

Sarıcakaya (Eskişehir) Granitoidindeki Pegmatitlerin Kökeni ve Seramik Hammadde Potansiyelleri

Nature and Ceramic Raw Material Potentials of Pegmatites within the Sarıcakaya (Eskişehir) Granitoid

¹Bahattin GÜLLÜ , ²Hacer BİLGİLİOĞLU 

^{1,2}Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Aksaray, Türkiye

¹bgullu@aksaray.edu.tr, ²hcanbas@aksaray.edu.tr

Araştırma Makalesi/Research Article

ARTICLE INFO

Article history

Received : 20 August 2023

Accepted : 25 September 2023

Keywords:

Sarıcakaya Granitoid,
Pegmatite, Pegmatitic-
pneumatolytic Phase,
Confocal Raman
Spectroscopy

ABSTRACT

The pegmatites within Sarıcakaya (Eskişehir) Granitoid are mainly composed of plagioclase, orthoclase, quartz, biotite, ±garnet, ±muscovite, ±epidote minerals. According to Confocal Raman Spectroscopy studies, plagioclase minerals are albite-oligoclase, and garnets are mostly in spessartine composition. Pegmatites, which have the potential to be usable as ceramic raw materials, are in sharp contact with the host rock and show sericitization and argillization. The A/NK (mol%) ratio of pegmatites ranges from 0.96-1.79 (avr. 1.32), A/CNK (mol%) ratios range between 0.82-1.55 (avr. 1.07), reflecting the metalumin to peralumin character. Zircon and apatite saturation temperatures which were calculated according to whole rock geochemical analysis show that the average temperature of the magma forming the pegmatites varies in the range of 678.7-766.7°C. The pegmatites, in which the effects of crustal contamination are observed in the spider diagrams normalized according to ORG and PM, are thought to be the crystallized magmatic units of the magma forming the Sarıcakaya granitoid in the pegmatitic-pneumatolytic phase.

© 2023 Bandırma Onyedi Eylül University, Faculty of Engineering and Natural Science. Published by Dergi Park. All rights reserved.

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihleri

Gönderim : 20 Ağustos 2023

Kabul : 25 Eylül 2023

Anahtar Kelimeler:

Sarıcakaya Granitoid,
Pegmatit, Pegmatitik-
pnömatolitik Evre, Konfokal
Raman Spektroskopisi

ÖZET

Sarıcakaya (Eskişehir) Granitoidindeki pegmatitler başlıca plajiyoklaz, ortoklaz, kuvars, biyotit, ±granat, ±muskovit, ±epidot minerallerinden oluşmaktadır. Konfokal raman spektroskopisi çalışmalarında plajiyoklaz minerallerinin albit-oligoklaz, granatların ise çoğunlukla spesartin bileşimli oldukları belirlenmiştir. Seramik hammadde olarak kullanılabilme potansiyeline sahip pegmatitler ana kaya ile keskin dokanaklı olup, serizitleşme ve killeşme gösterirler. Pegmatitlerin A/NK (mol%) oranı 0.96-1.79 (ortalama 1.32), A/CNK (mol%) oranları 0.82-1.55 (ortalama:1.07) arasında değişmekte olup metalümin-peralümin karakteri yansıtmaktadır. Tüm kaya jeokimyasal analiz sonuçlarına göre hesaplanan zirkon ve apatit doygunluk sıcaklıkları pegmatitleri oluşturan magmanın ortalama sıcaklığının 678.7-766.7°C aralığında değiştiğini göstermektedir. ORG'ye ve PM'ye göre normalize edilen örümcek diyagramında kabuksal kirlenmenin etkilerinin gözlemlendiği pegmatitlerin, Sarıcakaya Granitoidini oluşturan magmanın pegmatitik-pnömatolitik evredeki kristallenmiş magmatik birimleri olduğu değerlendirilmiştir.

© 2023 Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi. Dergi Park tarafından yayınlanmaktadır. Tüm Hakları Saklıdır.

1. GİRİŞ

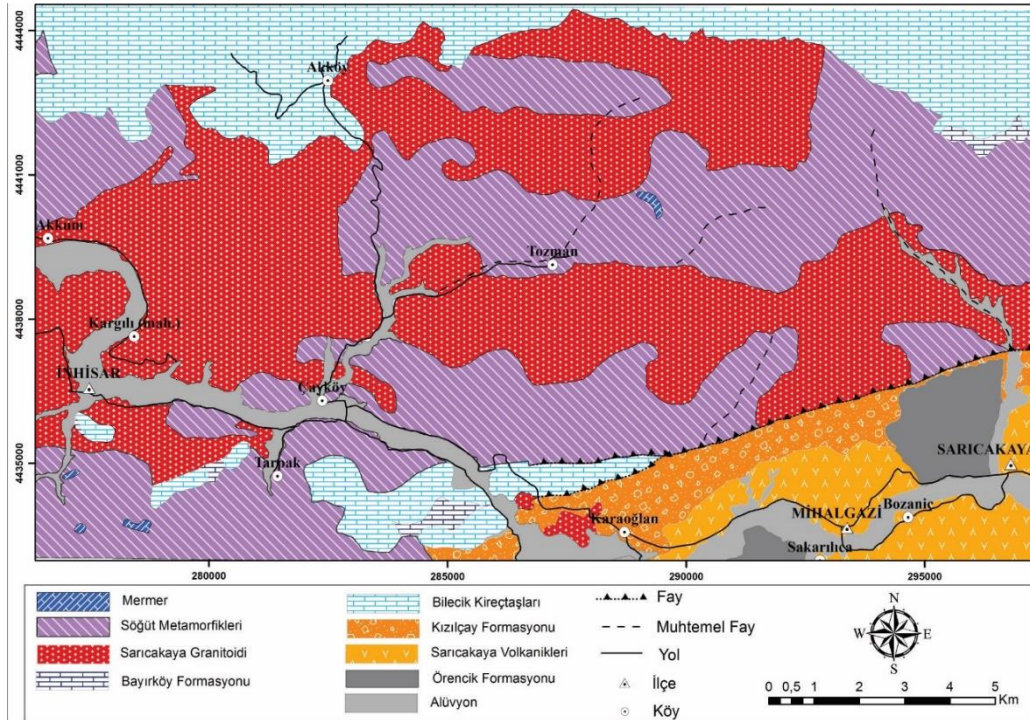
Pegmatitik kayalar genel olarak feldispat, kuvars veya mika kristalleri içeren çok iri taneli kristalin kayalardır. Bu özellikleri ile içerisinde buldukları ana kayadan kolaylıkla ayırt edilebilirler. Bu da onların gerek bilimsel olarak oluşumlarının araştırılmasını, gerekse ekonomik olarak kullanımlarını ön plana çıkarabilmektedir. Bu felsik kayalar içermiş oldukları bazı stratejik metaller [1] ve bazı nadir elementlerden (Nb, Ta, Be veya Li gibi) kaynaklanan olağanüstü mineralleri ile hem mineralogların hem de gemologların dikkatlerini çekmiştir [2]. Pegmatit kavramı ve mineralojik bileşimleri [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17], jeokimyasal özellikleri-kökenleri [18, 19, 20, 21, 22], türleri-sınıflandırmaları [23, 24, 25, 2] ve seramik hammaddesi olarak kullanılabilirliklerini [26, 27, 28, 29, 1, 30] ortaya koyan çok sayıda bilimsel çalışma mevcuttur. Ülkemizde granitik kayalar ile ilişkili pegmatitlerin feldispat hammaddesi olarak ele alındığı ve bunların zenginleştirilmesi proseslerinin tartışıldığı birçok çalışma [31, 32, 33, 34, 35, 36] olsa da, özellikle granitik-pegmatitlerin petrokimyasal özellikleri ve içerisinde bulunduğu kaya ile kökensel ilişkilerini irdeleyen çalışmalar [37, 38, 39] oldukça sınırlıdır.

Bu makale başlıca iki amaca yönelik olarak hazırlanmıştır: Birincisi, Kuzeybatı Anadolu'da Karbonifer yaşlı [40] Sarıcakaya Granitoidi içerisindeki pegmatitlerin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin ortaya çıkarılmasıdır. İkinci amacı ise, çalışma alanındaki ileri derece ayrılmış pegmatit damarlarının seramik hammaddesi olabilme potansiyelini değerlendirmektir.

2. GENEL JEOLojİ

Türkiye'nin önemli tektonik birliklerinden olan Pontidler ve Anadolidlerin istif özelliklerinin en iyi gözlemlendiği önemli lokasyonlardan biri de Kuzeybatı Anadolu bölgesidir. Bölgenin Pontidlerdeki bölümünde Sakarya zonu, Anadolidler kısmında ise Tavşanlı ve Afyon tektonik zonları ile temsil edilen üç büyük metamorfik masif yer almaktadır [41, 42]. Masif içerisindeki kayalar farklı metamorfizma sürecinde gelişmiş (yeşilşist, hornfels ve amfibolit fasiyesi) fillit, şist, gnays, amfibolit ve mermerlerle temsil edilirler. [43, 44].

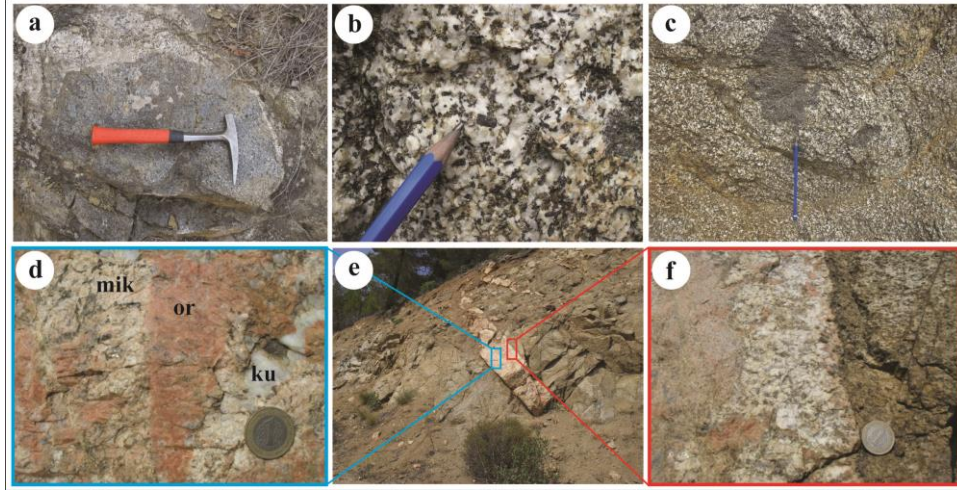
Bölgedeki en yaşlı birimi Paleozoyik yaşlı Söğüt metamorfikleri [45] oluşturur. Söğüt metamorfikleri Karbonifer yaşlı Sarıcakaya Granitoidi tarafından kesilmektedir. Metamorfik birimlerin üzerinde ise Jura yaşlı kumtaşı, konglomera, kireçtaşı ve şeyllerin hakim litolojii oluşturduğu Bayırköy Formasyonu ve Bilecik Kireçtaşları gelmektedir. Bilecik Kireçtaşları, Dağköplü Melanjı olarak adlandırılan ve Neo-Tetis'in kuzey kolunu temsil eden İzmir-Ankara-Erzincan suture zonu kayaları (ofiyolitik melanj, peridotit, serpantin), kumtaşı, metamorfik ve volkanik kaya topluluklarından oluşan Geç Kretase yaşlı birim tarafından örtülmektedir. Paleosen sonlarında doğru ise konglomera, çamurtaşı ardalanmasının oluşturduğu karasal Kızılçay Formasyonu çökelmiştir. Çalışma alanının en genç birimlerini ise Pliyosen - Kuvaterner yaşlı güncel çökeller ve alüvyonlar oluşturmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı jeoloji haritası ([40]'dan değiştirilerek alınmıştır).

Gabro'dan granodiyorite kadar değişen farklı kaya gruplarını bünyesinde barındıran Sarıcakaya Granitoidinde kuzeyden güneye doğru gidildikçe kayalardaki açık-koyu renkli mineral oranı ve büyüklükleri oldukça dikkat

çekicidir. Sarıcakaya Granitoyidi gabro, diyoritik-gabro, diyorit ve granodiyorit aralığında değişen kaya topluluklarından oluşmaktadır (Şekil 2a-b). Holokristalin tanesal dokulu Sarıcakaya Granitoidinin granodiyorit bileşimli kayalarında boyutları 50 cm'ye varan magmatik anklavlar gözlenmektedir (Şekil 2c). Arenalaşmanın yoğun olarak gözleendiği kısımlarda pegmatit, apilit ve kuvars damarları ile çeşitli doğrultularda kesilmektedir (Şekil 2e). Pegmatit damarları pembe, beyaz renkli olup, kalınlıkları 30-100 cm aralığında GB ve KB'ya eğimlidirler. İri K-feldispat ve kuvars (0.5-5 cm) mineralleriyle (Şekil 2d) karakterize olan pegmatitler ana kaya ile keskin dokanaklı (Şekil 2f) olarak gözlenirler. Sarıcakaya Granitoyidi içerisindeki granit - alkali feldispat granit bileşimine sahip kayalarda yer yer serizitleşme ve killeşme türü alterasyonlar göze çarpmaktadır. Porfirik dokunun gözleendiği pegmatitlerde ana mineralleri, kuvars, plajiyoklaz (Michel Levy yöntemine göre çoğunlukla albit kısmen oligoklaz) K-feldispat (ortoklaz, mikroklin), mika mineralleri (muskovit, biyotit) oluşturmaktadır. Ayrıca kayada tali ve ikincil bileşenler olarak granat, epidot ve opak mineraller de görülmüştür. Bölgede sınırlı alanlarda gözlenen apilitler beyaz renklidir. Minaralojik olarak daha çok felsik mineral (plajiyoklaz, mikroklin, ortoklaz, kuvars gibi) içeren apilitlerde çok az oranda biyotit gibi mafik mineral varlığı da gözlenmiştir.



Şekil 2. Sarıcakaya granitoidindeki (a) gabro, (b) granodiyorit, (c) anklavların arazi görünümü ve içerisindeki (e) pegmatitlerin (d) mineral bileşimleri ile (f) ana kayayla olan dokanak ilişkisinin arazi görünümü (ort: ortoklaz, mik: mikroklin, alb: albit, ku: kuvars).

3. MATERYAL VE METOD

Çalışma alanından derlenen örneklerden petrografik analiz amaçlı ince kesitler hazırlanmıştır. Petrografik analizler, Aksaray Üniversitesi (ASÜ) Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Prof. Dr. Halil BAŞ Mineraloji-Petrografi araştırma laboratuvarında Leica marka polarizan mikroskopla yapılmış ve kayalardan mikrofoto çekimleri gerçekleştirilmiştir. Optik özelliklerine göre tanımlaması yapılan kaya içerisindeki minerallerin türlerinin belirlenebilmesi amacı ile Konfokal Raman Spektroskopisi (KRS) analizleri gerçekleştirilmiştir. KRS çalışmaları Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde Thermo marka DXR model Raman cihazı ile yapılmıştır. Raman spektroskopisinin temeli, güçlü bir lazer kaynağından herhangi bir örnek üzerine düşürülen ışının saçılan bölümünün ölçülmesi esasına dayanır. Örnek üzerine düşürülen lazer ışınının bir kısmı örnek tarafından absorblanırken bir kısmı da saçılacaktır [46]. Bu saçılma, ışıkla etkileşen molekülün titreşim enerji düzeyleri arasındaki enerji farkı kadar olup, örnek ile etkileşen veya saçılan ışının arasındaki dalga boyu farkı da Raman Kayması (Shift) olarak adlandırılır [47].

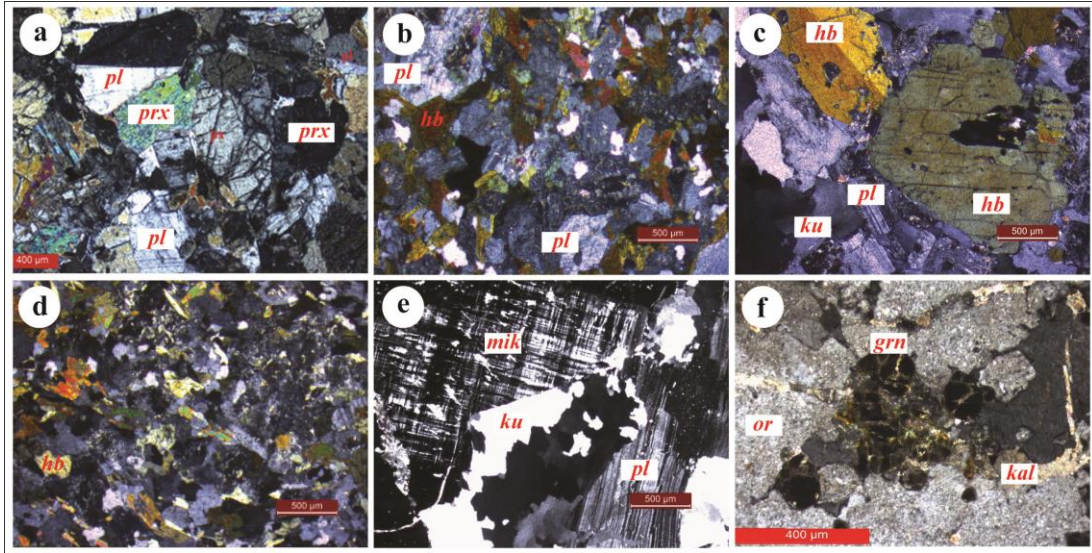
Mineralojik ve petrografik çalışmalar esnasında seçilen, alterasyonlardan en az etkilenmiş pegmatit örnekleri üzerinde Jeokimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler ASÜ Araştırma Merkezi Jeokimyasal Analiz Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Jeokimyasal analizler için örnekler öncelikle Retsch marka çeneli kırıcıdan geçirilerek tungsten karbür bilyeli öğütücüde 200 mesh boyutunda öğütülmüştür. Öğütülen örneklerden 6 g ve bağlayıcı olarak kullanılan Wachs'tan 1 g alınıp homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Toplam 7 g'lık karışım 47 mm Die ataçmanı ile preslenerek pellet haline getirilmiştir. Elde edilen pelletlerin jeokimyasal analizi dalgaboyu dağılımlı X-Ray Floresans (WD-XRF) cihazında gerçekleştirilmiştir. Örneklere ait ateşte zayıf değerleri (Loss on Ignition) örneklerin fırında 12 saat 950 °C'deki kütle kaybı esas alınarak hesaplanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Mineraloji-Petrografi

Genel mineralojik bileşenlerini piroksen, plajiyoklaz ve \pm amfibol minerallerinin oluşturduğu Sarıcakaya Granitoidindeki gabro bileşimli kayalar eş kristalli tanesal doku özelliği göstermektedir (Şekil 3a). Gabroların bileşiminde piroksen minerallerinin azalmasıyla kaya bünyesine biyotit ile az miktarda kuvars ve feldispatın katılmasıyla kayalar diyoritik bileşim kazanmışlardır. Bölgede geniş alanlarda yayılım gösteren diyoritlerde tali

bileşen olarak titanitlerin yanısıra ikincil serizit, biyotit ve epidot mineralleri gözlenmektedir (Şekil 3b). Magmatik kütlede en geniş yayılımını sunan granodiyoritlerin genel mineralojik bileşimini ise plajiyoklaz, ortoklaz, kuvars, amfibol, biyotit, zirkon, apatit mineralleri oluşturmaktadır (Şekil 3c). Genel olarak holokristalen, hipidiyomorf taneseli doku özelliği gösteren granitoidlerde poiklitik ortoklaz, süngerimsi hücremsi plajiyoklaz ve lata biçimli plajiyoklaz oluşumları ile temsil edilen magma karışım dokuları da gözlenmektedir. Granodiyoritler içerisinde rengi ve dokusal özelliğiyle ana kayadan kolaylıkla ayrılan mafik magmatik anklavlar gözlenmektedir. Koyu renkli olarak gözlenen anklavlar, daha ince taneli olup, ana kayadan keskin dokanakla ayrılırlar. Polarizan mikroskop altında mafik magmatik anklavlar holokristalin hipidiyomorf taneseli/porfirik, doku özelliği göstermektedir (Şekil 3d). Anklavların kristal boyutları anakaya oranla daha ince tanelidir. Mikrodiyorit/mikrodiyoritporfir bileşim sergileyen anklavlarda ana bileşeni plajiyoklaz, amfibol, biyotit ve az miktarda ortoklaz mineralleri oluşturur. Modal mineralojik analiz sonuçlarına göre (baskın olarak) alkali feldispat granit ve (daha az) granit bileşim sergileyen pegmatitler ise K-feldispat (ortoklaz, mikroklin, albit) ve kuvars ana bileşenine eşlik eden granat, opak mineral ve apatit tali bileşenlerinden oluşurlar. Orta-iri kristalli pegmatitler holokristalin hipidiyomorf taneseli/porfirik dokuludurlar (Şekil 3e-f). Kayada baskın minerali feldispatlar oluşturmaktadır. Polarizan mikroskopta ortoklaz mineralleri pertitik doku özelliği ile karakterize olurken mikroklinlerde ise kafes ikizi karakteristiktir (Şekil 3e). Kayada kuvars minerali ile k-feldispat ve/veya plajiyoklaz mineralleri arasında gelişen implikasyon dokuları gözlenmektedir. Grafik ve mirmekitik doku olarak tanımlanan bu dokular sulu bir sıvı fazın varlığı ile bir silikat eriyiğinden kuvars ve feldispatların eş zamanlı kristalleşmesine işaret edebilmektedir. Yerleşimi esnasında ana kaya ile sıcaklık farkından dolayı ana kaya ile keskin dokanak özelliği sergileyen pegmatitlerde yer yer serizitleşme, killeşme ve karbonatlaşma türü alterasyonlar göze çarpmaktadır.



Şekil 3. Sarıcakaya Granitoidini oluşturan (a) gabro, (b) diyorit, (c) granodiyorit bileşimli anakayaların polarizan mikroskop altında görünüşleri; (d) magmatikler içindeki anklavların fotomikrografı; mikroklin minerallerinde gözlenen kafes yapısı, (e) pegmatitlerde gözlenen grafik doku, (d) pegmatitlerin polarizan mikroskop altında genel doku özellikleri (e) pegmatitlerde gözlenen karbonatlaşma-serizitleşme türü alterasyonlar ve pegmatitlerde gözlenen granat minerallerinin mikrofotografı (prx: piroksen, pl: plajiyoklaz, hb: hornblend, mik: mikroklin, ku: kuvars, or: ortoklaz, grn: granat).

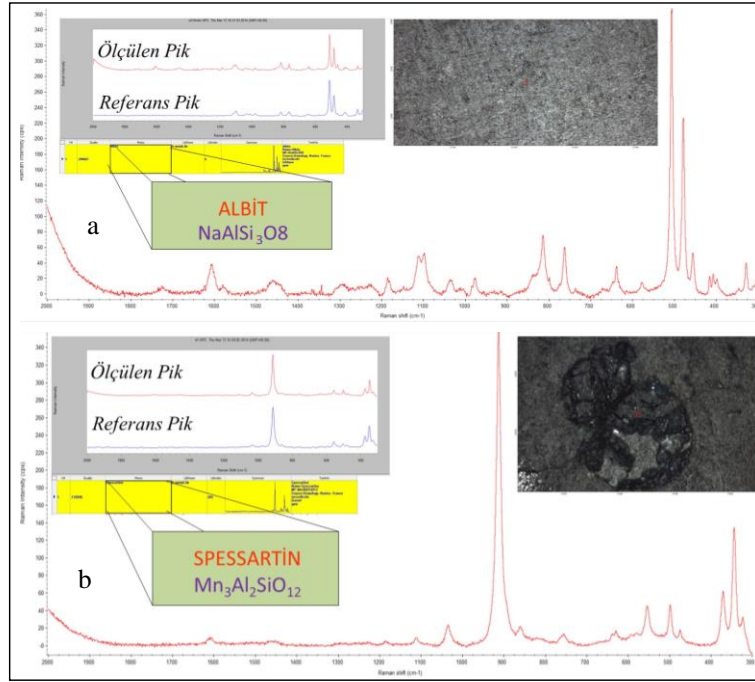
4.2. Konfokal Raman Spektroskopi Çalışmaları

Minerallerin sahip oldukları karakteristik Raman Kayma (shift) değerleri onların parmak izleri gibidir ve minerallerin ayırt edilmesinde etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Minerallere ait Raman spektrumları Spectral ID programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Pegmatitlerde gözlenen plajiyoklazların albit bileşimli olduğu belirlenmiştir (Şekil 4a). Ayrıca granatlar da baskın olarak 919.87 cm^{-1} , 550.97 cm^{-1} , 495.07 cm^{-1} , 369.29 cm^{-1} , 342.62 cm^{-1} , 213.03 cm^{-1} , 162.21 cm^{-1} ve 140.62 cm^{-1} aralığında gözlenen raman pikleri granatların spesartin türünde olduğunu göstermektedir (Şekil 4b).

4.3. Jeokimya

Çalışma alanında, Sarıcakaya Granitoidini oluşturan kaya gruplarından, içerdikleri anklavlardan ve pegmatit örneklerinden tüm kaya jeokimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir (Tablo 1). Toplam alkali-silika diyagramında Sarıcakaya granitoidinin ana kütlelerine ait kayalar gabrodan granodiyorite kadar değişen kompozisyonlar sunmaktadır. Magmatik kütledeki pegmatitler ise granit alanında yer alırken, ana kaya içerisinde mafik mikrogranüler anklavlar da mikro-diyorit/diyoritporfir bileşimindedir. Jeokimyasal adlama diyagramındaki adlamalar petrografik tanımlamaları desteklemektedir (Şekil 5a). Bölgedeki kayaları oluşturan magmaların

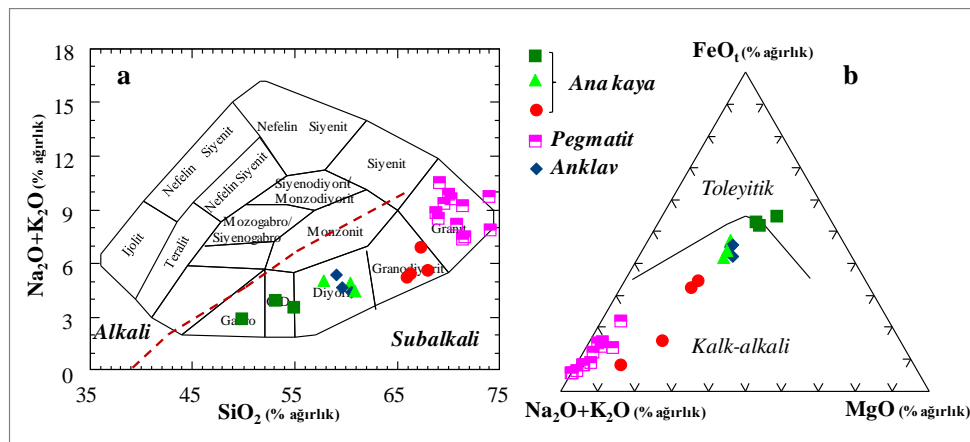
karakterini ortaya koymak amacı ile çizilen toplam alkaliye karşı silika diyagramında kayalar sub-alkalen karakter sunarken AFM diyagramında ise toleyitikten kalkalkaliye geçişlidirler (Şekil 5b).



Şekil 4. Pegmatitlerdeki (a) plajiyoklaz ve (b) granat minerallerine ait raman spektrumları ve karşılaştırılması.

Alüminyum doygunluk indekslerine bakıldığında bölgedeki kayaların tamamının metalümin karakterli oldukları görülmektedir. Ancak pegmatitlere doğru kısmen peralümin karakterin etkili olduğu söylenebilir (Şekil 6a). K_2O - Na_2O diyagramında bölgedeki kaya gruplarından granodiyoritler hafif Na serisi yönelim sergilese de baskın K serisini karakterize ettikleri açıkça görülmektedir. Kaya gruplarındaki bu K yönelimi K_2O - SiO_2 diyagramında orta ve yüksek K'lu kalkalkalen dağılım ile temsil edilmektedir (Şekil 6c).

Ana oksit elementlerinin SiO_2 'ye göre değişim diyagramlarında K_2O ve Na_2O değerlerinde düzenli bir artış gözlenirken (Şekil 7f,i), Fe_2O_3 , MgO , CaO , TiO_2 ve MnO değerlerinde ise düzenli bir azalma gözlenmektedir (Şekil 7a,b,d,e,g). Diyagrama aktarılan örneklerin boşluksuz ve lineer yönelimleri bölgedeki kayaların oluşumlarında karışım süreçlerinin yanında fraksiyonel kristallenmenin de etkili olduğunu yansıtmaktadır. P_2O_5 'deki değişim ise fraksiyonel kristallenme sürecinde artık magmada P_2O_5 'in zenginleşerek, orta-geç evreye doğru tali minerallerin bünyelerine girerek ortamdan uzaklaştığını yansıtmaktadır (Şekil 7h). Fraksiyonel kristallenme sürecinde Al_2O_3 değerinde ise belirgin bir artış veya azalış saptanmamıştır. Magmaların kristallenme süreci hakkında önemli bilgiler sunan değişim diyagramlarına topluca bakıldığında pegmatitlerin Sarıcakaya magmatiklerinin geç evre fraksiyonlanmış ürünleri olabileceği dikkati çekmektedir.



Şekil 5. a) Sarıcakaya Granitoyidi ve pegmatitlerinin toplam alkali-silika adlama diyagramında [48] (alkali-subalkali ayırım çizgisi [49]'e göre) ve b) AFM diyagramında [49] dağılımları.

4.4. Pegmatitlerin kökeni ve muhtemel yerleşim sıcaklığı

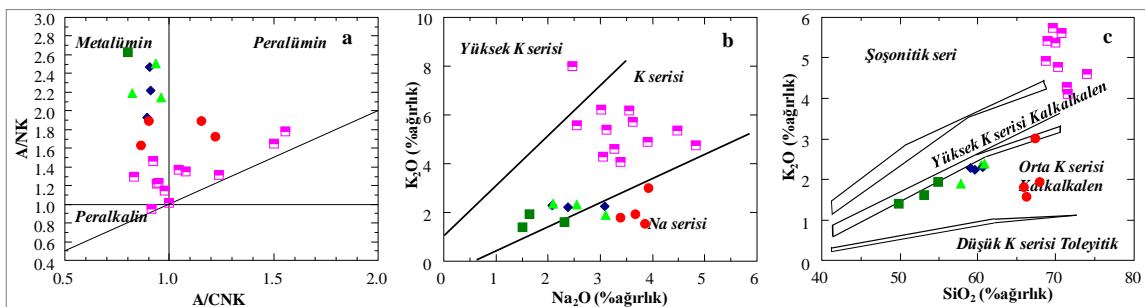
Sarıcakaya granitoyidi örnekleri iz element verilerinin okyanus ortası sırtı granitlerine (ORG) ait verilerle karşılaştırılarak hazırlanan değişim diyagramlar Şekil 8a-b'de verilmiştir. Benzer dağılım desenlerine sahip anakaya ve

Tablo 1. Sarıcakaya granitoidine ait kayaların ana element oksit, iz element ve pegmatitlere ait nadir toprak element analiz sonuçları.

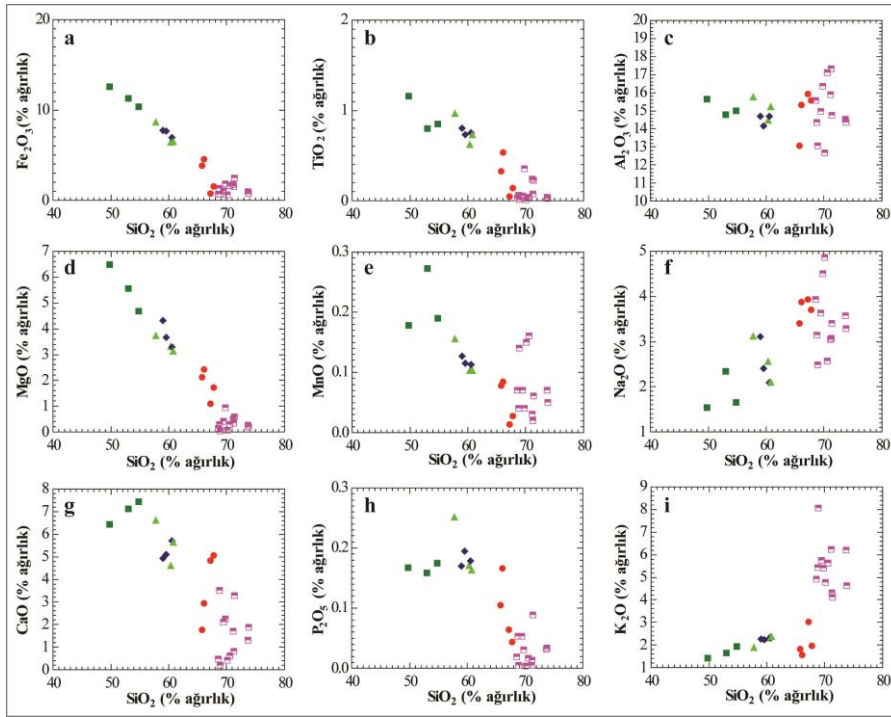
Element	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI	Toplam	Cl	Sc	Cr	Co	Ni	Cu	
Örnek	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
PEGMATİT	TOZ-1	68.60	0.03	15.56	0.63	0.07	0.14	0.47	3.93	4.92	0.02	2.24	96.60	20.0	-	-	10.1	3.8	1.2
	132	68.82	0.06	14.33	1.33	0.04	0.29	3.51	3.13	5.41	0.05	3.43	100.40	29.2	7.8	11.1	3.3	4.7	4.9
	P-1	68.99	0.01	13.05	0.68	0.14	0.02	0.19	2.48	8.04	0.00	2.98	96.59	20.0	-	-	10.1	3.3	1.2
	416	69.45	0.05	14.95	1.02	0.07	0.40	2.09	3.63	5.73	0.05	2.01	99.45	151.4	9.0	16.2	6.3	5.3	8.9
	413	69.85	0.35	16.34	1.83	0.04	0.94	2.24	4.50	5.38	0.03	1.12	102.62	45.3	9.6	16.6	12.1	6.8	21.4
	SK-10	70.14	0.01	12.67	0.60	0.15	0.05	0.42	4.85	4.77	0.00	2.84	96.50	22.0	-	-	9.5	1.9	1.3
	231	70.61	0.04	17.09	1.61	0.16	0.27	0.62	2.56	5.61	0.02	1.04	99.63	41.4	6.8	12.9	5.8	5.0	0.8
	412	71.22	0.24	15.89	1.73	0.03	0.47	1.69	3.03	6.22	0.00	1.60	102.12	79.3	10.6	19.0	7.6	7.1	0.2
	40	71.25	0.07	17.32	1.52	0.02	0.34	0.82	3.06	4.29	0.01	1.14	99.84	35.7	7.1	22.9	9.4	4.0	nd
	38	71.44	0.22	14.72	2.46	0.06	0.57	3.28	3.40	4.10	0.09	0.90	101.24	108.2	8.8	8.7	16.6	3.5	4.6
72	73.73	0.04	14.53	0.96	0.07	0.25	1.30	3.57	6.19	0.03	0.49	101.16	68.7	8.8	12.6	12.3	4.4	4.1	
44	73.87	0.02	14.35	0.75	0.05	0.19	1.87	3.28	4.61	0.03	0.64	99.66	34.5	9.1	5.4	5.5	3.3	24.8	
ANAKAYA	SK-11	65.79	0.32	13.06	3.82	0.08	2.11	1.76	3.40	1.81	0.10	2.35	94.60	2.0	-	-	29.3	3.3	3.3
	SK-8	66.16	0.53	15.32	4.56	0.08	2.40	2.92	3.87	1.56	0.17	1.87	99.45	98.6	-	-	21.0	3.0	1.3
	SK-6	67.83	0.14	15.56	1.51	0.03	1.72	5.04	3.69	1.95	0.04	1.93	99.43	2.0	-	-	13.5	2.2	1.2
	SK-14	60.38	0.63	14.48	6.49	0.10	3.31	4.62	2.56	2.34	0.17	3.95	99.02	164.6	-	-	25.0	5.9	3.5
	SK-15	57.75	0.97	15.77	8.65	0.16	3.75	6.63	3.12	1.90	0.25	1.05	100.00	234.5	-	-	39.1	2.0	57.6
	SK-3	60.77	0.73	15.22	6.53	0.10	3.14	5.66	2.11	2.38	0.16	2.62	99.42	142.9	-	-	36.0	3.9	6.6
	SK-7	67.23	0.05	15.91	0.75	0.01	1.09	4.82	3.93	3.01	0.06	2.31	99.18	127.0	-	-	13.0	3.7	1.1
	SK-4	49.81	1.15	15.63	12.56	0.18	6.46	6.43	1.53	1.39	0.17	3.20	98.51	43.9	-	-	59.8	5.7	60.0
	SK-9	53.12	0.80	14.76	11.28	0.27	5.53	7.11	2.33	1.63	0.16	2.10	99.09	330.0	-	-	33.0	12.0	209.8
	A-1	54.90	0.85	15.00	10.29	0.19	4.67	7.43	1.65	1.93	0.17	1.87	98.96	294.7	-	-	37.7	7.5	32.8
Ank	SK-12	59.02	0.80	14.70	7.75	0.13	4.31	4.92	3.11	2.28	0.17	1.98	99.16	79.4	-	-	32.1	8.4	152.6
	SK-16	59.60	0.73	14.16	7.69	0.12	3.67	5.11	2.40	2.23	0.19	2.54	98.45	459.5	-	-	28.3	5.7	5.9
	SK-2	60.50	0.75	14.70	6.96	0.11	3.28	5.70	2.09	2.31	0.18	2.13	98.71	143.3	-	-	27.0	7.9	7.6

Element	Pb	Zn	Ga	Ge	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Sb	Ba	Be	Cs	Ta	Hf	W	Th	U	
Örnek	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
PEGMATİT	TOZ-1	48.7	8.0	13.8	3.5	143.4	66.2	4.0	11.0	5.5	0.8	144.2	1.0	7.5	3.1	4.7	219.6	2.0	5.7
	132	85.2	23.8	13.2	0.8	101.5	76.3	36.4	91.4	4.6	0.7	294.0	2.0	0.4	2.1	4.8	50.8	6.5	1.6
	P-1	27.1	2.2	16.8	1.3	165.5	18.7	29.1	19.8	2.9	0.8	86.4	3.0	3.5	2.2	4.7	177.7	3.5	6.4
	416	108.7	14.5	19.5	1.4	114.9	103.8	38.4	53.6	10.6	0.8	318.8	-	-	-	8.0	-	5.5	3.0
	413	31.9	57.5	19.7	0.9	144.9	203.3	18.9	62.8	12.8	0.6	570.7	-	-	-	5.5	-	5.8	4.1
	SK-10	17.1	2.0	18.4	1.5	97.0	17.1	37.2	48.7	5.1	0.8	51.1	2.0	3.6	3.5	3.5	213.5	5.7	6.4
	231	36.8	9.9	19.5	0.9	134.3	101.9	13.1	18.7	7.5	0.2	113.6	-	-	-	7.7	-	2.4	3.1
	412	36.9	67.5	20.3	1.2	231.7	126.8	11.6	59.4	12.7	nd	385.0	-	-	-	7.2	-	6.1	7.6
	40	22.8	16.2	22.4	0.6	116.2	97.8	8.4	23.0	9.3	nd	76.3	-	-	-	6.6	-	7.3	2.8
	38	7.3	50.2	20.1	0.5	133.8	116.5	24.1	68.1	10.4	0.8	619.5	-	-	-	3.7	-	7.0	3.9
72	35.8	13.1	18.6	0.6	80.6	120.3	44.1	58.5	10.1	0.7	168.7	-	-	-	5.3	-	5.9	0.7	
44	16.2	11.7	17.0	0.7	94.7	134.7	32.7	44.3	10.1	0.3	993.7	-	-	-	6.8	-	6.6	1.6	
ANAKAYA	SK-11	17.2	40.8	14.3	1.2	94.2	208.1	9.3	60.5	7.4	0.9	1005.0	-	5.1	3.6	2.9	115.7	0.9	2.8
	SK-8	8.2	55.9	19.5	1.4	62.7	214.2	9.4	88.6	7.8	0.9	451.7	-	3.7	2.9	3.2	153.5	0.8	17.2
	SK-6	14.1	15.3	18.1	1.4	49.1	261.1	9.1	47.9	7.1	0.8	514.5	-	3.9	2.7	2.4	186.4	0.8	1.0
	SK-14	8.5	58.3	19.6	2.4	82.0	253.4	21.6	115.0	8.4	1.0	631.1	-	4.0	3.7	5.1	121.9	0.8	1.6
	SK-15	7.7	81.2	20.7	1.6	71.1	262.0	25.5	110.4	11.9	1.0	581.3	-	3.9	7.6	6.4	145.7	1.3	12.5
	SK-3	10.5	53.6	17.6	2.1	73.0	241.6	20.9	103.6	11.9	1.0	666.9	-	3.3	6.3	6.0	109.2	1.1	1.4
	SK-7	16.5	8.4	18.5	1.3	73.1	275.3	8.8	46.5	6.9	0.9	1073.0	-	4.9	2.5	2.4	146.2	0.8	0.7
	SK-4	28.8	103.9	23.8	0.7	100.1	188.8	49.3	100.0	11.5	0.8	394.2	-	3.9	8.1	7.1	28.7	1.2	1.7
	SK-9	10.5	103.7	21.8	1.1	66.0	206.4	45.3	67.0	15.0	1.0	185.0	-	3.8	14.0	11.0	37.6	1.1	1.1
	A-1	14.3	80.0	20.6	1.2	75.2	227.1	41.5	77.9	12.6	0.9	376.5	-	3.8	6.3	6.0	56.1	1.1	1.4
Ank	SK-12	5.4	69.5	18.7	1.2	78.0	207.3	21.2	78.7	8.0	0.9	595.3	-	3.5	11.0	3.7	70.8	0.5	2.2
	SK-16	10.8	67.2	17.6	1.2	80.2	235.3	22.6	122.5	11.8	0.9	629.4	-	4.4	3.9	3.6	80.2	0.9	3.1
	SK-2	11.7	59.2	19.5	1.2	69.3	229.1	21.9	123.3	12.7	1.0	654.2	-	4.1	3.9	3.8	92.8	0.9	5.1

Element	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Örnek	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
TOZ-1	7.2	9.8	5.2	11.0	2.5	0.4	3.0	0.6	2.7	1.0	0.9	0.6	1.0	0.2
132	11.3	23.4	2.8	10.5	3.5	0.3	4.6	0.9	6.0	1.2	3.7	0.6	3.5	0.5
P-1	15.8	18.0	4.3	10.5	2.0	0.4	2.5	0.7	2.1	0.5	0.9	0.6	1.1	0.3
416	-	-	-	20.2	3.0	-	5.0	-	-	-	-	-	-	-
413	-	-	-	24.7	3.7	-	2.6	-	-	-	-	-	-	-
SK-10	17.2	35.9	5.6	15.4	1.9	0.3	2.9	0.4	3.1	0.6	1.0	0.5	0.9	0.1
231	-	-	-	9.3	2.2	-	2.6	-	-	-	-	-	-	-
412	-	-	-	20.0	2.0	-	2.6	-	-	-	-	-	-	-
40	-	-	-	8.3	2.1	-	3.2	-	-	-	-	-	-	-
38	-	-	-	17.8	2.1	-	3.1	-	-	-	-	-	-	-
72	-	-	-	33.3	3.4	-	4.2	-	-	-	-	-	-	-
44	-	-	-	33.5	3.7	-	4.5	-	-	-	-	-	-	-



Şekil 6. Sarıcakaya Granitoyidi ve pegmatitlerinin a) A/NK-A/CNK diyagramlarında [50], b) Na₂O- K₂



Şekil 7. Sarıcakaya granitoid ve pegmatitlerinin harker değişim diyagramları (Sembol açıklamaları Şekil 5'deki gibidir).

pegmatitlerde geniş iyon yarıçaplı litofil elementler bakımından zenginleşme, kalıcılığı yüksek elementler bakımından fakirleşme gözlenmektedir. Ba, Th ve Ta haricinde diğer elementler her iki kaya grubunda neredeyse benzer davranışlar sergilemektedir. Bu da pegmatitlerin içerisinde yer aldığı magmatikleri oluşturan magma kaynağı ile kökensel ilişkili olduğunu göstermektedir. Pegmatitlerdeki baskın negatif Zr ile Ba anomalileri K-feldispat fraksiyonunu ifade etmektedir. Magma kristalizasyon sürecinde Nb-Ta'nın tükenmemesi Shoshonitik karakteri yansıtan bir magma kaynağına işaret edebilir [53]. Ayrıca Rb elementindeki zenginleşme fraksiyonel kristalleşmenin son safhasına kadar magmatik eriyikte kalıp, daha sonra muskovit ve K-feldispatın bünyelerine girmesi ile ilişkili olup kabuksal kirlenmeye de işaret etmektedir. Bu kabuksal kirlenme pirimitif mantoya normalize edilen çoklu element değişim diyagramında da Ti hariç diğer tüm elementlerdeki zenginleşme ile kendini belli etmektedir (Şekil 8c). Pegmatitlerin kondrite normalize edilen örümcek diyagramına bakıldığında ise genel olarak pegmatitlerin nadir toprak elementleri bakımından zenginleştiği dikkat çekicidir (Şekil 8d). Pegmatitlerdeki bu zenginleşme hafif nadir toprak elementlerinde 100 kata kadarken ağır nadir toprak elementlerinde 10-20 kat kadardır. Pegmatitlerdeki hafif negatif Eu anomalisi magmada az miktarda plajiyoklaz varlığına işaret eder [54].

Pegmatit örnekleri değişken fraksiyon derecelerini yansıtan Rb'a karşı Sr ve Rb'a karşı Ba diyagramlarında normal granit alanında yer almaktadır (Şekil 9a, b).

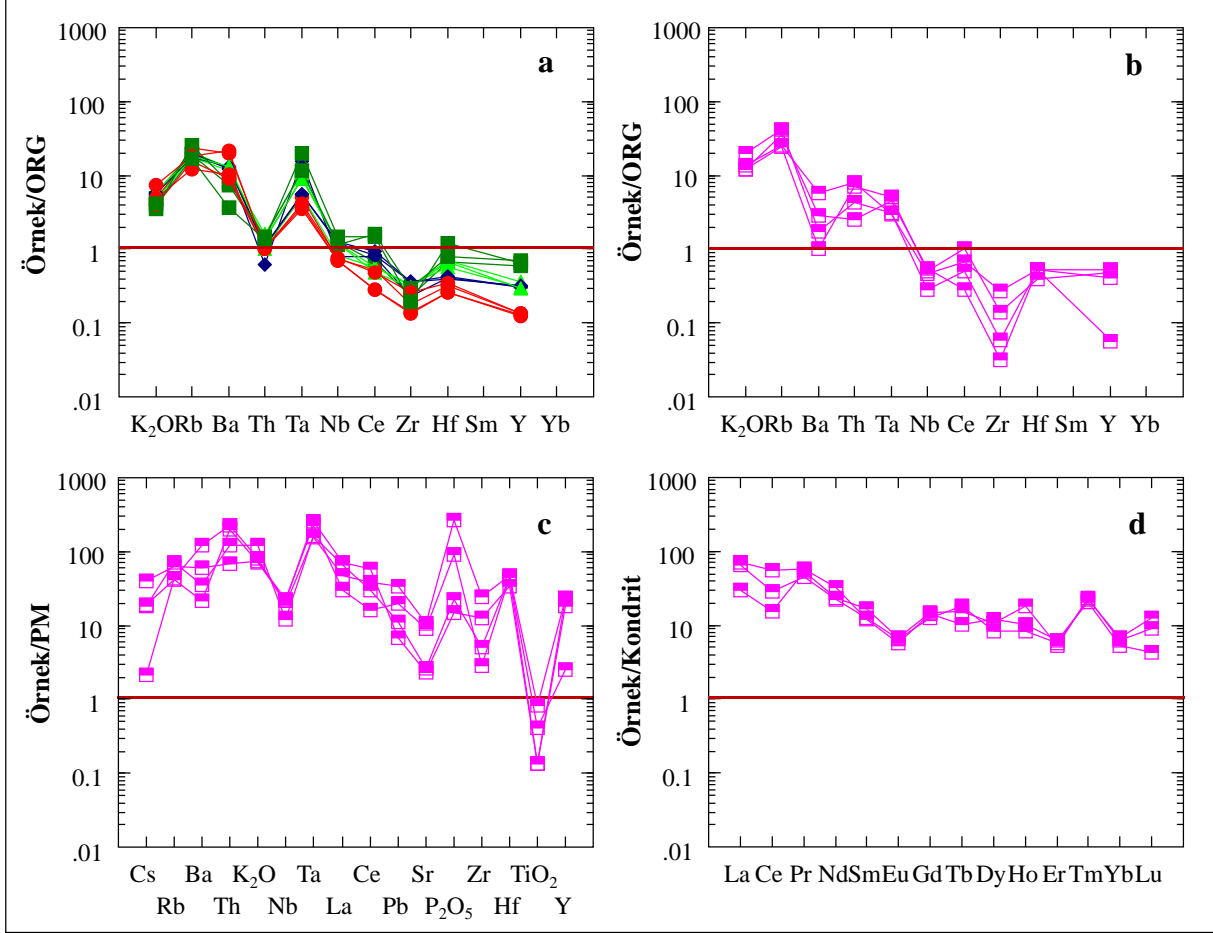
K-Rb fraksiyonu basit ve hibridize (karmaşık) tip pegmatitlerin ayırt edilmelerinde kullanılmaktadır. Sarıcakaya pegmatit örnekleri $K_2O/Rb-Rb$ diyagramında [60] basit tip pegmatitler alanında yer almaktadır (Şekil 10a). Pegmatitlerin kaynak kaya karakteristiğini ortaya koymak amacı ile iz element sonuçlarına bakıldığında özellikle fraksiyonlanmanın bir sonucu olarak bolluk oranına göre sırasıyla Sr, Ba ve Rb değişimleri üçlü diyagrama aktarıldığında diferansiyasyon trendi sergileyen Sarıcakaya granitoidinden farklılaşmış kökeni ifade etmektedir (Şekil 10b).

Pegmatitlerin kristalizasyon sıcaklıklarına yaklaşımda bulunabilmek için M faktörüne bağlı $[M=(Na+K+2.Ca)/(Al.Si)]$ zirkon ($T_{zirkon\ doy.}$) ve tüm kaya SiO_2 ve P_2O_5 konsantrasyonuna bağlı apatit ($T_{apatit\ doy.}$) doygunluk [61, 62] sıcaklık hesaplamaları yapılmıştır. Yapılan hesaplamada ortalama $T_{zirkon\ doy. ort} = 678.7\ ^\circ C$ ve $T_{apatit\ doy. ort} = 766.7\ ^\circ C$ sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Hesaplanan zirkon doygunluk yaşının apatitten daha düşük değerlerde olması erken kristalizasyon evresinde zirkon mineralinin görünmemesinden kaynaklanabilmektedir [63].

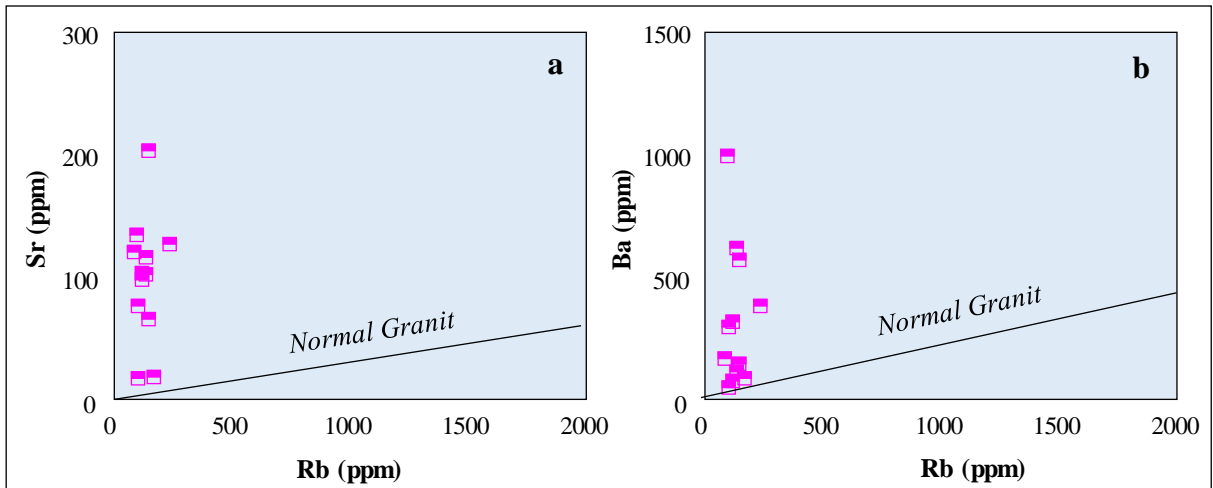
4.5. Pegmatitlerin seramik hammadde olarak kullanılabilirliği

Sarıcakaya pegmatitlerinin endüstriyel hammadde olarak özellikle seramik sanayinde farklı amaçlarla kullanımlarına yönelik değerlendirmeler yapılırken mineralojik ve petrografik özelliklerin yanı sıra mineral kimyası ve tüm kaya jeokimyasal özelliklerine de bakılması gerekmektedir. Sarıcakaya pegmatitlerinin içerisinde çok iri kristalen (yer yer 5cm'ye varan) mikroklin ve ortoklaz mineralleri bulunmaktadır. Bu minerallerin hem iri kristalen olmaları hem de başka mineral (özellikle demir içerikli mineraller) kapanımları içermemeleri/ya da az miktarda içermeleri nedeniyle seramik sanayinde feldispat hammadde olarak kullanıma oldukça uygun

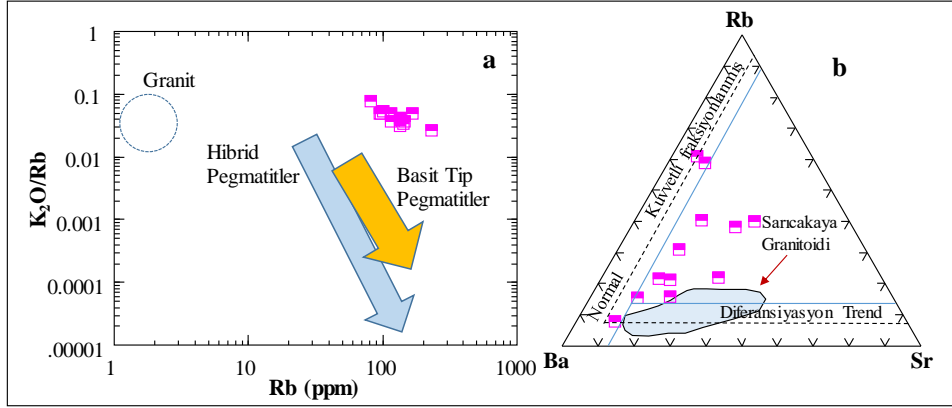
gözükmektedirler. Söz konusu kayaların içerisindeki feldispat minerallerinin seramik sanayiinde endüstriyel hammadde kullanımı için bileşimlerdeki Na_2O , K_2O , Fe_2O_3 , FeO veya FeO_t ve TiO_2 içerikleri oldukça önemlidir. Sarıcakaya pegmatit kayalarının Na_2O içeriği ağırlıkça % 2.48-4.85 (ortalama ağırlıkça % 3.45), K_2O içerikleri ağırlıkça % 4.10-8.04 (ortalama ağırlıkça % 5.44), Fe_2O_3 miktarları ağırlıkça % 0.60-2.46 (ortalama ağırlıkça % 1.26) ve TiO_2 içerikleri ağırlıkça % 0.01-0.35 (ortalama ağırlıkça % 0.10) arasındadır (bkz. Tablo1, Şekil 11a). K içeriğinin Na içeriğine göre yüksek oluşu kayanın içerisindeki alkali feldispat minerallerinin oransal olarak fazla olmalarından kaynaklanmaktadır.



Şekil 8. (a) Sarıcakaya Granitoidi ana kaya ve pegmatitlerin bazı iz elementlerinin (b) ORG'ye (c) PM'ye (primitif manto) normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları, (d) pegmatitlere ait Nadir Toprak Element (NTE) analiz sonuçlarının Kondrite normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramı (normalize değerler ORG için [55]'den Kondrit için [56]'dan, PM için normalize değerleri [57]'den, element sıralaması [58]'den alınmıştır, sembol açıklamaları Şekil 5'deki gibidir).

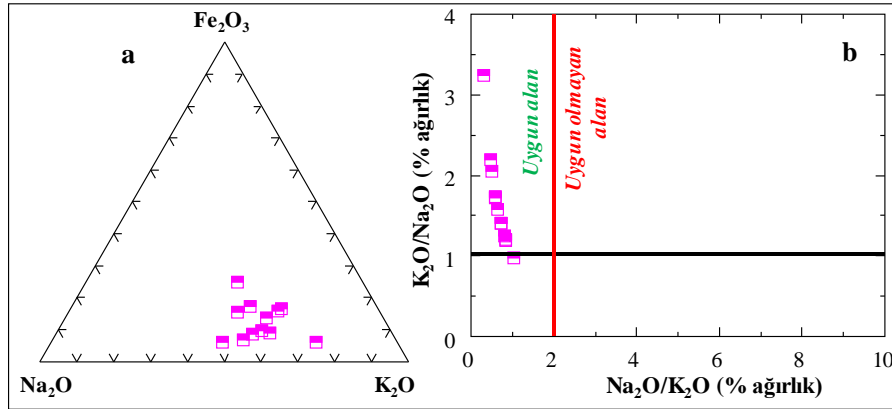


Şekil 9. (a) Sr-Rb ve (b) Ba-Rb diyagramlarında pegmatitlerin dağılımları (normal granit sınırı [59]'dan alınmıştır).



Şekil 10. Pegmatitlerin (a) K_2O/Rb -Rb [60] ve (b) Rb-Ba-Sr üçlü diyagramlarında [59] dağılımları

Alkali feldispat mineralleri özellikle K içeriği yüksek olan ortoklaz gibi alkali feldispat minerallerinin geniş bir aralıkta ergime sıcaklığına (1280-1170°C) sahip olmaları nedeniyle seramik sanayiinde daha fazla tercih edilmektedirler [64]. Kayaların toplam Na_2O ve K_2O içerikleri ise ağırlıkça % 7.35-10.52 (ortalama ağırlıkça % 8.89) arasındadır (bkz. Tablo1). [65]'e göre seramik sanayiinde kullanılacak feldispatların Na_2O+K_2O içerikleri I., II. ve III. sınıf hammadde için sırasıyla ağırlıkça %10, %9 ve %8 olmalıdır. Buna göre Sarıcakaya pegmatitlerinin seramik sanayiinde endüstriyel hammadde olarak kullanımları uygun gözükmemektedir. Kayaların içerisindeki Na_2O/K_2O oranının <2 olması seramik hammaddesinde kullanılmaları durumunda kuvvetli eritken davranış sergileyeceklerini göstermektedir (Şekil 11b) [66]. K_2O/Na_2O oranının >1 olması ise hızlı pişirme tekniklerine uygun olmadıklarını göstermektedir [64].



Şekil 11. Sarıcakaya pegmatitlerinin Na_2O - Fe_2O_3 - K_2O üçgen değişim ve K_2O/Na_2O 'e karşı Na_2O/K_2O değişim diyagramı [67, 66].

Renk yapıcı elementlerden Ti'un miktarı her üç sınıf seramik hammaddesi için istenilen değerlerin (0.15-0.40, [65]) oldukça altındadır fakat Fe içeriği tüm örneklerde olması gereken değerlerin (0.10-0.50, [65]) oldukça fazladır. Fe içeriği uygun tekniklerle uzaklaştırıldığında çok daha iyi kalitede hammadde elde edilmiş olacaktır.

5. SONUÇLAR

Sarıcakaya Granitoidi içerisinde yer alan ve ana mineralojik bileşimini plajiyoklaz (albit-oligoklaz), ortoklaz, mikroklin, kuvars, muskovit, biyotit ve granat (spesartin) minerallerinin oluşturduğu pegmatitler alkali feldispat granit-granit bileşimindedir. Pegmatitlerin ortalama 1.32 A/NK (mol%) ve ortalama:1.07 A/CNK (mol%) oranları metalümin-peralümin karakteri yansıtmaktadır. Tüm kaya kimyasından hesaplanan zirkon ve apatit doygunluk sıcaklıkları pegmatitleri oluşturan magmanın ortalama sıcaklığının 678.7-766.7°C aralığında değiştiğini göstermektedir. Hesaplanan sıcaklık değeri ve diğer petrolojik-jeokimyasal veriler, Sarıcakaya Granitoidi ile kökensel ilişkili olduğu düşünülen pegmatitlerin Sarıcakaya magmatiklerini oluşturan magmanın pegmatitik-pnömatolitik evredeki ürünleri olabileceğini desteklemektedir.

Jeolojik olarak pegmatitler kökeni veya oluşum süreçleri ile ele alınsa da, ekonomik olarak bakıldığında bunların tamamının endüstriyel hammadde olup olamayacakları cevaplanması gereken soruların başında gelmektedir. Bu kapsamda Sarıcakaya pegmatit kayalarının Na_2O (ortalama ağırlıkça % 3.45), K_2O (ortalama ağırlıkça % 5.44), Fe_2O_3 (ortalama ağırlıkça % 1.26) ve TiO_2 içerikleri (ortalama ağırlıkça % 0.10) değerlendirildiğinde pegmatitlerin seramik sanayiinde endüstriyel hammadde olarak kullanılabilirliği ortaya çıkmaktadır.

Yazar Katkıları

Yazarlar makaleye eşit derecede katkı sağlamıştır.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler

KAYNAKÇA

- [1] R.L. Linnen, M. Van Lichtervelde, and P. Černý “Granitic Pegmatites as Sources of Strategic Metals”, *Elements*, vol. 8, pp. 275-280, 2012.
- [2] H.G. Dill “Pegmatites and aplites: Their Genetic and Applied Ore Geology”, *Ore Geol Rev*, vol. 69, pp. 417-561, 2015.
- [3] H. Strunz, “Laueit, $MnFe_2 3+[OH]PO_4 \cdot 8H_2O$, ein neues mineral”, *Naturwissenschaften*, vol. 41, 256p, 1954a.
- [4] H. Strunz “Hagendorfit, ein neues Mineral der Varulith-Hühnerkobelit-Reihe”, *Neues Jb Mineral Monat*, pp. 252–255, 1954b.
- [5] H. Schneiderhöhn “Die Pegmatite (The pegmatites)”, *Gustav Fischer Verlag, Stuttgart*, 720 p. 1961.
- [6] E. Seeliger, and A. Mücke “Ernstit, ein neues Mn_2+Fe_3+ - Phosphat und seine Beziehungen zum Eosphorit”, *Neues Jb Mineral Monat*, pp. 289-298, 1970.
- [7] P.B. Moore, and A.R. Kampf “Schoonerite, A New Zinc-Manganese-Iron Phosphate Mineral”, *Am Mineral*, vol. 62, pp 246–249, 1977.
- [8] B.D. Sturman, R.C. Rouse and, P.J. Dunn “Parascholzite, A New Mineral from Hagendorf, Bavaria, And Its Relationship to Scholzite”, *Am Mineral*, vol. 66, pp. 843–851, 1981.
- [9] Y. Marzoni Fecia Di Cossato, P. Orlandi, and G. Vezzalini “Rittmannite, A New Mineral Species of the Whiteite Group from the Mangualde Granitic Pegmatite, Portugal”, *Can Mineral*, vol. 27, pp. 447–449, 1989.
- [10] F. Walter, W. Postl, and J. Taucher “Weinebeneit: Paragenese und Morphologie eines neuen Ca–Be-Phosphates von der Spodumenpegmatit-Lagerstätte Weinebene, Koralpe, Kärnten”, *Mitt Abt Mineral, Landesmuseum Joanneum*, vol. 58, pp.37–43, 1990.
- [11] W.D. Birch, A. Pring, and E.E. Foord “Selwynite, $Nak(Be, Al)Zr_2(PO_4)_4 \cdot 2H_2O$, A New Gainessite-Like Mineral from Wycheproof, Victoria, Australia”, *Can Mineral*, vol. 33, pp.55-58, 1995.
- [12] W.D. Birch, I.E. Grey, S.J. Mills, A. Pring, C. Bougero, A. Ribaldi-Tunnicliffe, N.C. Wilson, and E. Keck “Nordgauite, $MnAl_2(PO_4)_2(F,OH)_2 \cdot 5H_2O$, A New Mineral from the Hagendorf–Süd Pegmatite, Bavaria, Germany: Description and Crystal Structure”, *Mineral Mag*, vol. 75, pp. 269–278, 2011.
- [13] G. Adiwidjana, K. Friese, K.H. Klaska, and J. Schlüter “The Crystal Structure of Kastningite ($Mn, Fe, Mg)(H_2O)_4[Al_2(OH)_2(H_2O)_2(PO_4)_2] \cdot 2H_2O$ - A New Hydroxyl Aquated Orthophosphate Hydrate Mineral”, *Z. Kristallogr*, vol. 214, pp. 465–468, 1999.
- [14] G. Raade, G. Ferraris, A. Gula, G. Ivaldi, and F. Bernhard “Kristianesite A New Calcium-Scandium-Tin Sorosilicate from Granite Pegmatite from Tordal, Telemark, Norway”, *Mineral Petrol*, vol. 75, pp. 89–99, 2002.
- [15] J. Brugger, N. Meisser, B. Etschmann, S. Ansermet, and A. Pring “Paulscherrite From The Number 2 Workings, Mount Painter Inlier, Northern Flinders Ranges, South Australia; “Dehydrated Schoepite” is a Mineral After All”, *Am Mineral*, vol. 96, pp.229–240, 2011.
- [16] V.N. Yakovenchuk, E. Keck, S.V. Krivovichev, Y.A. Pakhomovsky, E.A. Selivanova, J.A. Mikhailova, A.P. Chernyatieva, G.Y. Ivanyuk “Whiteite-(Cammn), $CaMnMn_2Al_2[PO_4]_4(OH)_2 \cdot 8H_2O$, “A New Mineral From The Hagendorf–Süd Granitic Pegmatite, Germany”, *Mineral Mag*, vol. 76, pp. 2761–2771, 2012.
- [17] T. Koralay, Y.K. Kadioglu, and S.Y. Jiang “Determination of Tourmaline Composition in Pegmatite From Buldan, Denizli (Western Anatolia, Turkey) Using XRD, XRF, and Confocal Raman Spectroscopy”, *Spectrosc Lett*, vol. 46, pp. 499-506, 2013.
- [18] P. Černý “Geochemical and Petrogenetic Features of Mineralization in Rare-Element Granitic Pegmatites in The Light of Current Research”, *Appl Geochem*, vol. 7, pp.393–416, 1992.
- [19] M.A. Wise, and P. Černý “The Crystal Chemistry of the Tapiolite Series”, *Can Mineral*, vol. 34, pp.631–647, 1996.
- [20] R.J. Bakker, and M.A. Elburg “Amagmatic–Hydrothermal Transition in Arkaroola (Northern Flinders Ranges, South Australia); from Diopside-Titanite Pegmatites to Hematite-Quartz Growth”, *Contrib Mineral Petrol*, vol. 152, pp. 541–569, 2006.
- [21] J. Oyarzábal, M.Á. Galliski, and E. Perino “Geochemistry of K-Feldspar and Muscovite in Rare-Element Pegmatites and Granites from the Totoral Pegmatite Field, San Luis, Argentina”, *Resour Geol*, vol. 59, pp. 315–329, 2009.
- [22] R. Thomas, and P. Davidson “The Missing Link between Granites and Granitic Pegmatites”, *J Geosci*, vol. 58, pp.183-200, 2013.
- [23] P. Černý, P.L. Blevin, M. Cuney, and D. London “Granite-Related Ore Deposits”, *Econ Geol*, 100th Anniversary Volume, pp. 337-370, 2005.
- [24] P. Černý, and S. Ercit “The Classification of Granitic Pegmatites Revisited”, *Can Mineral*, vol. 43, pp. 2005–2026, 2005.
- [25] D. London “Pegmatites”, *The Canadian Mineralogist, Special Publication p.* 347, 2008.

- [26] P. Černý “Exploration strategy and methods for pegmatite deposits of tantalum”, In Lanthanides, Tantalum and Niobium (P. Möller, P. Cerny and F. Saube, eds.), Springer-Verlag, Berlin, pp. 271-299, 1989.
- [27] D. London “Geochemistry of Alkali and Alkaline Earth Elements in Ore-Forming Granites, Pegmatites And Rhyolites” In: Linnen, R.L., Samson, I. M. (Eds.), Rare Element Geochemistry and Mineral Deposits, Geological Association of Canada Short Course Notes, vol. 17, pp. 17-43, 2005.
- [28] C. Karaguzel, I. Gulgonul, C. Demir, M. Cinar, and M.S. Celik “Concentration of K-Feldspar from a Pegmatitic Feldspar Ore by Flotation”, Int J Miner Process, vol. 81, pp. 122-132, 2006.
- [29] M. Melcher, T. Graupner, F. Henjes-Kunst, T. Oberthür, M. Sitnikova, E. Gäbler, A. Gerdes, H. Brätz, D. Davis, and S. Dewaele “Analytical Fingerprint of Columbite– Tantalite (Coltan) Mineralization in Pegmatites: Focus on Africa”, Proceedings, Ninth International Congress for Applied Mineralogy (ICAM), Brisbane, Qld. Australasian Institute of Mining and Metallurgy, pp. 615–624, 2008.
- [30] D. London, and D.J. Kontak “Granitic Pegmatites: Scientific Wonders and Economic Bonanzas”, Elements, vol. 8, no. 4, pp. 257-261, 2012.
- [31] Y. Kibici, and G. Güneş “Sivrihisar - Günyüzü (Eskişehir) - Dinek Granitporfirleri İçindeki Feldspatların Ekonomik Potansiyeli”, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, pp. 83-95, 1995.
- [32] S. Saklar, C. Oktay, M. Karadeniz, and S. Gürsu “Feldspar Beneficiation from Manisa Alaşehir Pegmatites” International Mining Congress and Exhibition of Turkey-IMCET, pp. 457-459, 2003.
- [33] I. Bayraktar, S. Ersayın, and Ö.Y. Gülsoy “Upgrading Titanium Bearing Na-Feldspar by Flotation Using Sulphonates, Succinamate and Soaps of Vegetable Oils”, Minerals Engineering, vol. 1, no. 12, pp. 1363-1374, 1997.
- [34] I. Bayraktar, S. Ersayın, and Ö.Y. Gülsoy “Magnetic Separation and Flotation of Albite Ore”. In S. Atak, G. Önal, M.S. Celik (Eds.), Innovations in Mineral and Coal Processing, Balkema, Rooterdam, pp. 315-318, 1998.
- [35] M.S. Çelik, B. Pehlivanoglu, A. Aslanbaş, and R. Asmatulu “Flotation of Colored Impurities from Feldspar Ores”, Minerals and Metallurgical Processing, vol. 18, no. 2, pp. 101-105, 2001.
- [36] N.T. Selli, and A. Tunali “Alternatif Hammade Olarak Pegmatitin Sırlı Porselen Karo Ve Yer Karosu Massesinde Kullanılması”, AKÜ FEMÜBİD, vol. 14, no. OZ5787, pp. 549-552, 2014.
- [37] O. Bayramgil “Gördes Pegmatitlerinin Mineralojik Etüdü”, Türkiye Jeoloji Bülteni, vol. 5, no. 12, pp. 54-70, 1954.
- [38] N. Dağ, and Ö. Dora “Gördes (Menderes Masifi Kuzeyi) Pegmatoidleri”, TJK Bülteni, vol. 34, pp. 1-8, 1991.
- [39] B. Güllü, Y.K. Kadioğlu, C.Ö. Kılıç, H. Canbaş, K. Deniz, and T. Koralay “Sarıcakaya Granitoyidi İçerisinde Yer Alan Pegmatitlerin Petrokimyasal Karakteristikleri”, Uluslararası Katılımlı VI. Ulusal Jeokimya Sempozyumu Bildiri Özleri Kitabı, pp. 106-108, 2014.
- [40] H. Bilgilioğlu “Sarıcakaya (Eskişehir) Magmatik Kompleksinin Petrolojik İncelenmesi”, Aksaray Üniversitesi Fen Bil Ens, Doktora Tezi (yayımlanmamış), p. 163, 2019.
- [41] A.I. Okay “The Geology of the Ağvanis Metamorphic Rocks and Neighbouring Formations”, Bull of the Min Res and Exp, vol. 99, pp. 16-36, 1984a.
- [42] A.I. Okay “Distribution and Characteristics of The Northwest Turkish Blueschists”, In: J.E. Dixon, and A.H.F. Robertson (Editors), “The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean”, Geol. Soc. London Spec. Publ., vol. 17, pp. 455-466, 1984b.
- [43] I.E. Altınlı “Geology of central Sakarya”, 50th Anniversary of the Republic, Earth Sciences Congress, Ankara, pp. 159-190, 1973.
- [44] Y. Yılmaz “Tectonic evolution of the southern margin of the Sakarya continent, NW Turkey”, İstanbul Earth Sciences Review, vol. 1, no. 2, pp. 33-51, 1981.
- [45] C. Demirkol “Üzümlü-Tuzaklı (Bilecik) Dolayının Jeolojisi”, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, vol. 20, no.1, Ankara, 1977.
- [46] B. Güllü, Y.K. Kadioğlu, T. Koralay, and K. Deniz “Raman Characteristics of Gücünkaya (Aksaray) Gabbroic Rocks, Central Anatolia-Turkey”, 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, Bulgaria, vol. 19, pp. 475-482, 2019.
- [47] M.A. Akçe, and Y.K. Kadioğlu “Principles of Raman Spectroscopy and Their Uses in the Determination of the Minerals”, Nevşehir Journal of Science and Technology, vol. 9, no.2, pp. 99-115, 2020.
- [48] K.G. Cox, J.D. Bell, and R.J. Pankhurst “In: The Interpretation of Igneous Rocks”, George Allen & Unwin, London, pp. 450, 1979.
- [49] T.N. Irvine, and W.R.A. Baragar “A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks”, Can J Earth Sci, vol. 8, pp. 523-548, 1971.
- [50] P.O. Maniar, and P.M. Piccoli “Tectonic Discrimination of Granitoids”, Geological Society of America Bulletin, vol. 101, pp. 635-643, 1989.
- [51] E.A.K. Middlemost “The Basalt Clan”, Earth-Science Rev, vol. 11, pp. 337-364, 1975.
- [52] P.C., Rickwood “Boundary Lines Within Petrologic Diagrams Which Use Oxides of Major and Minor Elements”, Lithos, vol. 22, pp. 247-263, 1989.
- [53] X.H. Li, H.W. Zhou, Y. Liu, C.Y. Lee, M. Sun, and C.H. Chen “Shoshonitic Intrusive Suite in SE Guangxi: Petrology and Geochemistry”. Chinese Science Bulletin, vol. 45, pp. 653-659, 2000.
- [54] R.R. Meshram, B. Singh, M.K. Mishra, H. Hrushikesh, A. Siddiqui, D. Shukla, R. Akhtar, and T.M. Meshram “Petrological and Geochemical Studies of Lepidolite (LCT Type) and Non-Lepidolite Pegmatite’s from Chakrasila, Dhubri

- District, Assam, North East India”, *Open Journal of Geology*, vol. 11, pp. 81-104, 2021.
- [55] J.A. Pearce N.B.W. Harris, and A.G. Tindle, “Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks”, *J Petrology*, vol. 25, pp. 956-983, 1984.
- [56] N.M. Evensen, P.J. Hamilton, and R.K. O’Nions “Rare Earth Abundances In Chondritic Meteorites”, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 42(8), pp. 1199-1212, 1978.
- [57] W.F. McDonough, and S.S. Sun “The Composition of the Earth”, *Chem Geol*, vol. 120, pp. 223–253, 1995.
- [58] T. Koralay, K. Deniz, B. Duman, and Y.K. Kadioğlu “Mineralogical and Geochemical Characterization and Implications for Provenance of Roman Granite Columns in Ancient Tripolis (Denizli, Turkey)”, *Arabian Journal of Geosciences*, vol. 14, no. 420, pp. 1-23, 2021.
- [59] A.M. El Bouseily, and A.A. El Sokkary “The Relation Between Rb, Ba and Sr in Granitic Rocks”, *Chemical Geology*, vol. 16, pp. 207-219, 1975.
- [60] M.A. Mckeough, D.R. Lentz, C.R. Mcfarlane, and J. Brown “Geology and Evolution of Pegmatite-Hosted U-Th ± REE-Y-Nb Mineralization, Kulyk, Eagle, and Karin Lakes Region, Wollaston Domain, Northern Saskatchewan, Canada: Examples of the Dual Role of Extreme Fractionation and Hybridization Processes”, *Jour of Geosciences*, vol. 58, pp. 321-346, 2013.
- [61] E.B. Watson, and T.M. Harrison “Zircon saturation revisited: temperature and composition effects in a variety of crustal magma types”, *Earth and Planetary Science Letters* vol. 64, pp. 295-304, 1983.
- [62] T. M. Harrison, and E. B. Watson “The Behaviour of Apatite During Crustal Anatexis: Equilibrium and Kinetic Considerations”, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 48, pp. 1467-1477, 1984.
- [63] B. Güllü, and Y.K. Kadioğlu “Magmatic Signature of the Closure of the Northern Branch of the Neo-Tethys: Upper Paleocene-Middle Eocene Magmatism At The Boundary Of The Tavşanlı-Sakarya Zone (Turkey)”, *Geological Quarterly*, vol. 66 (13), no. 2, pp. 1-20, 2022.
- [64] K. Deniz, and Y.K. Kadioğlu “Investigation of Feldspar Raw Material Potential of Alkali Feldspar Granites and Alkali Feldspar Syenites Within Central Anatolia”, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, vol. 158, pp. 265-289, 2019.
- [65] TS11325, *Türk Standartları*, 1994, *Feldispat Seramik Sanayinde Kullanılan*, TSE, Ankara.
- [66] E. Lewicka “Conditions of the Feldspathic Raw Materials Supply From Domestic and Foreign Sources in Poland”, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, vol. 26, no. 4, pp. 5–18, 2010.
- [67] K. Deniz, and Y.K. Kadioğlu “Nefelin Siyenitlerin Seramik Sanayiinde Kullanılma Potansiyeli: Buzlukdağ Örneği”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, vol. 24, no. 6, pp. 1209-1219, 2018.