

Jeokimyasal Karakterizasyon Çalışmalarında Faktör Analizi Yönteminin Kullanımı:

Çelebi /Granitoyidi ve Karamadazi Graniti

Factor/Anily sis Method in Geochemical Characterization Study:

Çelebi Granitoide and Karamadazi Granite

İlkay KUŞÇU

Gonça GENÇALİOĞLU KUŞÇU

Cem SARAÇ

Lawrence D. MEINERT

Niğde Üniversitesi, Aksaray Müh. Fakültesi Jeoloji Müh. Bölümü, 68100 Aksaray
E-posta: gikuscu@ixir.com

Niğde Üniversitesi, Müh. Mimarlık Fakültesi Jeoloji Müh. Bölümü,
51100 Niğde

Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Müh. Bölümü,
• 06532 Beytepe Ankara

Washington State University, Department of Geology, Pullman
Washington, ABD

Öz

Ana bileşen analiz yöntemlerinden "faktör analizi yöntemi" bu çalışmada Karamadazi ve Çelebi granitoidlerinden elde edilen jeokimyasal analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Buna göre. Karamadazi Graniti'nin jeokimyasal davranışını kontrol eden faktörler $TiO_2+MnO+ZrSiO_2$ ve $CaO+Na_2O+Sr/Rb+Ba+K_2O$ olarak, Çelebi Granitoyidi'nin jeokimyasal davranışını kontrol eden faktörler ise $(FeO_{(T)}+CaO+MgO+Y)/(K_2d+Rb)$ ve $(Na_2O+Ba+Al_2O_3)/(SiO_2)$ olarak bulunmuştur. Bu faktörlerin esas alındığı Harker tipi diyagramlarda iki bölgedeki granitoidlerin de bu çalışmada kısır olarak adlandırılan granitoidlerden belirgin şekilde ayrıldığı gözlenmiştir. Yozgat batoliti, Terlemez kuvarsmonzoniti, Kerkenez graniti, Ekecikdağ kuvarsmonzoniti ve Ağaçören intrüzif takımı gibi Orta Anadolu Granitoidleri Çelebi Granitoyidi'ne göre daha yüksek silika değerleriyle ve kısmen yüksek toplam alkali değerleriyle farklılaşmaktadır. Bu granitoidlerin magmatik farklılaşma gösterdikleri ve üretken plütonların kısır olanlara göre daha az farklılaşmaya uğradıkları öne sürülmektedir. Çelebi Granitoidinin apatit ve zirkon açısından kısır granitoidlere göre daha zengin bileşimde olması Çelebi Granitoidi'nin kısır granitoidlere göre daha fazla I-tipi karakterinde olduğunu göstermektedir. Karamadazi Graniti, Yozgat batoliti, Terlemez kuvarsmonzoniti, Ekecikdağ kuvarsmonzoniti ve Ağaçören intrüzif takımı gibi Orta Anadolu Granitoidleri arasında en düşük ortalama Rb, Ba ve Th değerleri ve en yüksek ortalama Sc ve V, ve ortalama Zr, Y ve Ni değerleriyle diğerlerine kıyasla kıtasal kabuktan en az malzeme almış granitoidler olarak göze çarpar. Faktör analizlerinden elde edilen faktörlere göre, Karamadazi Graniti'nin Terlemez ve Ağaçören granitoidleriyle benzer özellikler sunduğu, ve diğerlerinden belirgin bir şekilde ayrıldığı gözlenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Faktör Analizi, Çelebi Granitoyidi, Karamadazi Graniti, Jeokimyasal karakterizasyon

Abstract

The principal component analysis, one of the methods in factor analyses was used to evaluate the geochemical composition of Karamadazi and Çelebi granitoids. Based on this method, the factors controlling the geochemical characteristics of the Karamadazi Granite are $TiO_2+MnO+Zr/SiO_2$ and $CaO+Na_2O+Sr/Rb+Ba+K_2O$ ratios, and for the Çelebi Granitoids the $(FeO_{(T)}+CaO+MgO+Y)/(K_2O+Rb)$ and $(Na_2O+Ba+Al_2O_3)/(SiO_2)$ ratios. These two granitoids are clearly distinguished from the sterile/non-productive Central Anatolian Granitoids (CAG) on Harker diagrams based on these controlling factors, (parameters). CAG plutons such as Yozgat batholith, Terlemez quartzmonzonite, Kerkenez granite, Ekecikdağ quartzmonzonite ve Ağaçören intrusive suite are different from the productive Çelebi Granitoids in their higher silica content and generally higher total alkali values. This study suggests that fertile (iron producing) plutons are less differentiated and have very little contribution from continental crust compared to the sterile (non-productive) plutons. Higher apatite and zircon abundances in the Çelebi Granitoid suggest that the Çelebi Granitoid have more I-type characteristics compared to non-productive plutons of CAG. The Karamadazi Granite is the most striking example for the granitoids in CAG plutons above having the least contribution from the continental crust, evidenced by the lowest mean Rb, Ba, Th, the highest mean Sc, V, and mean Zr, Y, Ni contents. Based on the factor analysis, it is proposed that the Karamadazi Granite display geochemical characteristics similar to the Terlemez and Ağaçören granitoids of CAG.

Key Words: Factor Analysis, Çelebi Granitoide, Karamadazi Granite, Geochemical characterization

GİRİŞ

Plütonların tüm kayaç bileşimi ve bu plütonlarla birlikte bulunan skarnlar arasında çok kuvvetli korelasyonlar vardır. Plüton bileşimi ve skarn tipi arasındaki korelasyonun var olduğuna dair gerçek, magmatik olaylar ve cevherleşme arasındaki kökensel ilişkinin de varlığına dair kuvvetli kanıtlar sağlamaktadır. Plüton bileşimi ve skarnlaşma arasındaki ilişkiyi ortaya koyan teorinin arkasında, magmatik petrojenezin bir fonksiyonu olarak skarnın metal içeriğini ve büyüklüğünü esas alan farklılıklar yatmaktadır. Bir sınıf olarak skarnlar, magmatik sistemlerin yerleşme, kristallenme ve hidrotermal alterasyonuyla doğrudan ilişkili cevher yataklarının en belirgin örnekleri olduğu için, bu yatakları hedef alan herhangi bir arama programında skarnların petrojenezini ve tektonik ortamlarının rolü önemli yer tutmaktadır. Bu nedenle günümüz skarn çalışmaları, skarnlarla ilişkili (skarnlaşmaya sebep olan) plütonları incelemekte ve skarnlar ile bu plütonlar arasındaki jenetik ilişkiyi araştırmaya ve belirlemeye yönelik çalışmalar yapmaktadır.

Plüton bileşimi ve skarn türü arasındaki ilişkiler 1970'den bu yana Zharikov'un (1970)'de yaptığı

çalışma ile başlar ve günümüze değin Shimazaki (1980), Meinert (1983), Newberry (1987), Keith ve diğerleri (1989), Meinert (1993), Ray ve diğerleri (1995), Meinert (1995), ve Kuşçu ve diğ. (2000a)'nın çalışmalarıyla devam etmektedir. Skarn yataklarının yaygın olarak bulunduğu Orta Anadolu'da değişik skarn türü aynı yaş konağına sahip, jeokimyasal olarak birbirinin benzeri plütonlarla birlikte bulunmasına rağmen, neden aynı bileşime sahip iki ya da daha fazla magmatik kayaçta farklı tipte skarn cevherleşmelerinin bulunduğu sorusu sorulmamış ve yanıtlandırılmamıştır. Orta Anadolu bölgesinde yer alan Akdağmadeni, Akçakışla, Keskin, Karamadazi (Yahyalı) ve Çelebi bölgeleri, içerdikleri skarn yatakları ve değişik bileşimlerdeki plütonik kayaçlarını birlikte bulunduğu maden provenşleri (bölgeleri)'dir (Kuşçu ve Erler, 1999). Bu bölgelerde skarnlar içerdikleri metallerin cinsine göre kurşun-çinko (Pb-Zn; Akdağmadeni, Akçakışla, Keskin), demir-selit (Fe-W; Karamadazi, Çelebi, Akdağmadeni) olarak verilebilirler.

Orta Anadolu bölgesinde yer alan plütonlar genellikle çarpışma sonrası granitoidler sınıfına girer-

mekte olup, bunlarla kökensel birliktelikleri olan skarn yatakları da bazı farklılıklar sunmakta veya bazı plütonlar skarnlaşmaya sebep olabiliyorken, bazıları da kısır. Bu incelemede skarnlaşmaya neden olan plütonlara "üretken" (productive), cevherleşme ile ilgisi olmayan / cevherleşme üretmeyen plütonlarda da "kısır" (non-productive) terimleri kullanılmıştır. Günümüzde, skarn oluşturan ve oluşturamayan plütonların sınıflanması detaylı bir şekilde yapılmadığı gibi, demir üreten plütonların diğerlerinden farkı çalışılmamıştır. Dolayısıyla bu çalışmada ele alınan konu demir skarnlarıyla birlikte bulunan plütonların jeokimyasal özelliklerinin ortaya konması ve demir üreten iki granitoid külesini diğer Orta Anadolu Granitoidlerinden ayıran özellikleri ortaya koymaktır. Bu amaçla hem demir skarnları ile birlikte bulunan Çelebi Granitoidi ve Karamadazı Graniti, hem de Orta Anadolu'da skarnlaşma ile ilişkisi olmayan bazı granitoidler karşılaştırılarak çeşitli korelasyonlar elde edilmiştir. Karşılaştırma ve korelasyonlar çalışmaya konu olan demir skarnlarıyla ilişkili granitoidlerin jeokimyasal özelliklerinin ortaya konulabilmesine yönelik olduğu için, istatistik yöntemlerinden olan çoklu analiz yöntemine başvurulmuştur.

Bu çalışma, skarnlarla birlikte bulunan granitoidlerin jeokimyasal bileşimi, skarnların metal içeriği ve jeokimyasal kompozisyonu arasında ilişkiler kurulmasına, daha önemlisi skarnlaşmaya sebep olan üretken plütonların jeokimyasal karakteristiklerini ortaya konulmasına, ve üretken/üretken olmayan plütonlarla veya cevherleşen/cevherleşemeyen hidrotermal sistemler arasındaki farklılıkları saptanmasına yönelik çalışmalara ön ayak olacaktır.

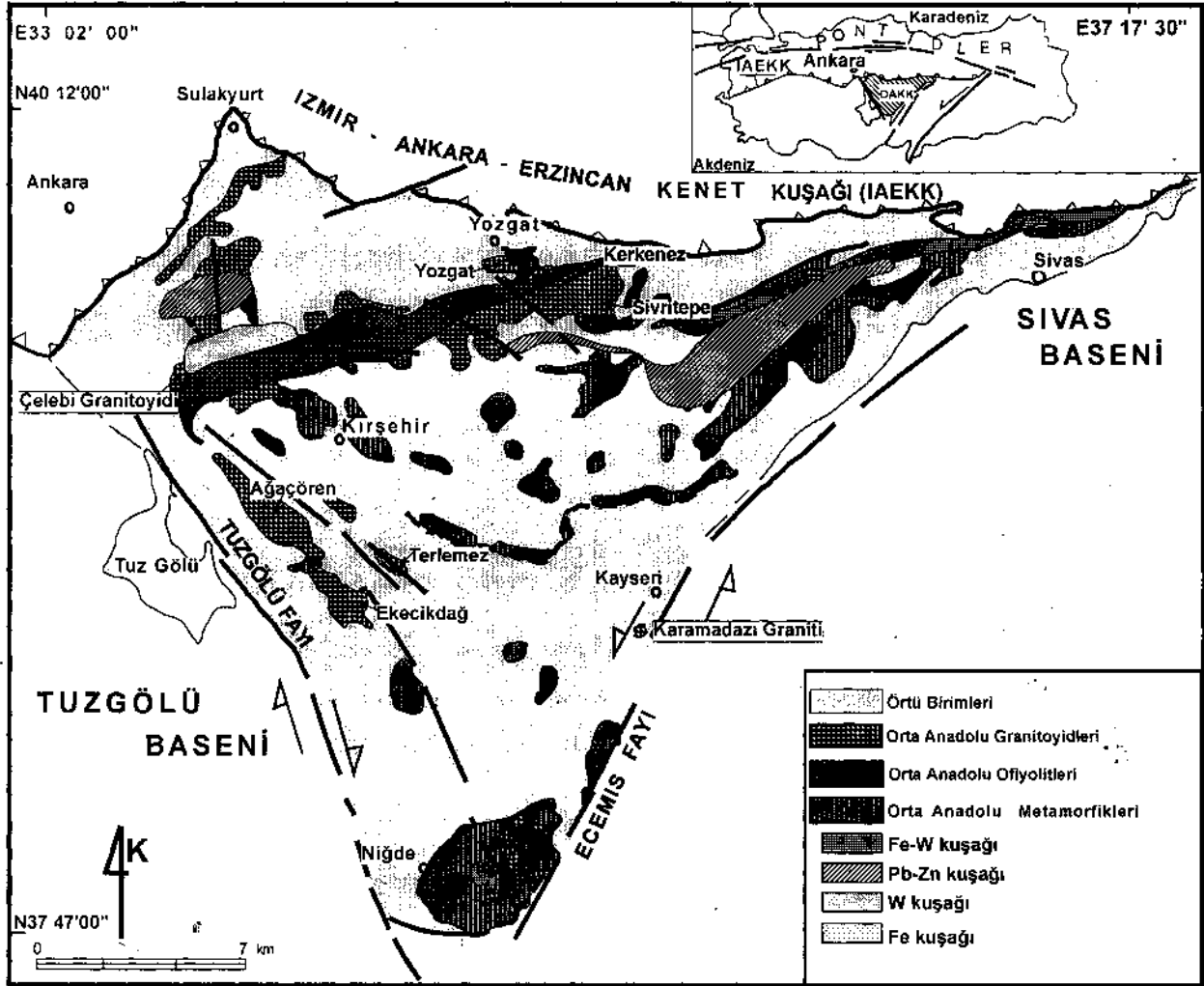
ÇALIŞMA BÖLGESİNİN JEOLJİSİ

İncelenen granitoidler, Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK) (Göncüoğlu ve diğ., 1991) içinde tanımlanan Fe-W skarn kuşakları ve Fe-W maden provensleri içinde yer alır (Kuşçu ve Erler, 1999). Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı yaklaşık üçgen biçimli bir alanda yüzeyleyen metamorfik, ofiyolitik ve plütonik kayalar topluluğudur. Çelebi bölgesi OAKK'nin KB kesiminde Orta Anadolu

Granitoidleri ailesinden olan Çelebi Granitoidi (Bayhan, 1984; 1986) ile Orta Anadolu Metamorfiklerine ait Gümüşler Metamorfikleri'nin (Göncüoğlu ve diğ., 1993) yüzeylendiği bölge içinde yer alır (Şekil 1). Granitoidler, Çelebi Sokulumuna (Bayhan, 1986) ait granodiyorit, kuvars monzonit, kuvars monzodiyorit ve Karamadazı Granite bağlı granit, kuvars diyorit ve granodiyorit bileşimindedir. Granitoidi oluşturan magmanın kıtasal kabuk ve mantonun kısmi ergimesiyle oluştuğu öne sürülmektedir (Bayhan, 1986). Granitoidlerin sokulum yaptığı metamorfik kayalar ise genellikle gnays, şist ve mermerler ile temsil edilir. Mermerler gnays ve şistler arasında yer yer bant veya mercek olarak ya da kalın mermer kütleleri olarak gözlenir. Bölgedeki skarnlar özellikle bu mermerler ile Çelebi Granitoidi dokanakları boyunca veya mermerler içinde gelişmiş zayıf tektonik hatlar boyunca gözlenmektedir.

Orta Anadolu bölgesinde gözlenen skarn yatakları OAKK'nin kapladığı alan içinde, metamorfikler ve plütonik kayaların yüzeylediği her alanda gözlenen en belirgin gruptur. Skarnlar OAKK içinde kalsiyumlu ekzoskarn yataklar sınıfına girerler ve içerdikleri metal element türüne göre Fe-skarn, W-skarn, ve Pb-Zn-skarn yatakları olarak sınıflandırılırlar (Kuşçu, 1997; Kuşçu ve Erler, 1999). Fe-skarn yatakları, tüm yataklar içinde bölgede dağılımı en fazla olanları ve en çok işletilenleridir. Fe-skarn yatakları küçük izole granitoid yüzleklerinin aksine, genellikle batolitik kütlelerin mermerlerle yaptığı dokanaklar boyunca ve plütonik kayalara daha yakın kısımlarında gelişen proksimal skarn yataklarıdır.

Karamadazı Graniti ve Çelebi Granitoidi subalkali ve kalkalkalen karakterli olup, kalsik-kalkalkalik olarak sınıflandırılmaktadır (Kuşçu ve diğ., 2000a). Karamadazı Graniti kuvars diyorit (granodiyorit), diyorit, kuvars monzonit ve granit olarak; Çelebi Granitoidi ise granit, granodiyorit, kuvars monzonit, kuvars monzodiyorit ve monzodiyorit olarak sınıflandırılmaktadır. Her iki bölgedeki granitoidlerin metalüminli karakterli olduğu ancak, çok az da olsa peralüminli özelliklerin de bulunduğu gözlenmekte ve I-tipi granitler



Şekil 1. Orta Anadolu Kristalen Karmaşığının basitleştirilmiş jeolojik haritası
 Figure 1. Simplified geological map of the Central Anatolian Crystalline Complex

sınıfına girmektedir. Karamadazı Graniti ve Çelebi Granitoyidi jeokimyasal farklılıklar sunmaktadırlar, özellikle FeO(T), MnO ve Na₂O açısından bu fark oldukça belirgindir (Kuşçu ve diğ., 2000a).

ÇELEBİ GRANİTOYİDİ'NİN JEOKİMYASAL KARAKTERİZASYONU

Çelebi Granitoyidi'ne ait jeokimyasal verilerin ana bileşen ve faktör analizi gibi çok değişkenli analiz yöntemleriyle değerlendirilmesi, Çelebi Granitoyidi'nde skarnlaşmada etkili olan ya da bu bölgedeki plütonlara özgü jeokimyasal bir ya da daha fazla verinin birbirleriyle olan bağlantısını ya da skarnlaşmada etkili olan faktör ya da faktörlerin tespitini sağlamaktadır. Bu sayede Çelebi Granito-

yidi'ne ait verilerin (değişkenlerin) bağımlılık yapısı ortaya konabilmektedir.

Çelebi Granitoyidi'ne ait 15 değişkenin (majör oksitler ve Rb, Sr, Zr, Y elementleri) korelasyon katsayıları ve matrisine göre hesaplanmış olan özdeğerler ve özdeğerlere düşen varyans yüzdeleri ve kümülatif varyanslar Çizelge 1'de verilmektedir. Çizelge 1'deki verilerden, ilk 3 faktöre ait toplam varyansın yaklaşık %81'ini temsil ettiği gözlenmektedir. Geriye kalan %19'luk varyans 4. faktöre veya ele alınmayan diğer faktörlere dağılmış durumdadır. Dolayısıyla ilk 3 özdeğere göre faktörlerin değerlendirilmesi toplam varyansın dikkate alınmış olması için yeterli görünmektedir ve teorik olarak %75'lik bir toplam varyansın tüm matrisi

temsil edebileceği de göz önüne alınırsa, 3. faktörün sağladığı toplam varyansın değişkenler arası ilişkileri temsil edebileceği kabul edilebilir. Bir başka deyişle Çelebi Granitoyidi'nin jeokimyasal özelliklerini 3 ana faktör kontrol etmektedir ve bu

faktörler faktör yüklerinin incelenmesiyle ortaya çıkacaktır. Bu faktörlere ait komunalitelerin kullanılmasıyla elde edilen faktör yükleri de Çizelge 1'de verilmektedir.

Çizelge 1. Çelebi Granitoyidi'ne ait korelasyon katsayıları matrisi özdeğerleri ve toplam katsayıları
Table I. Eigenvalues and eigenvectors of covariance matrix of the Çelebi Granitoid

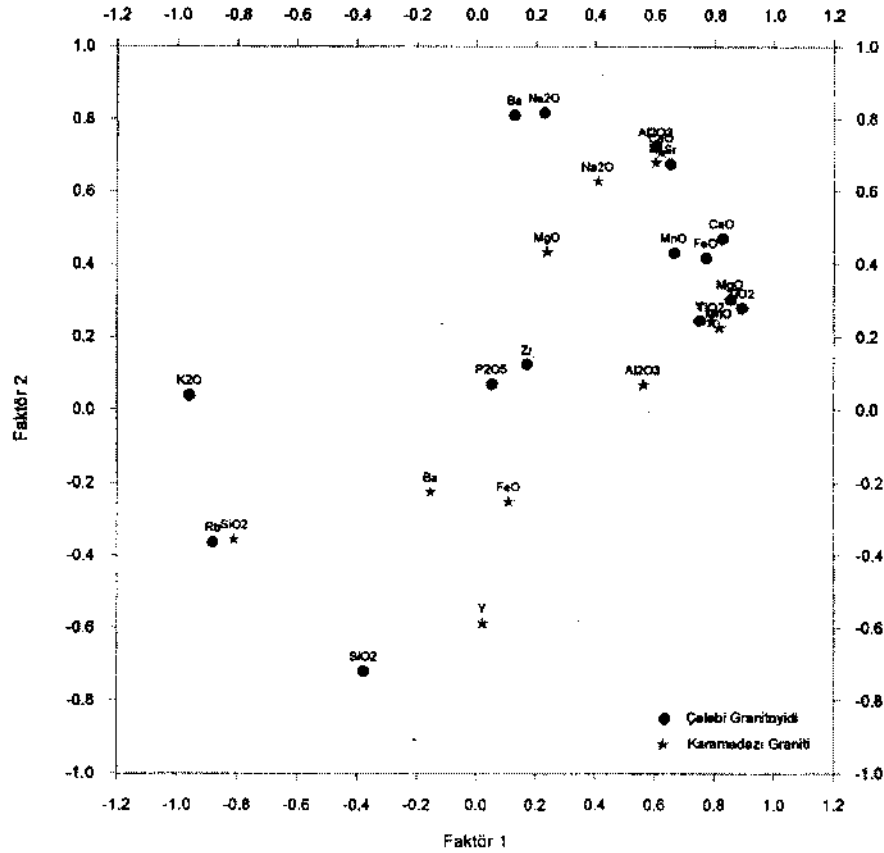
Faktör	Özdeğer	Toplam Varyans (%)	Kümülatif Özdeğer	Küm. Toplam Varyans (%)
1	9,42603	62,84018	9,426026	62,84018
2	1,507330	10,04886	10,93336	72,88904
3	1,239830	8,26553	12,17319	81,15457
4	1,024440	6,82960	13,19763	87,98417

Faktör yükleri (döndürmesiz)				
	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4
SiO ₂	-0,612513	0,156815	0,574877	0,285239
Al ₂ O ₃	0,929081	-0,214632	-0,147529	0,136192
TiO ₂	0,934828	0,234287	0,139922	0,008374
FeO	0,950700	0,017319	0,181375	0,154332
MnO	0,895141	-0,088655	0,241648	0,205161
CaO	0,960949	0,103993	-0,040675	0,101627
MgO	0,841781	0,313233	-0,133883	0,138405
K ₂ O	-0,728772	-0,624063	-0,014703	0,122777
Na ₂ O	0,689170	-0,527121	-0,162551	-0,291862
Ba	0,602404	-0,561964	-0,205896	0,276692
P ₂ O ₅	0,204660	-0,226659	0,423242	-0,720339
Rb	-0,924601	-0,241111	0,052300	0,088056
Sr	0,952113	-0,172938	-0,081108	-0,011287
Zr	0,436070	-0,323426	0,699307	0,201301
Y	0,783727	0,193798	0,103074	-0,291477

Faktör yükleri (varimax döndürmeli)				
	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4
SiO ₂	-0,377443	-0,718818	0,370400	0,123487
Al ₂ O ₃	0,601495	0,723318	0,249904	0,046191
TiO ₂	0,889404	0,280718	0,261615	-0,100791
FeO	0,769682	0,417849	0,439492	-0,026158
MnO	0,662514	0,431369	0,533221	-0,017153
CaO	0,823872	0,470336	0,213305	0,027219
MgO	0,852273	0,305573	0,052198	0,146020
K ₂ O	-0,959665	0,039096	0,084194	0,079254
Na ₂ O	0,227678	0,818530	0,101857	-0,363613
Ba	0,127351	0,811491	0,308507	0,166533
P ₂ O ₅	0,050439	0,070916	0,147789	-0,872850
Rb	-0,880607	-0,363146	-0,063034	0,110430
Sr	0,649527	0,676543	0,228228	-0,106995
Zr	0,170479	0,124247	0,861641	-0,193358
Y	0,748230	0,246328	0,077905	-0,347524

Faktör yükleri değişkenlerin birbirleriyle ilişkilerini ortaya koyması bakımından önemlidir ve her iki faktöre dağılımları değişkenlerin ilişkisini göstermektedir. Ancak rotasyonsuz faktör analiz yönteminde bazı değerler arasındaki ilişki maskelenildiği gibi gözlenememe olasılığı da bulunmaktadır. Bu yüzden varimax rotasyon (döndürme) işlemine tabi tutulmalıdır. Bu nedenle Çizelge 1'deki değişkenler, faktör yüklerinin daha iyi anlaşılmasını sağlayacak yapıya dönüştürülmesi için varimax döndürmesine tabi tutulmuştur. Aynı verilerin varimax döndürmesi ile elde edilen özdeğerler ve faktör yükleri yine Çizelge 1'de verilmektedir. Çizelge 1'e göre birinci faktörün bazı değerleri pozitif bazıları ise negatiftir. Pozitif değerler ile temsil edilen grupta en yüksek değerler TiO_2 , CaO , MgO , FeO(T) ve Y gibi mafik ve immobil bileşenlerde, negatif grupta ise Rb ve K_2O gibi felsik ve mobil değerlerde gözlenmektedir. Bu değerlere göre 1. faktör $(\text{FeO(T)} + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{Y}) / (\text{K}_2\text{O} + \text{Rb})$ oranını temsil etmektedir. Dolayısıyla 1. faktör magmanın primitifliğini ve evrimini temsil

etmektedir. 2. faktörde değerler genellikle pozitif olmasına karşılık yükler çok yüksek değildir ve en yüksek değerler Na_2O , Ba ve Al_2O_3 değişkenlerinde gözlenmektedir. Negatif değerler ise SiO_2 ve Rb 'da belirgindir. Bu açıdan bakıldığında 2. faktörün $(\text{Na}_2\text{O} + \text{Ba} + \text{Al}_2\text{O}_3) / (\text{SiO}_2)$ oranını temsil ettiği ortaya çıkmaktadır. SiO_2 ve Rb gibi elementlerin özellikle magmatik farklılaşma yönünde ya da alterasyon yönünde artış gösteriyor olmaları diğerlerinin ise daha çok hidrotermal alterasyon etkilerini temsil ediyor olmaları, 2. faktörün alterasyon olduğunu gösterebilir. Üçüncü faktör sadece Zr değerine göre belirgin olup, Çelebi Granitoidi'nin bileşimini kontrol eden etmenlerden birisinin immobil element bileşimi ya da tali bileşenler içine örneğin (zirkon) giren elementlerin varlığını göstermektedir. Bir başka deyişle I-tipi özellikler ön plana çıkmaktadır. Bu değerlerin faktör 1 ve 2'ye göre çizilmeleri (Şekil 2) hem bu oranları hem de Çelebi Granitoidi için belirgin ve ayırt edici özellikleri ortaya koymaktadır.



Şekil 2. Faktör yüklerinin birbirlerine göre değişimleri ve ilişkileri
Figure 1. Distribution of factor loadings with respect to factor 1 and 2

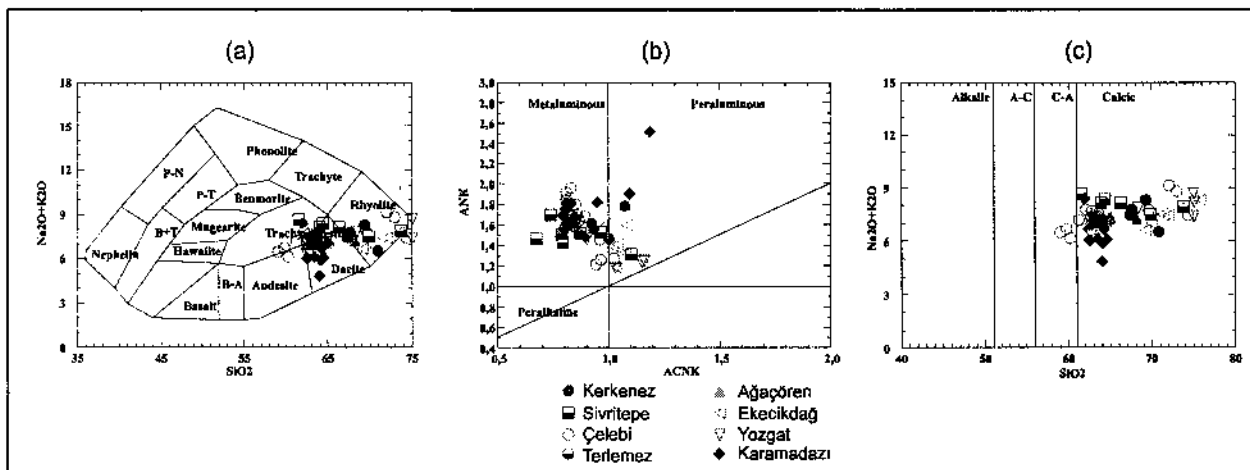
Buna göre, Çelebi Granitoidini Orta Anadolu'daki başka granitoidlerle karşılaştırmak için kullanılması gereken elementler ve bunların birbirlerine göre oranı 1., 2. ve 3. faktördeki gibi olmalıdır. Şekil 2'de Çelebi Granitoidi ve Karamadazı Graniti'ne ilişkin faktör yüklerinin birbirlerine göre değişimleri ve ilişkileri sunulmaktadır.

Çelebi Granitoidi'nin Al₂O₃ ve Sr açısından benzer özellikler sunduğu ve bu iki elementin özellikle alterasyonla birlikte daha belirgin grup oluşturduğu ve birlikte hareket ettiği sonucu Şekil 2'ye göre söylenebilir. MnO, FeO, CaO, MgO, TiO₂ ve Y gibi elementler alterasyondan fazla etkilenmedikleri gibi Çelebi Granitoidi'nin bileşimini kontrol eden en önemli unsurlardır ve Y ile birlikte immobil davranmaktadırlar. P₂O₅ ve Zr'nin birlikte gözlenmesi tali bileşenler özellikle apatit, sfen ya da zirkon gibi I-tipi granitoidlerde fazlaca bulunan unsurları anımsatmakta, dolayısıyla Çelebi Granitoidi'nin bileşiminde etkili olan etmenlerden birisinin de I-tipi özellikler olduğu ortaya çıkmaktadır. Şekil 2'nin belki de en çarpıcı yanı SiO₂'nin davranışdır. SiO₂ diğer tüm değişkenlerden ayrı bir şekilde ve bağımsız olarak gözlenmektedir. Dolayısıyla, Çelebi Granitoidi'nde silika miktarının çok önemli olmadığı ya da farklılaşmanın çok belirgin olmadığı ortaya çıkmaktadır. Öte yandan SiO₂ diğer granitoidler için ayırtman olabilmeye özelliğine sahip olabilir.

Çelebi Granitoidi'nin ana bileşen analizine göre değerlendirilmesi, bileşiminde etkili olan faktörlerin (FeO(T)+CaO+MgO+Y)/(K₂O+Rb) ve (Na₂O+Ba+Al₂O₃)/(SiO₂) oranları olduğu ortaya çıkmıştır. Bundan başka P₂O₅+Zr/Na₂O+Ba oranı da önemli ayırtman unsurları olarak kullanılmalıdır. Dolayısıyla ileriki bölümlerde kullanılacak olan ayırtlama diyagramlarında yukarıdaki unsurlar kullanılacaktır.

Jeokimyasal ayırtlama ve karşılaştırma (Çelebi Granitoidi)

Bu bölümde Çelebi Granitoidi, Orta Anadolu Granitoidleri ailesinden olan ve onunla benzer kimyasal bileşime sahip veya aynı tektonik ortamda oluşmuş "kısır kontrol" granitoidlerle karşılaştırılmıştır. Bu amaçla Kerkenez graniti (Erler ve Göncüoğlu, 1996), Yozgat batoliti (Erler ve Göncüoğlu, 1996), Terlemez kuvarsmonzonit (Yalnız ve diğ., 1999), Ekecikdağ kuvarsmonzoniti (Türel ve diğ., 1993) ve Ağaören intrüzif takımı (Kadıoğlu, 1996) gibi Orta Anadolu'da çarpışma sonrası ürünü olan plütonik kayalar kullanılmıştır. Çelebi Granitoidi ile diğer Orta Anadolu Granitoidleri arasındaki karşılaştırmada öncelikle kayaların bileşim farklılığının olup olmadığının araştırılması için Cox ve diğ. (1979) diyagramından faydalanılmıştır (Şekil 3a).



Şekil 3. Çelebi Granitoidi'nin Orta Anadolu'daki granitoidlerle karşılaştırılması (a) Cox ve diğ. (1979), (b) Peacock (1931), (c) Irvine ve Baragar (1971)

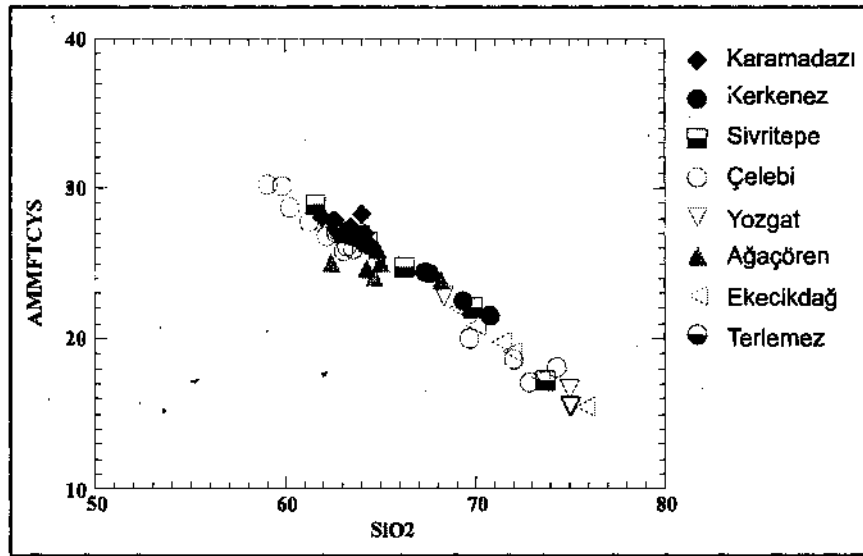
Figure 3. Geochemical comparison of the Çelebi Granitoid with Central Anatolian Granitoids on (a) Cox et al, (1979). (b) Peacock (1931), (c) Irvine and Baragar (1971)

Ağaçören, Sivritepe ve kısmen Karamadazi granitoidleri Çelebi Granitoidi'ne bağlı kayalar gibi monzodiyorit, monzonit bileşiminde iken Kerkenez, Ekecikdağ, Yozgat, Ağaçören'e ait bazı örnekler daha felsik bileşimli kayaları oluşturmaktadır (Şekil 3a). Çelebi ve diğer granitoidlerin Al-doygunlukları arasında fazla fark olmamasına rağmen (Şekil 3b), Çelebi Granitoidi diğerlerine göre metalumin-peralumin çizgisine yakın ve daha yüksek alkali miktarıyla diğerlerinden ayrılmaktadır (Şekil 3b). Özellikle Yozgat Batoliti'nde yer alan Sivritepe ve Kerkenez kütleleri ve Ekecikdağ granitoidleri Çelebi Granitoidi'ne göre farklı dağılımlar sunarlar. TASH diyagramına göre Çelebi Granitoidi, hem daha az silikalı granitoidler olarak, "hem de kalsik-alkali granitoidler olarak farklı özellikler sunar (Kuşçu ve diğ., 2000a). Bu bakımdan Orta Anadolu Granitoidleri, Çelebi Granitoidi'ne göre daha yüksek silika değerleriyle ve kısmen yüksek toplam alkali değerleriyle farklılaşmaktadır (Şekil 3c).

Ana bileşen analizlerinde Çelebi Granitoidi için saptanılan faktör ve faktörlerin ikili diyagramlarda kullanılmasıyla, Çelebi bölgesinde skarnlaşmaya sebep olan, ancak Orta Anadolu bölgesinde skarnlaşma ile ilgileri olmayan granitoidlerin karşılaştırmasını yapmak mümkündür. Eğer Orta Anadolu'daki diğer kısır granitoidler de, Çelebi

Granitoidi'ne benzer jeokimyasal özellikler taşıyorlarsa, Çelebi Graniti için saptanılan faktörlere göre çizilen ikili ayırtlama diyagramlarına Çelebi Granitoidi'nin düştüğü alanlara düşecek ya da ona çok yakın bölgelerde bulunacaktır. Eğer farklı özellikler taşıyorlarsa diyagramlarda farklı alanlara düşecek böylece Çelebi Granitoidi'ni diğerlerinden ayıran jeokimyasal parametrelerin sağlaması yapılmış olacaktır. Bu diyagramlarda X ve Y eksenlerinde kullanılan faktörler ana bileşen analizinde tespit edilen faktör 1, faktör 2 veya faktör 3 kullanılacaktır. Ana bileşen analizinde tüm değişkenlerden bağımsız davranan SiO₂'ye karşı faktör 1'in çizilmesi sonucunda (AMMFTCYS:Al₂O₃ + MnO + MgO + FeO + TiO₂ + CaO + Y + Sr) Çelebi Granitoidinin faktör 1'e göre Orta Anadolu Granitoidleri'nden farklı alanlara düştüğü gözlenmektedir (Şekil 4).

Bu şekile göre Orta Anadolu Granitoidleri'nin magmatik farklılaşma gösterdikleri ve üretken plütonların kısır olanlara göre daha az farklılaşmaya uğradıkları gözlenmektedir. Bir başka deyişle, demir skarnı üreten plütonlar daha mafik bileşeni i veya primitif karakterli plütonlar olarak göze çarpmaktadır.



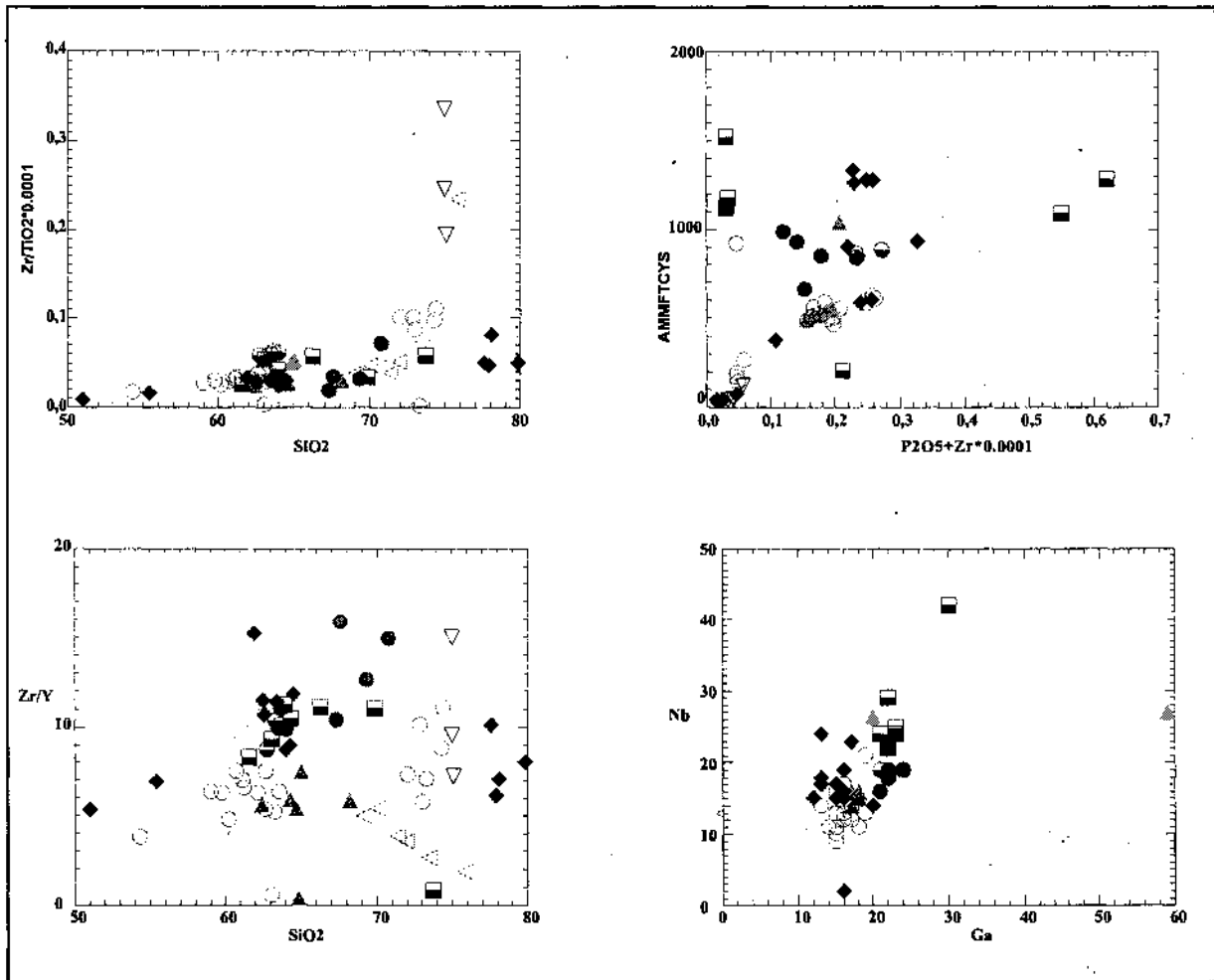
Şekil 4. Çelebi Granitoidi için 1. faktör ve bağımsız değişken SiO₂ ilişkisi
Figure 4. Plot of factor 1 against independent variant SiO₂ for the Çelebi Granitoid

Yine aynı şekle göre Çelebi Granitoyidi'nin iki farklı kayaç topluluğu ile temsil edildiği ve bunlardan yüksek silikalı grubun kısır granitoyidlerle birlikte davrandığı gözlenmektedir.

Dolayısıyla skarnlaşmada etkili olan kayaçların Çelebi bölgesinde göreceli olarak daha düşük silikalı gruptan olmaları gerektiği ortaya çıkmaktadır. Yine ana bileşen analizinde faktör 3'te gözlenen Zr etkisinin bağımsız değişken SiO₂'ye karşı çizilmesi, granitoyidlerin karşılaştırılmasında ve sınıflanmasında kullanılmıştır (Şekil 5a). Bu şekle göre Çelebi Granitoyidine ait bazı örnekler daha düşük silikalı ve düşük mafik bileşimli grupta yer alırken, diğerleri ve Çelebi Granitoyidine ait bazı örnekler göreceli olarak yüksek silika ve mafik bileşimli gruplarda yer almaktadır. Ayrıca bu şekil

Çelebi Granitoyidi'nin kısır granitoyidlere göre daha az diferensiyasyona uğradığını da göstermektedir. 3. ve 4. faktörün, 1. faktör üzerindeki etkilerini araştırmak üzere AMMFTCYS (mafik bileşenler) P₂O₅ ve Zr'a karşı çizilmiştir (Şekil 5b).

Granitoyidlerin tali bileşenler açısından karşılaştırılmasını da sağlayan bu diyagrama göre Çelebi Granitoyidi apatit ve zirkon açısından kısır granitoyidlere göre daha zengin bileşimdedir (Şekil 5b). Ayrıca apatit ve zirkon gibi tali bileşenlerin daha çok I-tipi granitoyidlerde daha fazla bulunduğu göz önüne alınırsa Çelebi Granitoyidi'nin kısır granitoyidlere göre daha fazla I-tipi karakterinde olduğu sonucuna varılır. Bağımsız değişken SiO₂'nin 1. faktör Y ve 3. faktör Zr'a karşı çizil-



Şekil 5. Çelebi Granitoyidi'nde değişik faktörlerin birbirine göre etkisi

Figure 5. Relation of various factors for the Çelebi Granitoid

mesi granitoidlerin farklılaşma derecelerini karşılaştırma olanakları sağlamaktadır (Şekil 5c). Zr/Y oranının SiO₂'ye karşı değişimi Çelebi Granitoidi'nin kısır granitoidlere göre daha az farklılaşmaya uğradığını ve diğerlerinden Zr/Y oranına göre farklılık sunduğunu göstermektedir. Granitoidlerin Nb gibi hareketsiz ve Ga gibi hareketli iz element değerlerine göre farklı bileşimlerde olması karşılaştırma ve sınıflama için uygun zemin hazırlamaktadır, Şekil 5d 'de bu karşılaştırma görülmektedir. Çelebi Granitoidi düşük Nb ve Ga değerleriyle kısır granitoidlerden belirgin bir şekilde ayrılmaktadır.

KARAMADAZI GRANİTİ'NİN JEOKİMYASAL KARAKTERİZASYONU

Çelebi Granitoidi'nde olduğu gibi Karamadazi Graniti'nin jeokimyasal verilerinin çoklu değişken analiz yöntemlerinden ana bileşen ve faktör analiz yöntemleri ile değerlendirilmesi, Karamadazi Graniti'ne özgü faktör ya da faktörlerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Karamadazi Graniti'ne ait majör oksitler ve Rb, Sr, Zr, Y gibi elementlerin korelasyon katsayıları ve matrisine göre hesaplanmış olan özdeğer ve varyans yüzdeleri Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 2. Karamadazi Graniti'ne ait korelasyon katsayıları matrisi özdeğerleri ve toplam katsayıları
Table 2. Eigenvalues and eigenvectors of covariance matrix of the Karamadazi Granite

Faktör	Özdeğer	Toplam Varyans (%)	Kümülatif Özdeğer	Küm. Toplam Varyans (%)
1	7,013136	46,75424	7,01314	46,75424
2	2,655803	17,70536	9,66894	64,45959
3	1,776918	11,84612	11,44586	76,30571
4	1,072753	7,15169	12,51861	83,45740

Faktör yükleri (döndürmesiz)				
	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4
SiO ₂	-0,867480	-0,342262	0,246437	0,081071
Al ₂ O ₃	0,592175	0,082167	-0,620130	-0,203667
TiO ₂	0,678103	0,648273	0,011644	-0,018475
FeO	-0,101696	0,729922	-0,011298	-0,551370
MnO	0,757037	0,399606	-0,263721	0,025459
CaO	0,860268	0,075047	0,320838	0,287387
MgO	0,355669	0,525845	0,598121	-0,212599
K ₂ O	-0,724412	0,213272	-0,399693	0,273163
Na ₂ O	0,812735	-0,356092	-0,119985	0,054275
Ba	-0,439391	0,348687	0,457193	0,250622
P ₂ O ₅	-0,756872	0,455781	-0,123405	0,014736
Rb	-0,791411	0,295610	-0,379660	0,264830
Sr	0,822546	0,009748	0,302206	0,373134
Zr	0,659654	0,386498	-0,387888	0,419942
Y	-0,557517	0,631322	0,157134	0,25613

Faktör yükleri (varimax döndürmeli)				
	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4
SiO ₂	-0,808925	-0,355315	0,312767	-0,241943
Al ₂ O ₃	0,560215	0,068213	-0,675537	0,092840
TiO ₂	0,788467	0,242941	0,070904	0,441396
FeO	0,109993	-0,251107	0,010374	0,878638
MnO	0,814955	0,226336	-0,220871	0,197034
CaO	0,619990	0,707752	0,189902	-0,099280
MgO	0,237427	0,434136	0,433880	0,610624
K ₂ O	-0,127374	-0,864095	0,121878	-0,137832
Na ₂ O	0,407912	0,627443	-0,401052	-0,289417
Ba	-0,153714	-0,225163	0,704837	0,123946
P ₂ O ₅	-0,209136	-0,777937	0,282815	0,259093
Rb	-0,133981	-0,934997	0,173067	-0,076616
Sr	0,600149	0,679267	0,205309	-0,208569
Zr	0,942001	0,018543	-0,088897	-0,125384
Y	0,021792	-0,587786	0,626218	0,248138

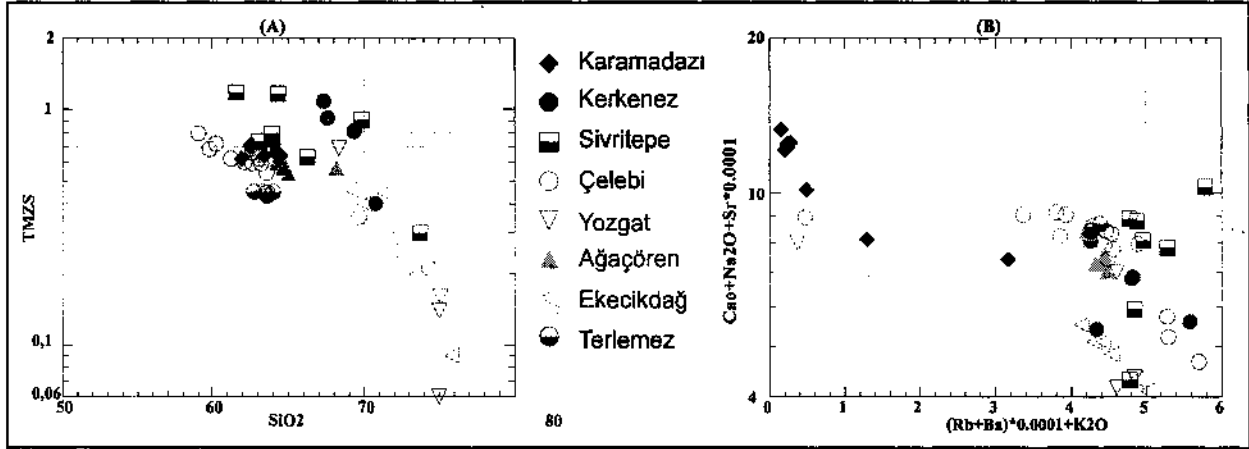
Çizelge T'ye göre ilk 3 faktörün toplam varyansın %76'lık kısmını temsil ettiği gözlenmektedir. Dolayısıyla Karamadazı Graniti'nin jeokimyasal özelliklerinin bu üç faktör tarafından kontrol edilmektedir. Bu faktörlerin kullanılmasıyla elde edilen faktör yükleri, değişkenlerin birbirleriyle ilişkilerini göstermektedir. Her faktör için faktör yükleri değerlendirildiğinde değişkenler arasında gruplaşmaların azlığı, analizden yeniden rotasyonla yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle Çizelge 2'deki değişkenler faktör yüklerinin anlamlarının daha iyi anlaşılması için varimax döndürmesine tabi tutulmuştur. Varimax döndürmesiyle elde edilen yeni değerlerde Çizelge 2'de verilmektedir. 1. faktör için en yüksek pozitif değerler TiO_2 , MnO ve Zr'da gözlenirken, en yüksek negatif değer sadece ise SiO_2 'de gözlenmektedir. Bu da 1. faktörün $TiO_2 + MnO + Zr / SiO_2$ oranını temsil etmekte, dolayısıyla 1. faktör yüklerinin SiO_2 'ye göre değişimini gösterdiği için farklılaşma derecesine karşılık gelmektedir. 2. faktör için en yüksek pozitif değerler CaO, Na₂O ve Sr'da gözlenirken, negatif değerler ise K₂O, Rb ve Ba'da gözlenmektedir. Bu nedenle 2. faktör $CaO + Na_2O + Sr/Rb + Ba + K_2O$ oranını temsil etmelidir. 3. faktör $P_2O_5 + Y / Al_2O_3$ oranını temsil etmektedir. Bu faktörler, Karamadazı Graniti'ni Orta Anadolu'daki diğer granitoidlerle karşılaştırmasında kullanılacak ayırtıcı faktörler olarak yorumlanmaktadır. Faktörlerin birbirlerine göre ikili diyagramlarda gösterilmesi ise faktör yüklerinin birbirlerine göre değişimlerini ve ilişkilerini göstermektedir (Şekil 2).

Jeokimyasal ayırtılma ve karşılaştırma (Karamadazı Graniti)

Karamadazı Graniti'nin Orta Anadolu'da yer alan ve bilinen skarn cevherleşmesiyle köken ilişkisi olmayan granitoidlerle olan benzer ve farklı yanların tespiti için hem Karamadazı hem de Orta Anadolu Granitoidleri'nden (OAG) olan Ağaören intrüzif takımı (Kadıoğlu, 1996), Ekecikdağ kuvarsmonzoniti (Türel ve diğ., 1993), Kerkenez Graniti (Erlar ve Göncüoğlu, 1996), Sivritepe Gra-

niti (Yozgat Batoliti; Erlar ve Göncüoğlu, 1996) ve Terlemez kuvarsmonzoniti (Yalın ve diğ., 1999) gibi çarpışma sonrası olarak sınıflanan plütonik kayalara ait jeokimyasal veriler karşılaştırılmıştır.

Karamadazı Graniti kuvars diyorit (granodiyorit), diyorit olarak sınıflandırılıp OAG'den düşük toplam alkali ve silika içerikleriyle ayrılmaktadır (Şekil 3a). Bileşimsel olarak Terlemez ve Ağaören granitoidleriyle benzerlikler sunar. Al-doygunluğu açısından perlitli alanda da gözlenmesi dolayısıyla bazı farklar sunar (Şekil 3b). Çok genel olarak Sivritepe, Kerkenez ve Terlemez granitoidleriyle bileşimsel açıdan benzerlikleri bulunur. Tektonik özellikleri açısından daha düşük Rb içermeleri dolayısıyla VAG izleri taşırlar. İz elementler açısından değerlendirildiği zaman Karamadazı Graniti'nin diğer granitoidlerle olan benzer ve farklı yanları ortaya çıkmaktadır. Örneğin Karamadazı Graniti ele alınan Orta Anadolu Granitoidleri arasında en düşük ortalama Rb (23ppm), Ba (218) ve Th (12) değerleri ve en yüksek ortalama Sc (13ppm) ve V (82), ve ortalama Zr (174 ppm), Y (18) ve Ni (10) değerleriyle kıtasal kabuktan en az malzeme almış granitoidler olarak göze çarpmaktadır. Aynı değerlerin dünyada bilinen Fe-skarn granitoidleriyle karşılaştırılması ilginç bazı sonuçlara işaret etmektedir. Bu açıdan değerlendirildiği zaman Karamadazı Graniti'nin Rb, Sr ve Th element değerlerinin Fe-skarn granitoid ortalamlarından yüksek seyrettiği, Ni, Cr, Sc, V gibi elementlerinin ise daha düşük seyrettiği gözlenmektedir. Bu nedenle Karamadazı Graniti'nin dünyadaki Fe-skarn granitoidlerine göre kıtasal kabuktan daha fazla malzeme aldığı öne sürülmektedir (Kuşçu ve diğ., 2000b). Faktör analizinde Karamadazı Graniti için saptanılan faktörlerin ikili diyagramlarda kullanılması OAG'lerle olan benzer ve farklı yanların ortaya konmasını sağlamaktadır. Karamadazı Graniti'nin jeokimyasal özelliğini kontrol eden en önemli faktör kayaların silikaya karşı davranışı olan farklılaşma derecesidir. Bu nedenle faktör 1'e karşı (TMZS) : $TiO_2 + MnO + Zr / SiO_2$ çizilmiştir (Şekil 6a).



Şekil 6. Karamadazi Graniti için faktörlerin birbirlerine göre ilişkileri

Figure 6. Relation of various factors for the Karamadazi Granite

Bu şekile göre Karamadazi Graniti'nin Terlemez ve Ağaçoören granitoidleriyle benzer özellikler sunduğu, ve diğerlerinden belirgin bir şekilde ayrıldığı gözlenmektedir. Sivritepe, Terlemez ve Karamadazi yakın ortalama SiO_2 değerleri içerirken, Sivritepe bu gruptan yüksek TMZS oranı ile ayrılırken, Kerkenez ve Ekecik yüksek SiO_2 değerleriyle ve dolayısıyla daha yüksek farklılaşma dereceleriyle hepsinden ayrı özellikler sunmaktadır (Şekil 6a). Granitoidler Faktör 2'ye göre karşılaştırıldığı zaman (Şekil 6b) CaO, Sr ve Na₂O toplamı açısından Sivritepe, Terlemez ve Kerkenez granitoidlerinin benzer olduğu fakat K₂O miktarları açısından farklılıklar sunduğu gözlenmektedir (Şekil 6b). Özellikle Sivritepe, Terlemez ve Kerkenez yüksek K₂O içerikleriyle diğerlerinden ayrı bir alana düşerken Karamadazi en düşük K₂O içerikleriyle belirgin bir grup oluşturmaktadır. K₂O'nun kıtasal kabuk izine işaret ettiği göz önüne alınırsa, bu farklılıkların yine magmatik farklılaşmadan kaynaklandığı kabul edilmelidir. Dolayısıyla Feskar ilişkili Karamadazi Graniti kısır olarak kabul edilen OAG'lerine göre daha az farklılaşmış ya da kıtasal kabuktan daha az malzeme almış bir magmatik kayaç olarak kabul edilmelidir.

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Çelebi Granitoidi'nin jeokimyasal özelliklerini kontrol eden birinci faktör $(FeO(T) + CaO + MgO + Y) / (K_2O + Rb)$ oranını ile temsil edilmiş mag-

manın primitifliğidir. İkinci faktör ise $(Na_2O + Ba + Al_2O_3) / (SiO_2)$ oranını temsil etmektedir. SiO_2 ve Rb gibi elementlerin özellikle magmatik farklılaşma yönünde ya da alterasyon yönünde artış gösteriyor olmaları diğerlerinin ise daha çok hidrotermal alterasyon etkilerini temsil ediyor olmaları ikinci faktörün alterasyon olduğunu göstermektedir. Üçüncü faktör sadece Zr değerine göre belirgin olup Çelebi Granitoidi'nin bileşimini kontrol eden etmenlerden birisinin immobil element bileşimi ya da tali bileşenler içine örneğin (zirkon) giren elemanların varlığını göstermektedir. Bir başka deyişle I-tipi özellikler ön plan çıkmaktadır. Dolayısıyla bu özelliği Orta Anadolu Granitoidlerinden ayırmak için oluşturulan ve yukarıdaki faktörlerin kullanıldığı diyagramlar göstermiştir ki diğer granitoidler daha felsik bileşimli kayaçları oluşturmada sadece Terlemez granitoidi benzer bileşimde bulunmaktadır. Özellikle Yozgat Batoliti'nde yer alan Sivritepe ve Kerkenez kütleleri, ve Ekecikdağ granitoidleri Çelebi Granitoidi'ne göre farklı dağılımlar sunarlar. Elde edilen faktörlerle oluşturulan diyagramlarda Orta Anadolu Granitoidleri Çelebi Granitoidi'ne göre daha yüksek silika değerleriyle ve kısmen yüksek toplam alkali değerleriyle farklılaşmaktadır. Orta Anadolu Granitoidleri'nin magmatik farklılaşma gösterdikleri ve üretken plütonların kısır olanlara göre daha az farklılaşmaya uğradıkları öne sürülmektedir. Bir başka deyişle demir skarnı üreten Çelebi Granitoidi daha mafik bileşimli veya pri-

mitif karakterli bir magmatik kütle olarak göze çarpmaktadır. Çelebi Granitoidi'nin iki farklı kayaç topluluğu ile temsil edildiği ve bunlardan yüksek silikalı grubun kısır granitoidlerle birlikte davrandığı gözlenmiştir. Dolayısıyla demir skarnlarının oluşmasında ve skarnlaşmada etkili olan kayaçların Çelebi bölgesinde göreceli olarak daha düşük silikalı gruptan olmaları gerektiği ortaya çıkmaktadır. Öte yandan daha yüksek silikalı grubun bölgede yer alan şelit cevherleşmeleri ile ilgili oldukları öne sürülmektedir (Kuşçu ve diğ., 2000a) Çelebi Granitoidi apatit ve zirkon açısından kısır granitoidlere göre daha zengin bileşimde olması Çelebi Granitoidi'nin kısır granitoidlere göre daha fazla I-tipi karakterinde olduğunu göstermektedir.

Karamadazi Graniti için belirgin olan 1. faktör $TiO_2+MnO+Zr/SiO_2$ oranını temsil etmekte, ve yüklerin SiO_2 'ye göre değişimini gösterdiği için farklılaşma derecesine karşılık gelmektedir. 2. faktör $2 CaO+Na_2O+Sr/Rb+Ba+K_2O$ oranını temsil etmelidir. 3. faktör P_2O_5+Y/Al_2O_3 oranı temsil etmektedir. Tektonik özellikleri açısından daha düşük Rb içermeleri VAG izlerinin varlığını belirlemektedir. Karamadazi Graniti ele alınan OAG'leri arasında en düşük ortalama Rb, Ba ve Th değerleri ve en yüksek ortalama Sc ve V, ve ortalama Zr, Y ve Ni değerleriyle diğerlerine kıyasla kıtasal kabuktan en az malzeme almış granitoidler olarak göze çarpar. Öte yandan, yukarıdaki değerler ortalama Fe, Cu-skarn granitoidleriyle karşılaştırıldığında Karamadazi Graniti'nin Rb, Sr ve Th elementlerince Fe-skarn granitoid ortalamalarından yüksek seyrettiği, Ni, Cr, Sc, V gibi elementlerce ise daha düşük seyrettiği ve bu nedenle dünyadaki tipik Fe-skarn granitoidlerinden kıtasal kabuktan daha fazla malzeme alan bir granitoid olması ile ayrılması gerektiği öne sürülmektedir.

Faktör analizlerinden elde edilen faktörlere göre, Karamadazi Graniti'nin Terlemez ve Ağaçören granitoidleriyle benzer özellikler sunduğu, ve diğerlerinden belirgin bir şekilde ayrıldığı gözlenmektedir. Sivritepe, Terlemez ve Karamadazi yakın ortalama SiO_2 değerleri içerirken, Sivritepe bu gruptan yüksek TMZS oranı ile ayrılmakta, Kerke-

nez ve Ekecik yüksek SiO_2 değerleriyle ve dolayısıyla daha yüksek farklılaşma dereceleriyle hepsinden ayrı özellikler sunmaktadır. Yine Karamadazi en düşük K_2O içerikleriyle belirgin bir grup oluşturmaktadır. K_2O 'nun kıtasal kabuk izine işaret ettiği göz önüne alınırsa, bu farklılıkların yine magmatik farklılaşmadan kaynaklandığı kabul edilmektedir. Dolayısıyla, Fe-skarn ilişkili Karamadazi Graniti kısır olarak kabul edilen OAG'lerine göre daha az farklılaşmış ya da kıtasal kabuktan daha az malzeme almış bir magmatik kayaç olarak kabul edilmektedir.

Çelebi Granitoidi ve Karamadazi Graniti'ne ilişkin yapılan bu faktör analizi çalışmalarına ek olarak, jeokimyasal verilerin Saraç (1998)'de önerilen şekilde modellenmesi ve jeostatistiksel koşullu simülasyon tekniklerinin uygulanması (Saraç and Dowd, 1994), bu çalışmada önerilen görüşlere daha açıklık getirebilecektir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Başkanlığı tarafından YDABÇAG 198Y098 kodu ile projelendirilmiş bir çalışmadır. Yazarlar, TÜBİTAK'a sağladığı her türlü teknik ve finansal destekten ötürü teşekkür eder.

EXTENDED SUMMARY

Successful exploration for ore deposits requires the ability to identify mineralized (fertile, productive) rock units in a sequence of unmineralized (non-productive, barren) rock units, normally using a combination of geological, geochemical, geophysical, and geostatistical methods. These studies also suggest the possibility of discriminating the productive and non-productive plutonic rocks based on the assumption that the granitic magma is the source of the ore elements and hydrothermal fluids. Recent studies along these lines have presented well-defined connections between major metal types and various magmatic rocks ranging from diorite to granite. The study of the relationships between productive and non-productive plutonic rocks in CACC offers an important test case for

understanding the genetic connection between causative plutons and their associated ore deposits. In order to discriminate the productive and non-productive granitoids in this region, two Fe-skarn deposits (Çelebi and Karamadazi), and a series of non-productive granitoids such as the Kerkenez Granite (Erler and Göncüoğlu, 1996), Yozgat Batholith (Erler and Göncüoğlu, 1996), Terlemez quartz monzonite (Yalınz et al., 1999), Ekecikdağ quartz monzonite Ağaçören Intrusive Suite (Kadioğlu, 1996) were studied.

The Çelebi and Karamadazi granitoids are within the Fe-W metallogenic belt and Fe-W provinces (Kuşçu and Erler, 1996; 1997; 1998) of the Central Anatolian Crystalline Complex (CACC) (Göncüoğlu et al., 1991). Previous studies have shown that the granitoids formed by the melting two different sources; continental crust and mantle materials, and that a mixing/mingling process is suggested for the formation of the granitoid magmas in both areas (Kuşçu et al., 2000b).

Evaluation of the geochemical data from the Çelebi and Karamadazi granitoids using multivariate analysis methods, such as principal component (factor analysis) suggests that a primitive magma composition characterized by the $(\text{FeO(T)}+\text{CaO}+\text{MgO}+\text{Y})/(\text{K}_2\text{O}+\text{Rb})$ ratio is the most important controlling parameter for the Çelebi granitoid. The second factor is the $(\text{Na}_2\text{O}+\text{Ba}+\text{Al}_2\text{O}_3)/(\text{SiO}_2)$ ratio. As both SiO_2 and Rb increase during magmatic differentiation, this second parameter can be used to distinguish between differentiation and alteration effects for the Çelebi Granitoid. The third parameter is the immobile element composition or elements accommodated in accessory phases such as zircon. In other words, I-type characteristics become significant. Based on the binary diagrams involving these parameters it is proposed that non-productive CAG are more felsic than the Çelebi Granitoid, except for the Terlemez granitoid which has a similar composition. The Sivritepe and Kerkenez plutons of the Yozgat Batholith and Ekecikdağ granitoid are significantly different from the Çelebi Granitoid. Based on the above factors non-productive

CAG vary from the Çelebi granitoid in having higher silica content and partially higher total alkalis. This study suggest that non-productive CAG are more differentiated while productive plutons appear to be less differentiated. In other words, the Fe-skarn producing Çelebi pluton has a more mafic or primitive character. It is also concluded that Çelebi granitoid can be subdivided into two rock units as lower and higher silica granitoid, and the latter displays geochemical characteristics similar to non-productive granitoids in Central Anatolia. Therefore, the low silica group is thought to be responsible for Fe-skarn formation and skarnization processes in the Çelebi district. On the other hand, the high silica group is related to scheelite mineralization in the district (Kuşçu et al., 2000a). Higher apatite and zircon contents of the Çelebi Granitoid reflect its more I-type characteristics compared to non-productive granitoids.

The ratio $\text{TiO}_2+\text{MnO}+\text{Zr}/\text{SiO}_2$ represents factor 1 for the Karamadazi granitoid and is an indication of magmatic differentiation. Factor 2 is the effect of degree of crustal interaction and is represented by the $\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{Sr}/\text{Rb}+\text{Ba}+\text{K}_2\text{O}$ ratio. Factor 3 is $\text{P}_2\text{O}_5+\text{Y}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ratio. Lower Rb contents are interpreted as a VAG signature in terms of tectonic setting. The Karamadazi granitoid displays lowest mean Rb, Ba, Th and highest mean Sc and V, mean Zr, Y and Ni values among the CAG. On the other hand, the Karamadazi granitoid exhibits higher Rb, Sr, Th and lower Ni, Cr, Sc, V values compared to mean Fe, Cu-skarn granitoids. Thus, it differs from world Fe-skarn granitoids by its higher degree of crustal interaction.

The Karamadazi Granite is generally similar to the Terlemez and Ağaçören granitoids based on the factor analysis. Although the Sivritepe, Terlemez and Karamadazi granitoids all have comparable mean SiO_2 values, Sivritepe is distinguishable by its higher TMZ/S ratio and Terlemez by its lower TMZ/S ratio. This means that Sivritepe is more differentiated compared to the Terlemez and Karamadazi granitoids. The Karamadazi granitoid also forms a distinct group with low K_2O contents within the CAG. As K_2O suggests the involvement

of continental crust, this diversity can be related to degree of contamination and differentiation. Hence, the Karamadazi granitoid is either formed from a less differentiated magma or has less contribution from the continental crust in comparison to the non-productive CAG.

DEĞİNİLEN KAYNAKLAR

- Bayhan, H., 1984. Kesikköprü skarn kuşağının (Bala/Ankara) mineralojisi ve kökeni. *Yer-bilimleri*, 11,45-53.
- Bayhan, H., 1986. İç Anadolu granitoid kuşağın-daki çeşitliliğinin jeokimyası ve kökenel yorumu. *Jeoloji Mühendisliği*, 29, 27-36.
- Cox, K.G., Bell, J.D., ve Pankhurst, R.J., 1979. The interpretation of igneous rocks. George Allen and Unwin, London, 450 p.
- Erlor, A., ve Göncüoğlu, M.C., 1996. Geologic and tectonic setting of the Yozgat Batholith, northern Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey. *International Geology Review*, 38, 714-726.
- Göncüoğlu, M.C., Toprak, V., Kuşçu, İ., Erlor, A., ve Olgun, E., 1991. Orta Anadolu Masifi'nin batı bölümünün jeolojisi, Bölüm 1: Güney Kesim. TPAO Rapor, No. 2909, 140s.
- Irvine, I.C., ve Baragar, W.R.A., 1971. A guide to chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. J. Earth Sci.*, 8, 523-548:
- Kadioğlu, Y.K., 1996. Genesis of Ağaören Intrusive Suite and its enclaves (central Anatolia): Constraints from geological, petrographic, geophysical, and geochemical data, (Doktora Tezi), Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- Keith, J.D., Van Midellaar, W.T. ve Hodgson, C.J., 1989. Granitoid textures, compositions and volatile fugacities associated with the formation of tungsten-dominated skarn deposits, Ore deposition associated with magmas, ed: J.M. Robertson, *Reviews Econ. Geol.*, 4, 255-250.
- Kuşçu, İ., 1997. Mineralogical and geochemical comparison of skarns in the Akdağmadeni, Akçakışla and Keskin districts, Central Anatolia, Turkey, (Doktora Tezi), Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- Kuşçu, İ., ve Erlor, A., 1999. Orta Anadoludaki bazı skarnların sınıflandırılmasında piroksen bileşimlerinin kullanılması: Akçakışla ve Akdağmadeni yöresi skarnları. 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı, 183-189.
- Kuşçu, İ., Gençalioğlu-Kuşçu, G. ve Meinert, L.D., 2000a. The Geochemical characteristics of the Çelebi Granitoid, Kırıkkale-Turkey and comparison with world skarn granitoids, International Earth Science colloquium on the Egean region, İzmir-Turkey, s.150.
- Kuşçu, İ., Gençalioğlu-Kuşçu, G. Göncüoğlu, M.C., ve Meinert, L.D., 2000b. Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'nda yer alan granitoidler ve skarn yataklarının kökenel birlikleliklerinin magmatik petrojenez ile ilişkilendirilmesi, YDABÇAG 198Y098 Kod'lu TÜBİTAK Projesi, 102 sayfa.
- Meinert, L.D., 1983. Variability of skarn deposits-Guides to exploration, ed: Boardman, S.J., Kendall-Hunt Publishing Co., 301-316.
- Meinert, L.D., 1993. Igneous petrogenesis and skarn deposits, ed: Kirkham, R.V., Sinclair, W.D., Thorpe, R.I., ve Duke, J.M., Geological Association of Canada Special Paper, 40, 569-583.
- Meinert, L.D., 1995. Compositional variation of igneous rocks associated with skarn deposits - Chemical evidence for a genetic connection between petrogenesis and mineralization, ed: Thompson, J.F.H., Mineralogical Associa-

- tion of Canada Short Course Series, 23, 401-418.
- Newberry, R.J., 1987. Use of intrusive and calc-silicate compositional data to distinguish contrasting skarn types in the Darwin polymetallic skarn district, California, U.S.A. *Mineralium Deposita*, 22, 207-215.
- Ray, G.E., Webster, I.C.L. ve Etlinger, A.D., 1995. The distribution of skarns in British Columbia and chemistry and ages of their related plutonic rocks. *Economic Geology*, 90, 920-937.
- Saraç, C, 1998. Geology and ore reserve estimation at Sivrihisar sepiolite mine (Eskişehir, Turkey). *Transactions of the Institution of Mining & Metallurgy, Section A-Mining Industry, England, volume 107, A6-A12.*
- Saraç, C. ve Dowd, P.A., 1994. Conditional simulation by ring decomposition of the covariance matrix: *Sciences de la Terre, Serie Informatique Geologique, France, number 32, 1-14.*
- Shimazaki, H., 1980. Characteristics of skarn deposits and related acid magmatism in Japan. *Economic Geology*, 75, 173-183.
- Türeli, T.K, Göncüoğlu, M.C., ve Akıman, O., 1993. Ekecikdağ Granitoyidi'nin petrolojisi ve kökeni (Orta Anadolu Kristalen Kütlesi batısı), *MTA Dergisi*, 115, 15-28.
- Yalınz, M.K., Aydın, N.S., Göncüoğlu, M.C., ve Parlak, O., 1999. Terlemez quartz monzonite of Central Anatolia (Aksaray-Sarıkaraman): age, petrogenesis and geotectonic implications for ophiolite emplacement. *Geological Journal*, 34, 233-242.
- Zharikov, V.A., 1970. Skarns. *International Geology Review*, 12, 541-559, 619-647, 760-775.