerek Köseadağ plütünü ile karşılaştırmalı olarak incelendiğinde, bu granitoidlerin, Köseadağ plütünü ile benzerlik gösterdikleri izlenmektedir (Şekil 15). Köseadağ plütünü için öngörülen çarpışma sonrası jeodinamik ortam, aynı zamanda, Thblomont ve Cabanis (1990) tarafından önerilen  $Y/44-Rb/100-Nb/16$  üçgen diyagramında da gözlenebilmektedir (Şekil 16). Diğer taraftan, Sivas çevresindeki diğer bazı plütönlarla birlikte Köseadağ plütönünde çarpışma ile ilgili olabileceği Tokel (1989) tarafından da belirtilmiştir.

Bütün bu verilerin ve yorumlamaların ışığında, Köseadağ plütönünün oluşturan magma kaynağının şöyle bir petrojenez mekanizmasına sahip olabileceği düşünülmektedir: Kretase'de kuzeye doğru dalarak iyi bilinen Doğu Pontid yay magmatizmasını oluşturan Neotetis'in kuzey kolunun yitiminden (Şengör ve Yılmaz, 1981) sonrası meydana gelen çarpışma ve buna bağlı



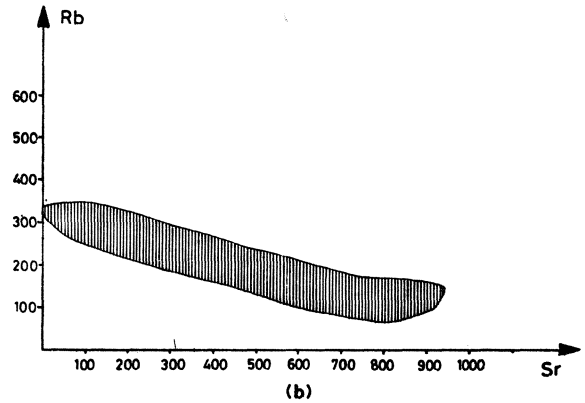
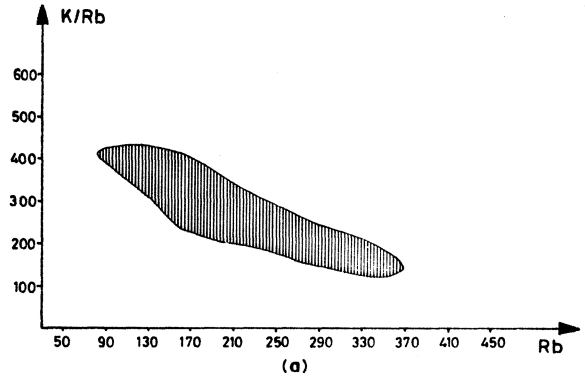
Şekil 9. Köseadağ plütönü doğu kesimi kayaç örneklerinin % $K_2O$ -% $SiO_2$  değişim diyagramındaki (Peccerillo ve Taylor, 1976) konumları.

Figure 9. %  $K_2O$ -%  $SiO_2$  variation diagram (Peccerillo and Taylor, 1976) of the rock samples from the eastern part of Köseadağ pluton.



Şekil 10. Köseadağ plütönü doğu kesimi kayaç örneklerinin Peacock (1931) diyagramındaki konumları.

Figure 10. Peacock (1931) diagram of the rock samples from the eastern part of Köseadağ pluton.

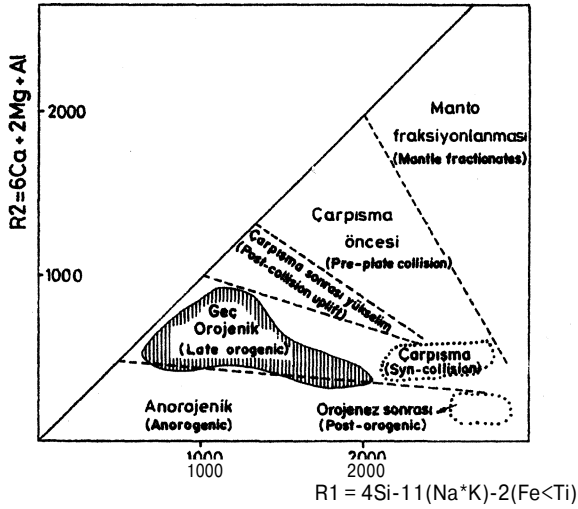


Şekil 11. Köseadağ plütönü doğu kesimi kay aç örneklerinin  $K/Rb$ - $Rb$  (a) ve  $Rb$ - $Sr$  (b) diyagramları.

Figure 11.  $K/Rb$ - $Rb$ (a) and  $Rb$ - $Sr$  (b) diagrams of the rock samples from the eastern part of Köseadağ pluton.

## KÖSEDAĞ PLÜTONU

kabuk kalınlaşmasının sonlarında, olasılıkla Paleojende, pasif kenarda meydana gelen yersel gerilme rejimi altında oluşan gerilme rejimi altında oluşan manto yükseleni ve dolayısıyla kabuk incemesine bağlı olarak kısmi ergimeye uğrayan üst manto malzemesinden türeyen magmanın alt kıtasal kabuğu da kısmen eriterek hibridleşebileceği ve Köseadağ plütonunu oluşturabileceği düşünülmektedir.



Şekil 12. Köseadağ plütonu doğu kesimi kayalar örneklerinin R1-R2 diyagramındaki (Batchelor ve Bowden, 1985) konumları.

Figure 12. R1-R2 diagram (Batchelor and Bowden, 1985) of the rock samples from the eastern part of Köseadağ pluton.

Şekil 13. Köseadağ plütonu doğu kesimi kayalar örneklerinin Y-SiO<sub>2</sub>, Nb-SiO<sub>2</sub> ve Rb-SiO<sub>2</sub> diyagramlarındaki (Pearce ve diğ., 1984) konumları, WPG, levha içi granitoidleri; ORG, okyanus sırtı granitoidleri; VAG, volkanik yay granitoidleri; COLG, çarpışma granitoidleri. ORG ile ilgili ayrıntılı açıklama için Pearce ve diğ., (1984)'e bakınız.

Figure 13. Y-SiO<sub>2</sub>, Nb-SiO<sub>2</sub> and Rb-SiO<sub>2</sub> diagrams (Pearce et al., 1984) of the rock sample from the eastern part of Köseadağ pluton. WPG, within plate granitoids; ORG, oceanic ridge granitoids; VAG, volcanic arc granitoids; COLG, collision granitoids. Please see Pearce et al. (1984) for detailed explanation on ORG.

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

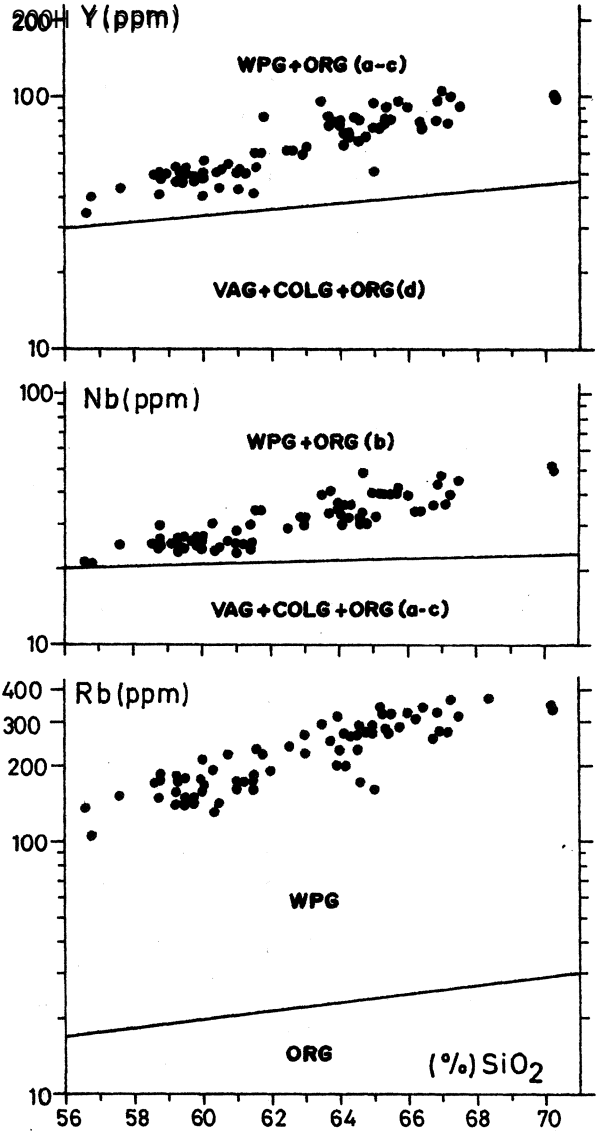
Köseadağ plütonu doğu kesiminde yürütülen bu çalışmada elde edilen sonuçlar ve ileriye dönük çalışma-

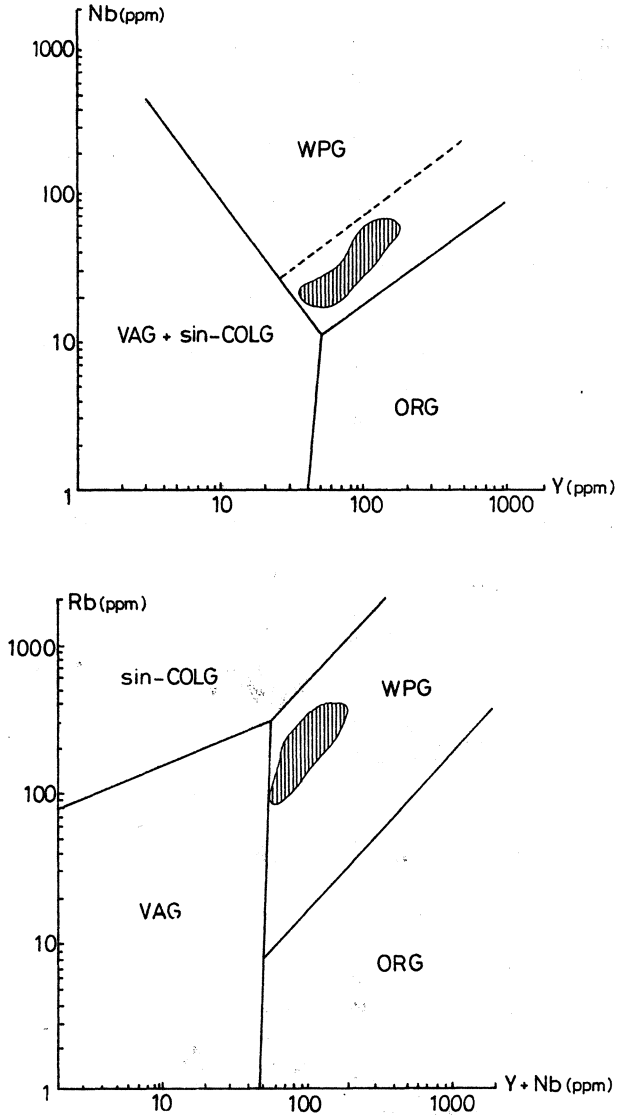
larda gözönüne alınmasında yarar görülen bazı konular şöyle özetlenebilir:

1. Köseadağ plütonu Üst Eosen yaşlı olup, Orta Eosen yaşlı volkano-sedimanter birimi sıcak dokanakla kesmiş ve Alt Miyosen (Akitaniyen) yaşlı lagüner kireçtaşlarıyla uyumsuz olarak örtülmüştür.

2. Çalışma alanındaki ana yapısal unsurlar, KD-GB doğrultulu oblik ve normal faylar ile plütonda gelişmiş eklem sistemlerinden oluşmaktadır. Bu eklem sistemleri her ne kadar izotrop bir karakter sergilese de DB/40G ve N65D/dik konumlu çatlak sistemlerinin daha hakim oldukları göze çarpmaktadır.

3. Köseadağ plütonu doğu kesimi, oria-kaba taneli ana fasiyes ile bunun içinde intrüviz olarak görülen ince taneli fasiyes olmak üzere haritalanabilir iki birime ayrılmıştır.



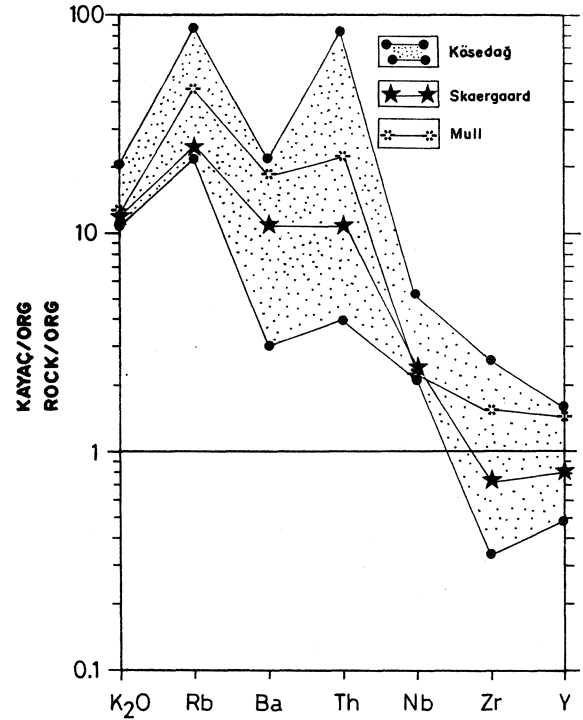


Şekil 14. Köseadağ plütünü doğu kesimi kay aç örneklerinin Nb-Y ve Rb-Y+Nb diyagramlarındaki (Pearce ve diğ., 1984) konumları. Diğer açıklamalar için Şekil 13'e bakınız.

Figure 14. Nb-Y and Rb-Y+Nb diagrams of the rock samples from the eastern part of Köseadağ pluton. See Fig. 13 for other explanations.

4. Orta-kaba taneli ana fasiyes, başlıca siyenit ve kuvars-siyenitlerin yanısıra az miktarda da monzonitik kayaları içermektedir. İnce taneli fasiyes ise siyenitik kayalardan oluşmaktadır. Açık renkli ana bileşenleri içerisinde K-feldispat megakristallerinin varlığıyla karakteristik olan orta-kaba taneli siyenitik kayaların ana mafik mineral topluluğu klinopiroksen (öjit)+biyotit+amfibol (kersutit, hornblend) veya öjit+biyotit minerallerinden oluşabildiği gibi sadece biyotit mineralinden de oluşabilmektedir. Monzonitik ka-

yaçlarda ise öjit+kersutit+biyotit mineralleri bulunmaktadır. Plajiyoklasların optik mineralojik yöntemle belirlenen An içerikleri, orta-kaba taneli siyenitik kayalarda % 28-44, monzonitik kayalarda % 34-48 ve ince taneli siyenitik kayalarda da % 28-38 arasında değişirken; orta-kaba taneli siyenitik kayalarda gözlenen antirapakivi dokusunun çekirdeğindeki plajiyoklas minerallerinin An içeriği ise % 38-48 arasında değişmektedir.



Şekil 15. Köseadağ plütünü doğu kesimi kay aç örneklerinin bazı element içeriklerinin ORG'ye göre normalleştirilmiş dağılım desenlerinin, Skaergaard ve Mull granitoidlerinininkiler (Pearce ve diğ., 1984) ile karşılaştırılması.

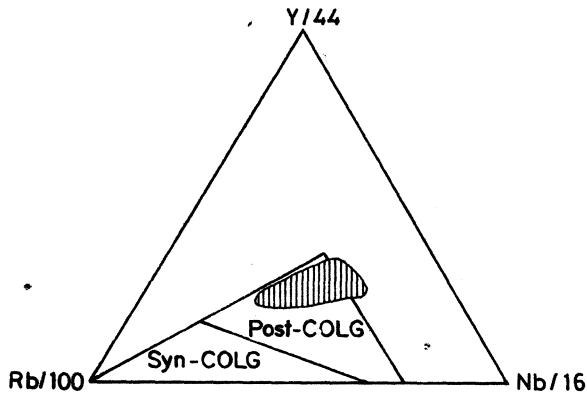
Figure 15. The comparison of the ORG normalized distribution patterns of some elements of the Köseadağ, Skaergaard and Mull plutons. The data of the Skaergaard and Mull plutons have been taken from Pearce et al. (1984).

5. Köseadağ plütünü doğu kesiminde, eşyaşlı mafik ve felsik magmaların homojen karışım şeklindeki hibridleşmesini (magma mixing olayını) yansıtan bazı dokusal özellikler belirlemiştir. Bunlar, başlıca antirapakivi dokusu, iğnemsli apatit ve poikilitik feldispat oluşumlardır.

6. Köseadağ plütünü doğu kesimi, tipik olarak alkalin özelliğinin yanısıra kafemik (CAFEM) "geç orojenik"

## KÖSEDAĞ PLÜTONU

ve levha için (WPG) karakterlerde sergilemektedir. CAFEM özelliğinden dolayı manto malzemesi katkısının fazla olması gerekliliği. Kalkancı (1974) tarafından gerçekleştirilen Sr izotopları ilksel oranı ölçüm sonuçlarıyla da uyum içindedir. Kösedag plütonunun geç orojenik ve WPG özellikleri bölgesel jeolojik konum içerisinde değerlendirildiğinde, bu özelliklerin, çarpışma sonrası (POST-COLG) bir jeodinamik konumda meydana gelebileceği düşünülmektedir. Söz konusu POST-COLG jeodinamik ortam özelliği bazı eser element verileriyle de desteklenirken, Tokel (1989) tarafından da, Kösedag plütonunun çarpışmayla ilgili bir petrojenetik mekanizmasına sahip olabileceği belirtilmektedir.



Şekil 16. Kösedag plütonu doğu kesimi kayalık örneklerinin Y/44-Rb/100-Nb/16 üçgen diyagramındaki (Théblémont ve Cabanis, 1990) konumları.

Figure 16, Y/44-Rb/100-Nb/16 triangular diagram (Theblémoni and Cabanis; 1990) of the rock samples from the eastern part of Kösedag pluton.

7. Yukarıda belirtilen tüm veriler, bölgesel jeolojik konum içerisinde değerlendirildiğinde; Kösedag plütonunun, Neo-Tetis'in kuzey kolunun kuzeye doğru dalımı ile ilgili çarpışmaya bağlı kabuk kalınlaşmasının sonlarında, pasif kenarda meydana gelebilecek gerilme rejimi altında, diğer bir deyişle POST-COLG karakterli bir jeodinamik ortamda, başlıca üst manto malzemesinin kısmi ergimeye uğraması sonucu oluşan magma kaynağının, kısmen alt kabuktan da malzeme olarak kirlenmesi sonucu meydana gelen hibrid bir magmadan itibaren katılmış olabileceği düşünülmektedir.

8. Kösedag plütonu doğu kesiminde yürütülen bu çalışmada elde edilen bulgu ve yorumlamaların, bölgesel jeolojik konumda daha iyi test edilebilmesi için Kösedag plütonunun tanımının incelenmesi ve elde edilen sonuçların, İç-Doğu Anadolu alkalın provensindeki diğer plütonlarla (Yılmaz ve Boztuğ, 1991) denştirilmesi ve bu arada Neo-Tetis'in kuzey koluna ait suture zonunun kuzeyinde yüzeylenen Eosen yaşlı alkali plütonların da (Şe-

binkarahisar kuzeyi, Tutakdağı, Gököy, Çambaşı ve Topçam yörelerindeki plütonlar) bu denştirmeye dahil edilmesi gerektiği önerilmektedir. Bu çalışmalar sırasında, jeolojik haritalama ve petrolojik incelemelerin yanısıra izotop jeokimyası, mutlak yaş tayini ve REE analizlerinin gerçekleştirilmesinde ayrıca yarar görülmektedir.

### KATKI BELİRTME

Bu çalışma Cumhuriyet Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından kısmen desteklenmiştir.

### DEĞİNİLEN BELGELER

- Batchelor, B. ve Bowden, P., 1985, Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters: Chem.GeoL, 48,43-55.
- Debon, F. ve LeFort, P., 1982, A chemical - mineralogical classification of common phi tohic rocks and associations: Royal Soc.of Edinburgh Transaction, 73, 135-149.
- Ehfers, E. G., Blatt, H., 1982, Petrology. Igneous, sedimentary and metamorphic.W.H. Freeman and Co., San Francisco, 709 p.
- Erkan, Y., 1978, Kayaç oluşturan önemli minerallerin mikroskopta incelenmeleri: H.Ü. Yayınları, A-26, 497 s, Ankara.
- Flanagan, F. J., 1976, Descriptions and analyses of eight new USGS rock standards: In: Flanagan, F.J., (ed.), Twenty-eight Papers Present Analytical Data on New and Previously Described Wholerock Standards. USGS Professional Paper, 840,171-172.
- Govindaraju, K., 1989, 1989 compilation of working values and sample description for 272 geostandards: Geostandards Newsletter, 13, 1-113.
- Harris N. B. W., Pearce, J. A. ve Tindle, A. G., 1986, Geochemical characteristics of collision zone magmatism: In: Coward, M.P ve Ries, A.C., (eds.) , Collision Tectonics. Geological Society of London Special Publication, 19, 67-81.
- Hibbard, M. J., 1991, Textural anatomy of twelve magma mixed granitoid systems I: Dider, J. ve Barbarin, B. (eds.), Enclaves and Granite Petrology. Developments in Petrology, Elsevier, 431-444.
- Hyndman, D. W., 1972, Petrology of igneous and metamorphic rocks. MacGraw Hill, New York, 530 p.
- Irvine, T. N. ve Baragar, W.R.A., 1971, A guide to the chemical classification of common volcanic rocks: Can-Jour.Eart ScL, 8, 523-548.

- Jakes, P. ve White, J. R., 1970, K/Rb ratios of rocks from island arcs. *Geochim et Cosmochim. Acta*, 34, 849-856.
- Kalkancı, Ş., 1974, Etude géologique et pétrochimique du sud de la region de Suşehri: Géochronologie du massif syénitique de Kösedâğ (NE de Sivas-Turquie). Thèse de doctorat de 3e cycle, L'Université de Grenoble, 135 p.
- Kuno, H., 1968, Differentiation of basalts magmas. I: Hess, H. H. ve Poldervaart, A., (eds), *Basalts*, 2, New York, Interscience, 632-688.
- Me Donald, G.A., ve Katsura, T., 1964, Chemical composition of Hawaiian lavas: *Jour. Petrol.*, 5, 82-133.
- Peacock, M. A., 1931, Classification of igneous rock series: *Jour. Geol.*, 39, 54-67.
- Pearce, J. A, Harris, N. B. W. ve Tindle, A.G.W., 1984, Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks: *Jour. Petrol.*, 25, 956-983.
- Peceeriilo, A. ve Taylor, S.R., 1976, Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey: *Contrib. Mineral. Petrol.*, 58, 63-81.
- Pitcher, W. S., 1993, *The nature and origin of granite*: Chapman and Hall, 321 p.
- Şengör, A. M. C. ve Yılmaz, Y., 1982, Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach: *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Thlblemont, D. ve Cabanis, B., 1990, Utilisation d'un diagramme (Rb/100)-Tb-Ta pour la discrimination géochimique et l'étude pétrogénétique des roches magmatiques acide: *Bull. Soc. Géol. France*, 8/VI, 23-35.
- Tokel, S., 1989, Anadolu'da yitim ve çarpışma kökenli granitoidlerin kimyasal ve metalojenetik açıdan karşılaştırılması: *Yerbilimleri*, 15, 129-137.
- Vernon, R. H., 1986, K-feldspar megacrysts in granites Phenocrysts, not porphyroblasts: *Earth-Sci. Rev.*, 23, 1-63.
- Yılmaz, S. ve Boztuğ, D., 1991, Petrology of the Hasançelebi syenitic pluton from the "Central-Eastern Anatolian Alkaline Province", Hekimhan-Malatya District, Turkey: *EUG VI, Terra Abstracts*, p.246, Strasbourg.