

Moncograniti potoka Radovac (Kosmaj)

Maletić Milica



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Moncograniti potoka Radovac (Kosmaj) | Maletić Milica | | 2023 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0007405>

Univerzitet u Beogradu
Rudarsko-geološki fakultet



Završni rad

Master akademske studije

Moncograniti potoka Radovac (Kosmaj)

Kandidat

Maletić Milica

G628/19

Mentor

Doc. dr Bojan Kostić

Beograd, mart, 2023.

Komisija:

1. Dr Bojan Kostić, docent, mentor

Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

2. Dr Danica Srećković-Batočanin, član

Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

3. Dr Suzana Erić, član

Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

Datum odbrane: _____

REZIME

Usled gravitacione nestabilnosti Dinaridskog orogena smeštanje Kosmajskog granitoida završeno je tokom paleogena i ranog neogena. Stene nastale u ovom periodu pripadaju šumadijskoj metalogenetskoj zoni, a petrografski su svrstane u tercijarne kalijske magmatske stene koje vode poreklo iz kontinentalne kore. Makroskopskom i mikroskopskom analizom je utvrđeno da se radi o monocgranitu zrnaste do porfiroidne strukture izgrađenom od ortoklasa, plagioklasa, kvarca, biotita i amfibola. Pojava sericita, epidota i hlorita ukazuje na izvestan stepen sekundarnih alteracija kojima je monocgranit podlegao u uslovima površinskog raspadanja.

Analize feldspata pokazuju da K-feldspat sadrži od 82,5 do 87,4 % ortoklasne (kalijske) komponente, dok plagioklasi sadrže 59,4 do 72,1 % albitske komponente što pokazuje da je plagioklas andezinskog sastava. Hemijske analize biotita ne pokazuju značajne varijacije u sadržaju aluminijuma, gvožđa i magnezijuma. Amfibol se prema sadržaju silicijuma i prema magnezijumskom broju svrstava u magneziohornblendu. Na osnovu amfibol-plagioklas geotermobarometrijskog izračunavanja dobijena je temperatura od 728° C i pritisak od 1,4 Kbar-a koji ukazuju na uslove postanka Kosmajskog monocgranita.

Ključne reči: Kosmaj, monocgranit, geotermobarometrija

ABSTRACT

Due to gravitational instability of the Dinaride orogen, Kosmaj granitoid emplacement was finished during Paleogen-early Neogen. Granitoid rocks formed during this period belongs to Šumadija metallogenic distrikt. The magmas of these Tertiary igneous rocks have potassic petrographic and they primarily origin iscrustal. Macroscopic and microscopic analysis revealed that it is moncogranite with a granular to porphyroid texture made of orthoclase, plagioclase, quartz, biotite and amphibole. The appearance of sericite, epidote and chlorite indicates a certain degree of secondary alteration caused by surface decomposition (weathering) of moncogranite.

Feldspar analyzes show that K-feldspar contains from 82.5 to 87.4 % orthoclase (potassium) component, while plagioclase contains 59.4 to 72.1 % albite component, which shows that plagioclase has an andesine composition. Chemical analysis of biotite don't show significant variations in aluminum, iron and magnesium content. According to the silicon content and magnesium number, amphibole is classified as magnesiohornblende. Based on the amphibole-plagioclase geothermobarometric calculation, a temperature of 728 °C and a pressure of 1.4 Kbar were obtained, which represent the conditions in time of emplacement of the Kosmaj moncogranite.

Key words: Kosmaj, moncogranite, geothermobarometry

Sadržaj

1. UVOD	1
2. OPŠTI DEO	2
2.1. Geografski položaj	2
2.2. Geološka građa	3
2.3. Opis kartiranih jedinica	5
2.3.1. Mezozoik	5
2.3.1.1. Jura	5
2.3.1.2. Kreda	6
2.3.2. Kenozoik	7
2.3.2.1. Neogen	7
2.3.3. Kvartar	9
2.3.4. Granitoidi Kosmaja i njihovi žični pratioci	9
2.4. Istorija stvaranja terena	11
2.5. Pregled ranijih istraživanja	13
2.6. Geotermobarometrija	17
2.6.1. Geotermometrija	17
2.6.2. Geobarometrija	19
2.6.3. Opšte karakteristike i klasifikacije amfibola i plagioklasa	19
3. SPECIJALNI DEO	23
3.1. Metode ispitivanja	23
3.1.1. Terenska ispitivanja	23
3.1.2. Laboratorijska ispitivanja	25
3.1.3. Metode geotermobarometrijskoh izračunavanja	27
3.2. Rezultati	30
3.2.1. Makroskopski opis stene	30
3.2.2. Mikroskopski opis stene	30
3.2.3. Hemijski sastav i klasifikacija minerala	34
3.2.4. Rezultati geotermobarometrije	41
4. DISKUSIJA	42
5. ZAKLJUČAK	44
7. LITERATURA	45

1. UVOD

Analizom hemijskog sastava i uslova postanka magmatskih stena dobijaju se najrepresantivnije informacije koje se koriste kao alat za rekonstrukciju procesa i događaja koji su se odvijali u geološkoj prošlosti na određenom prostoru. U ovom radu je analiziran granitoid Kosmaja za koji je prethodnim istraživanjima utvrđeno da je produkt kolizione faze zatvaranja okeana Tetisa. Granitoid Kosmaja je nastao u paleogeno-ranoneogenoj fazi magmatske aktivnosti tokom koje je nastalo 90 procenata svih kenozojskih magmatskih stena. Magmatska aktivnost duž centralne ose Balkanskog poluostrva, izazvana je gravitacionom nestabilnošću Dinaridskog ogranka Alpskog orogenog pojasa.

Ovim radom su analizirane makroskopske i mikroskopske karakteristike granitoida Kosmaja koji je uzorkovan u gornjem toku potoka Radovac. Pored toga geotermobarometrijskim izračunavanjem određeni su temperatura i pritisak pri kristalizaciji i smeštaju ovog intruziva. Određivanje temperature ravnoteže izvršeno je na osnovu amfibol-plagioklas geotermometra, dok je za određivanje pritiska korišćen geobarometar koji se zasniva na sadržaju ukupnog aluminijuma u amfibolu (hornblendi).

2. OPŠTI DEO

2.1. Geografski položaj

Na 40 km jugoistočno od Beograda, u severnom delu Šumadije, između $44^{\circ}29'46''$ i $44^{\circ}25'26''$ severne geografske širine i $20^{\circ}31'48''$ i $20^{\circ}37'33''$ istočne geografske dužine, nalazi se istraživano područje Kosmaja. Ovo područje je dobilo ime po planini Kosmaj i u nadležnosti je grada Beograda, a konkretno se nalazi na teritorijama opština Mladenovac i Sopot (Slika 1). Severna granica Kosmaja je Mala Ivanča, zatim se na jugozapadu spušta prema Barajevskoj reci do Kundaka. Od Kundaka preko Trnovog Brda, dela Velike Ivanče, do ušća reke Milatovice u Veliki Lug je južna granica. Istočnu granicu predstavlja linija od ovog ušća preko Varovnica nazad do Male Ivanče.



Slika 1: Položaj Kosmaja u odnosu na Beograd, prikazan na fizičko-geografskoj karti Srbije

Ispitivano područje prikazano je u jugozapadnom delu OGK 1:100000 lista Smederevo (Pavlović, 1977). Oblast ima odlike brdskog i niskoplaninskog reljefa.

Najviši vrh je Veliki Kosmaj (628 m), koji se preko Baba i Parcana vezuje za masiv Avale na severu. Kosmaj se pruža pravcem severoistok-jugozapad. Sistem drenažne mreže je vrlo razgranat, a sama planina Kosmaj predstavlja razvođe slivova Kolubare i Velike Morave.

2.2. Geološka građa

Geološka građa istraživanog prostora grafički je predstavljena na slici 2. Ova karta predstavlja deo lista Smederevo Osnovne geološke karte Srbije (Pavlović, 1977).

Najstarije stene oblasti istraživanja su serpentiniti harcburgitskog tipa. Veća masa otkrivena je na južnim padinama Avale, dok se u području Kosmaja, Sopota i Raljske Kovione, zapažaju manja sočivasta izdužena serpentinitiska tela, koja pravcem SSZ—JJI prate stragarsku dislokacionu zonu.

Odnos serpentinita prema okolnim stenama, izuzev neogena, je redovno tektonski. Pouzdano su stariji od turon-senona, dok im je odnos prema dijabaz-rožnačkoj formaciji i dalje ostao nedovoljno razjašnjen (Pavlović, 1977).

Kredni sedimenti se javljaju u zoni koja se sa prekidima pruža, počev od Kosmaja, preko Sopota, do Ripnja i dalje prema severu do Beograda. Na osnovu faunističkih podataka izdvojeni su: alb, alb-cenoman i turon-senon.

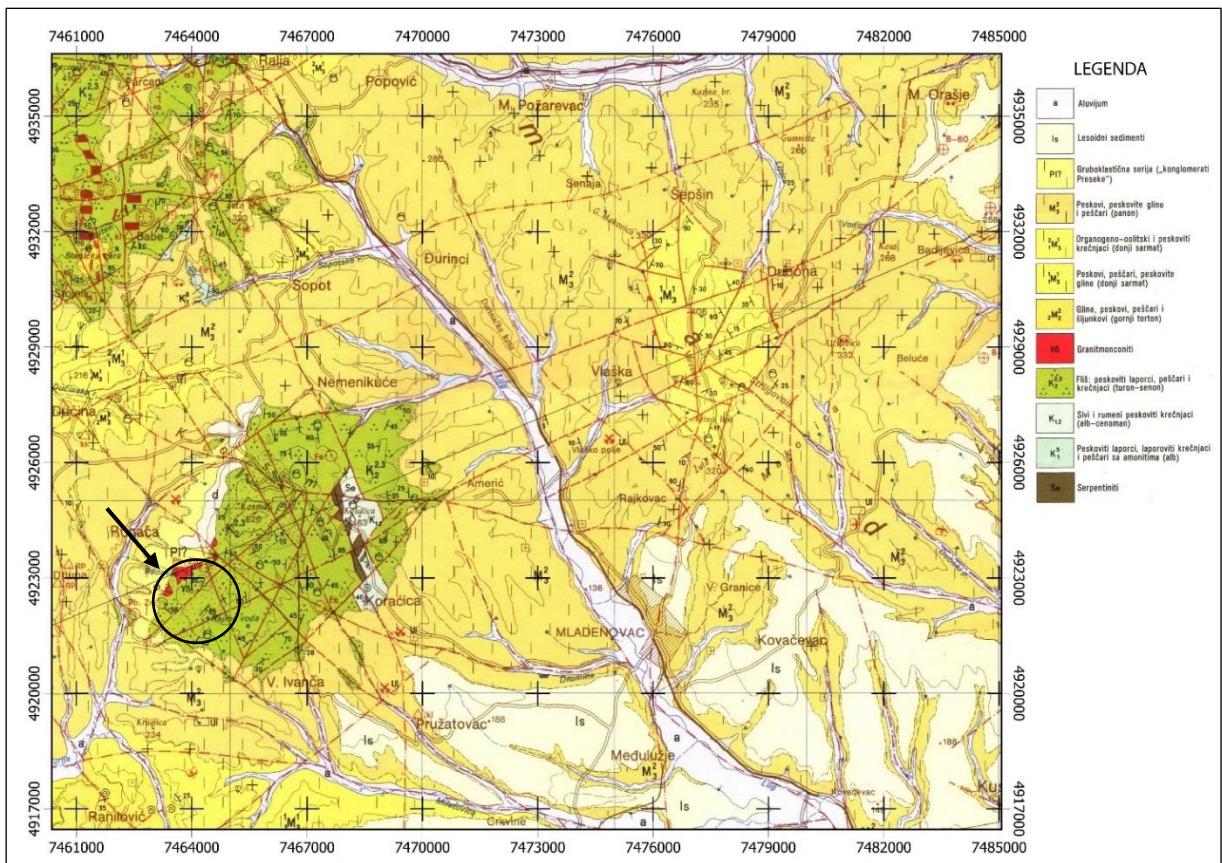
Alb-cenomanski sedimenti su otkriveni jedino na Kosmaju (Košutica i gornji tok potoka Drumine), gde se redovno nalaze u tektonskom kontaktu sa turon-senonom.

Sedimenti neogena pokrivaju širu okolinu istraživanog područja, pri čemu u potpunosti obuhvataju mladenovačko-kosmajski basen. Slatkovodni srednji miocen, rasprostranjen je samo u području između Misače i Orašca i većim delom prelazi na list Kragujevac.

Transgresivno preko slatkovodnog srednjeg miocena, nalaze se sedimenti marinskog tortona. Konkordantno preko marinskog tortona, javljaju se sedimenti brakičnog sarmata u kom su litološki izdvojena dva superpoziciona paketa: niži glinovito-peskoviti i viši krečnjačko-peščarski deo serije.

Panonski sedimenti se javljaju u pojasu koji se kontinuirano pruža od Smederevske Palanke do Ripnja i Vrčina gde se vezuju za panon Beogradske Posavine. Najveći deo panonske serije izgrađen je od belih kvarcnih peskova, sa proslojcima peščara i peskovitih glina sa faunom.

U graničnom području listova Smederevo—Kragujevac (greben Klještevica—Preseka), kao i na zapadnim padinama Kosmaja, duž kontakta neogenih sa krednim sedimentima, razvijena je jedna serija, izgrađena isključivo od vrlo krupnozrnih konglomerata. Uzimajući u obzir položaj ove serije, kao i litološki sastav fragmenata, koji je izgrađuju, pretpostavlja se da je u pitanju jedna postmiocenska tvorevina sa svim elementima gruboklastične molasne formacije.



Slika 2: Geološka karta šireg područja Kosmaja, strelica označava područje istraživanja u razmeri 1:70000 (Detalj iz OGK L34-126-Smederevo, Pavlović i dr., 1980)

Od kvartarnih tvorevina u širem području Kosmaja zabeležen je pleistocen koji je raščlanjen na donji, srednji i gornji.

U litološkom pogledu donji pleistocen je razvijen u faciji zeleno-plavih glina i peskova, srednji—gornji u faciji peskovitih i šljunkovitih glina, dok je gornji predstavljen kopnenim lesom. Tvorevine holocena su genetski svrstane u dve sekvence: fluvijalnu i padinsku.

Fluvijalni sedimenti obuhvataju faciju korita — aluvijon, sprudove i plaže, povodanjsku faciju i faciju mrtvaja. Pored toga, izdvojena su i dva nivoa rečnih terasa. Padinskom sekvencom obuhvaćene su: proluvijalne, deluvijalne i proluvijalno-deluvijalne tvorevine, kao i padinski lesoidi (Pavlović i dr. 1980).

Od magmatskih stena koje se vezuju za srednjomiocenske magmatske pokrete, obavljene pre tortonske marinske transgresije, sreću se granitoidi sa žičnim predstavnicima na planini Kosmaj. Utiskivanjem kosmajskog granitoida, deo gornjokrednih sedimenata, na zapadnim i severozapadnim padinama Kosmaja je kontaktno metamorfisan. Tom prilikom stvoreni su razni varijeteti kornita, ređe i skarnova (Pavlović, 1977).

2.3. Opis kartiranih jedinica

2.3.1. Mezozoik

2.3.1.1. Jura

Serpentiniti (Se) jurske starosti predstavljaju najstarije tvorevine na istraživanom prostoru. Oni su konstatovani su na II padinama Avale u vidu jedne veće, sočivasto izdužene mase čiji je samo, južni deo obuhvaćen listom Smederevo, dok su manje pojave serpentinita pružanja severozapad—jugoistok zapažene u krednim sedimentima Kosmaja i Raljske Kovione.

Odnos serpentinita prema okolnim stenama, izuzev neogena, na ovom terenu je redovno tektonski, što i onemogućava bližu odredbu njegove starosti. Jedine podatke o starosti pružaju sedimentološka ispitivanja, koja pokazuju da su gornjokredni sedimenti u užoj okolini serpentinitne zone izgrađeni i od pretaloženih fragmenata serpentinita.

U kasnijoj fazi alteracije, serpentiniti su dejstvom hidrotermalnih rastvora potpuno promenjeni; stvorene su prostrane kvarcne mase mrko-crvene boje, koje su najčešće praćene i pojavom mineralizacije (Pavlović, 1977).

2.3.1.2. Kreda

Kredni sedimenti na širem istraživanom području leže u zoni koja se pruža od Kosmaja na jugu do Beograda na severu. Izuzev Kosmaja i Raljske Kovione, gde imaju veće rasprostranjenje, najverovatnije kao ostaci u paleoreljefu, ostali deo krednih sedimenata je uglavnom otkriven u manjim erozionim prozorima u neogenu. Na osnovu faunističkih podataka mogu se izdvojiti: alb, alb-cenoman i turon-senon. Odnosi između krednih članova na širem istraživanom području su isključivo tektonski. Na ispitivanom terenu u neposrednoj blizini Kosmaja utvrđene su stene turon-senonske starosti (Pavlović, 1977).

ALB(K₁⁵)

Sedimenti alba imaju malo rasprostranjenje. Otkriveni su u dubljim erozionim usecima ispod neogena ili u tektonski spuštenim blokovima u turon-senonu. Na istraživanom području otkriveni su na području Kosmaj-Babe u izvorišnom delu Sopotske reke i potoka Pruten. U litološkom pogledu predstavljeni su crvenkastim, gvoždevitim peščarima, ređe sitnozrnim konglomeratima, laporovitim peščarima, peskovitim krečnjacima i laporcima. Često se sreću i oolitske rude gvožđa, koje su i karakteristične za ovaj horizont donjokredne serije. Litološki gledano tvorevine alba u ovom području imaju karakteristike turbidita. Približna debljina serije iznosi oko 50 m.

ALB-CENOMAN(K_{1,2})

Sedimenti alb-cenomana su otkriveni u najužoj okolini Velikog Kosmaja na brdu Košutica i u gronjem toku potoka Drumine, gde se redovno nalaze u tektonskom kontaktu sa turon-senonom. Pored bogate mikrofaune u njima su zapaženi i rumenkasti laporci sa inoceramusima, amonitima i bogatom asocijacijom foraminifera. Ukupna debljina turon-senona najverovatnije iznosi od 300—400 m.

TURON-SENON (K₂^{2,3})

Litološki sedimenti turon-senona ne pokazuju veliku raznovrsnost. Izgrađeni su od laporovito-peskovitih krečnjaka, peskovitih laporaca, ređe i peščara. Krečnjaci su slojeviti i pločasti, ređe bankoviti i masivni. U zoni krečnjaka zapažaju se deblji i tanji slojevi krečnjačkih breča, ponekad i veće debljine, tako da se eksploatišu kao ukrasni kamen (Ropočevo).

Starost ove serije određena je na osnovu mikrofaunističke asocijacije. Ukupna debljina turon-senona najverovatnije iznosi od 300—400 m.

Sedimenti turon-senona imaju najveće rasprostranjenje. Otkriveni su u dolini Topčiderske reke i dalje ka jugu, preko Raljske Kovione, Parcanskih Visova, Baba, Ropočeva, Sopota, sve do Kosmaja, gde izgrađuju centralne delove ove planine (Pavlović, 1977).

2.3.2. Kenozoik

2.3.2.1. Neogen

Sedimenti neogena zahvataju oko dve trećine šireg prostora ispitivanog terena.

Ovim sedimentima je u potpunosti obuhvaćen mladenovačko-kosmajski neogeni basen, zatim južni obod neogena okoline Beograda, područje između reka Jasenice i Ralje i tereni Smederevskog Podunavlja.

U stratigrafskom pogledu može se izdvojiti nekoliko serija: marinski torton, brakični sarmat, kaspibrakični panon i gornji pliocen (Pavlović, 1977).

TORTON (₂M₂²)

Pojava marinskih sedimenata na ovom delu terena je vezana za već poznatu tortonšku transgresiju što je i uslovalo da im granica prema slatkovodnim sedimentima srednjeg miocena ima transgresivni karakter. Serija je pretežno izgrađena od sivih i modrih, jako peskovitih glina i glinovitih laporaca sa proslojcima peskova i slojevima uglja i ugljevitih glina. Debljina serije kreće se od 200—250 m.

SARMAT (${}^1M_3^1$)

Najveće prostranstvo zahvataju južno od Kosmaja između Ranilovića i Mladenovačkog Stojnika. Oni se sreću kao manje pojave otkrivene u podini panona. Najpotpunije razviće sarmata zapaženo je u Dučinskoj reci, gde leži konkordantno preko tvorevina marinskog tortona. U više lokalnosti konstatovan je i transgresivan položaj sarmata u odnosu na starije sedimente.

Usvajajući litostratigrafsku podelu donjosarmatskih sedimenata Stevanovića (1949) izdvojene su dve kartirane jedinice: glinovito-peskoviti (${}^1M_3^1$) i krečnjačko-peščarski deo (${}^1M_3^1$) donjosarmatske serije.

PANON (M_3^2)

Panonski sedimenti zauzimaju najveće rasprostranjenje u odnosu na ostale neogene tvorevine. Javljaju se u pojasu koji se kontinuirano pruža od Smederevske Palanke, preko Mladenovca, Ripnja i Vrčina, gde se vezuju za panon Beogradske Posavine. Panonska serija je uglavnom prekrivena vegetacijom, ali postoje lokalnosti na osnovu kojih je rekonstruisan geološki stub. On počinje sa 20 m debelog sloja belih slojevitih laporaca u podini, preko kojih leže raznobojni nevezani kvarcni peskovi, različitog granulometrijskog sastava, koji ujedno predstavljaju i najrasprostranjenije članove serije. Sa peskovima se smenjuju proslojci sivobelih, sivih, sivozelenkastih peskovitih glina, šljunkova i konglomerata.

GRUBOKLASTIČNA SERIJA (P1?)

Na južnom obodu lista Smederevo, rasprostranjena je jedna gruboklastična serija, izgrađena isključivo od vrlo krupnozrnih konglomerata.

Slične gruboklastične tvorevine zapažene su i na zapadnim padinama Kosmaja iznad faunistički dokumentovanog panona. Uzimajući u obzir položaj ove serije kao i litološki sastav fragmenata, koji je izgrađuju, može se pretpostaviti da je u pitanju jedna, najverovatnije postmiocenska tvorevina koja ima sve elemente gruboklastične molasne formacije (Pavlović, 1977).

2.3.3. Kvartar

Padinski lesoidi (ls)

Na istraživanom području preko neogenih sedimenata nalaze se tvorevine koje su po načinu pojavljivanja i litološkom izgledu veoma slične kopnenom lesu. Analizom faune došlo se do zaključka da su ove tvorevine nastale u kontinentalnim uslovima. Pretpostavlja se da je eolski materijal deponovan na blago nagnutim grebenima i padinama, pretaložen procesima deluvijalnog spiranja. Sedimenti koji su ovom prilikom stvoreni, mogu da zadobiju neke osobine lesa. Ovako nastale tvorevine su poznate kao padinski lesoidi, koji bi po genezi najverovatnije odgovarali lesoidnim tvorevinama u ispitivanom području. U prilog ovoj pretpostavci ide i zapažanje sedimentologa, da lesoidne naslage preko neogenih i kvartarnih peskova imaju pretežno peskovito-glinoviti sastav, koji se podudara sa građom podine (Pavlović, 1977).

Aluvijum (a)

Javlja se u dolinama većih reka—Jezava, Rajla, kao i njihovih većih pritoka. Za sada nije uočena zakonitost u građi vertikalnih profila kod aluvijalnih nanosa. Šljunak koji redovno predstavlja faciju korita u ovom slučaju mahom izostaje; najčešće se javljaju sitnozrni peskovi, alevriti i alevro-peliti (Pavlović, 1977).

2.3.4. Granitoidi Kosmaja i njihovi žični pratioci

Magmatske stene istraživanog područja su neogene starosti. Od njih se sreću kvarclatitski piroklastiti, granitoidi sa žičnim pratiocima (apliti i lamprofiri) i rioliti. Pomenute stene se najverovatnije vezuju za jednu od srednjomiocenskih magmatskih faza, što je i karakteristično za najveći deo tercijarnih magmata Šumadije.

MONCOGRANIT ($\gamma\delta$)

Kosmajski granitoid se uklapa u pojas mlađih plutonita, koji se istočnim i severoistočnim obodom unutrašnjih Dinarida pruža od Kopaonika na jugu, preko Željina, sve do Avale na severu. Prema Lukoviću (1958), kosmajski intruziv je utisnut u intervalu između gornje krede (kampan-mastriht) i sarmata.

Konstatovan je na zapadnim padinama Kosmaja u ataru sela Rogače. Otkriveno je više manjih pojava na prostranstvu od 2—3 km². Granitoid je jako grusificiran, izuzev varijeteta u izvorišnom delu potoka Radovac koji je kompaktna. Najverovatnije predstavlja apikalne delove jednog plutona, koji na osnovu rasprostranjenja kontaktno izmenjenih stena, zahvata znatno veće prostranstvo u dubljim delovima. Stenu odlikuje porfiroidna struktura, pri čemu se u hipidiomorfno-zrnastoj osnovi javljaju idiomorfni kristali ortoklasa (Pavlović, 1977).

APLITI (φ)

Apliti predstavljaju žične pratioce granitoida i konstatovani su na zapadnim padinama Kosmaja. Apliti su znatno svežiji i kompaktniji od granitoida i karakterišu ih oštri kontakti prema intruzivu. Boje su svetlo sive, sitnozrni, afanatičnog habitusa. Strukture su hipidiomorfno zrnaste. Izgrađeni su od ortoklasa, andezina (oko 38% anortita) i kvarca. Kao sporedni sastojci sreću se biotit, apatit, sfen, cirkon i magnetit.

LAMPROFIRI (λ)

Lamprofiri su zapaženi u području planine Kosmaj, i kao i apliti, predstavljaju žične pratioce granitoida. Na području planine Kosmaj su grusificirani i javljaju se u žicama debljine i do 20 m, koje zapunjavaju dva skoro upravna sistema pukotina. Promene kod kosmajskih lamprofira (karbonitizacija, hloritizacija i silifikacija) su toliko izražene, da je skoro nemoguće izvršiti neku detaljniju mikroskopsku obradu.

IZMENJENE STENE

Pod uticajem granitoidne magme, gornjokredni sedimenti na zapadnim i severozapadnim padinama Kosmaja su intenzivno kontaktno metamorfisani.

Širina ove zone iznosi oko 2 km. Na osnovu stepena metamorfnih promena mogu se razlikovati dve zone metamorfizma. U prvoj zoni, koja se nalazi uz neposredan kontakt sa granitoidom, došlo je do stvaranja potpuno novih stena, kao što su razni tipovi kornita, ređe i skarnova, dok su u drugoj zoni stene samo neznatno zahvaćene procesima kontaktnog metamorfizma.

Pored kontaktno-metamorfisanih stena, na području od Kosmaja do Baba konstatovane su i hidrotermalno izmenjene stene. Na ovom prostoru je duž složenog sistema mladih raseda i pukotina, došlo do cirkulacije hidrotermalnih rastvora, koji su promenljivim intenzitetom zahvatili sve stene ovog područja. Promene se manifestuju jakom silifikacijom (Steničke Bare), koja je praćena sericitizacijom, limonitizacijom, kaolinizacijom i dr. Smatra se, da je u nastavku hidrotermalnih procesa, na terenu Kosmaj—Babe i došlo do obrazovanja Pb—Zn ležišta. Tragovi hidrotermalne aktivnosti konstatovani su još, na južnim i istočnim padinama Kosmaja gde se u sedimentima gornje krede, duž jedne dislokacije, sreću izvesne pojave mineralizacije (limonitizacija i dr.) (Pavlović i dr., 1980).

2.4. Istorija stvaranja terena

Geodinamiku prostora Srbije tokom tercijara odlikuje koliziona i postkoliziona tektonika koja je praćena finalnim zatvaranjem Tetiskog okeana (Karamata i dr., 1982). Na početku tercijara dolazi do konsolidacije i naknadnog kolapsa Dinaridskog ogranka Alpskog orogenog pojasa. Ovi geodinamički događaji prouzrokovali su epizode magmatske aktivnosti od paleocena, pa sve do pliocena. Granitoidi Kosmaja su nastali u paleogeno-ranoneogenoj fazi magmatske aktivnosti, kada su na našem prostoru nastale najveće mase magmatskih stena.

Paleogeno-ranoneogeni magmatizam nam ukazuje na druge geološke događaje iz tog vremena. Treba napomenuti da je pre 40-20 miliona godina prostor današnje Srbije bio toliko vulkanski aktivan, da je u tom periodu nastalo 90% kenozojskih magmatskih stena veoma raznorodnih po sastavu (Cvetković, 2014).

Do pomaka u tumačenju porekla stena nastalih u ovom periodu došlo se početkom 21. veka kada je sintezom svih postojećih podataka utvrđeno da se fokus magmatske aktivnosti nalazi bliže glavnoj osi Dinaridskog orogena, odnosno složenoj šavnoj zoni nekadašnjeg Neotetisa.

Evolutivni model centralnog dela Balkanskog poluostrva za period od trijasa do kvartara predložio je Karamata (1975) na osnovu dotadašnjih saznanja.

Prema ovom modelu prostor sa okeanskom korom koji se razvio od gornjeg trijasa do srednje jure počinje da se zatvara krajem srednje jure. Tada počinje subdukcija u pravcu severoistoka.

Okeanski domen biva zatvoren krajem jure i početkom krede, s tim što kompresija duž suturne zone traje do gornje krede, a u nekim područjima čak do oligocena. Tokom faze kompresije produžava se spor proces subdukcije kojim dolazi do subdukovanja nekih delova kontinentalnih blokova. Usled potiska kontinentalne kore pod koju se subdukuju delovi druge, dolazi do brzog izdizanja subdukujuće kontinentalne kore. Ovaj proces traje i danas.

Krajem jure i početkom krede subdukovana ploča je dostigla dubinu od oko 150 km. Na toj dubini ploča se zagreva, pa dolazi do parcijalnog stapanja subdukovane okeanske kore. Parcijalno stapanje okeanske kore dovodi do njene dehidracije i snižavanja temperature stapanja gornjeg omotača, pri čemu se stiču uslovi da se i omotač parcijalno stapa. Ove magme se polako izdižu i pojavljuju se blizu površine ili na samoj površini na početku gornje krede.

Lokalizovane su na prostoru duž zone riftovanja, a danas ih opažamo kao stene Timočke eruptivne zone. Ove magme su inicijalno bogate vodom, dok kasnije postaju skoro suve i obogaćene kalijumom usled kontaminacije materijalom koji vodi poreklo iz kore (Cvetković, 2014).

Nakon kolizije kontinentalnog segmenta tokom donje krede, došlo je do zagrevanja donjih delova kontinentalne kore usled produžene kompresije i povlačenja njenih delova dublje u omotač. Razlog za zagrevanje kontinentalne kore je povišen toplotni tok u gornjem omotaču. Ovaj sistem je postao dovoljno zagrejan verovatno tokom gornje krede kada je došlo do stvaranja granitskih do granodioritskih rastopa u dubljim delovima kontinentalne kore pri pritiscima od oko 10kb.

Usled veoma sporog kretanja kroz kontinentalnu koru, ove magme su dostigle površinu tek u paleogenu, s tim što je najveća količina magmatske mase intrudovana tokom neogena. Razlog intrudovanja paleogeno-ranoneogenih magmi je gravitaciona nestabilnost Dinaridskog orogena.

Bazične magme koje su pri ovom magmatizmu bile podređene po značaju i njihovo pojavljivanje ukazuje na prisustvo ruptura koje su pružale do gornjeg omotača. Ove rupturi su na površini bile izražene kao normalni rasedi po kojima je došlo do stvaranja novih sedimentacionih prostora. Prisustvo ovakvih ruptura dovelo je do delimičnog stapanja najdubljih delova litosfere sastavljene od peridotita i prethodno deponovanog materijala kontinentalne kore. Ovim magmama je bilo onemogućeno izdizanje iznad Mohorovičićevog diskontinuiteta, jer nisu mogle da prođu kroz debelu i lakšu koru orogena, ali su predstavljale efikasan transfer toplote koji je omogućio stapanje stena smeštenih iznad Mohorovičićevog diskontinuiteta. To su verovatno bile metabazične stene donje kontinentalne kore čijim stapanjem nastaje I-tip granitoidne magme. Ovaj tip granitoidne magme predstavlja karakteristiku svih paleogeno-ranoneogenih magmi kenozojskog magmatizma (Cvetković, 2014).

Tercijarne magmatske stene Dinaridskog pojasa i Srpsko-Makedonske mase petrografski pripadaju tercijarnim kalijskim stenama i Pb-Zn-Sb metalogenetskoj provinciji i vode poreklo iz kontinentalne kore (Karamata, 1974, 1975). Takođe je utvrđeno da su postojale dve podfaze paleogeno-ranoneogenog magmatizma. Starija, oligocenska podfaza (~30 Ma) je granodioritska i dacitoandezitska, dok mlađu, ranomiocensku podfazu (~20 Ma) odlikuju stene bogate kalijumom (granodioriti do kvarcmonconiti i kvarclatiti do latiti), kao i prisustvo piroklastita. Takođe stene mlađe podfaze se vezuju za metaličnu mineralizaciju (Karamata, 1980).

2.5. Pregled ranijih istraživanja

Prve podatke o geološkoj građi Kosmaja dali su francuski geolozi Boue i Viquesnel koji su početkom XIX veka počeli da izučavaju geologiju Balkanskog poluostrva. Prema njihovim podacima Kosmaj je uglavnom izgrađen od glinenih škriljaca i peščara sa umecima vrlo čvrstih krečnjaka zrnastog preloma. Boue (1870) je menjao mišljenje o starosti krečnjaka Kosmaja koji su veoma siromašni faunom. Najpre je smatrao da su paleozojski, zatim kredni, pa eocenski.

Viquesnel (1842) je sedimente Kosmaja svrstao u kredu na osnovu njihovog položaja u odnosu na litološki slične tvorevine u Šumadiji koje je na osnovu paleontoloških podataka odredio kao kredne. Viquesnel je takođe zapazio da je pružanje slojeva uglavnom po pravcu sever-jug, zatim da su slojevi tektonski poremećeni i sa vrlo strmim padovima. Prvi je zapazio i pojavu serpentinita pri vrhu Kosmaja.

Žujović (1893) je na osnovu pronalaska fosilne faune u Koraćici i u Babama dokazao krednu starost Kosmajskih sedimenata, pri čemu je pronađene fosile na osnovu njihovih formi svrstao u donju kredu.

Žujović takođe daje podatke o pojavama magmatskih stena u okolini Guberevca i Baba, zatim o liskunovitoj lamprofirskoj steni koja je lokalizovana na prevoju između Velikog Kosmaja i Malovana.

Cvijić (1909) smatra da su kosmajski krečnjaci bili izloženi visokim pritiscima čijim dejstvom su se znatno metamorfisali.

Na ovim prostorima je tokom Prvog svetskog rada radila grupa geologa pod vođstvom Loczy-a (1924). Rezultati ovog istraživanja ukazuju na prisustvo mlađih granitoidnih stena na Kosmaju.

Prvu geološku kartu uže okoline Kosmaja u razmeri 1:100.000 objavili su Milojević i Protić (1927). Pored karte na kojoj su kredne tvorevine prema Žujoviću svrstane u donju kredu, detaljno opisuju pojedine izdanke sedimentnih stena i naglašavaju pojavu metamorfita na zapadnoj strani planine. Oni odbacuju prisustvo mlađih granitoidnih stena, a najmanje u vidu lakolita ili vulkanskih kupa, već ističu isključivo prisustvo žica trahitoidnih stena iz potoka Tresije.

Dimitrijević (1931) daje prilog za poznavanje rudnih pojava kod sela Baba i Guberevca i pominje pojavu sedimenata sa karakterističnim produktima kontaktnog metamorfizma.

Gočanin (1935) je pokušao da raščlani kosmajsku sedimentnu seriju na osnovu litološke sličnosti sa sedimentima drugih lokaliteta u Šumadiji. On smatra da sedimenti istočnog i zapadnog oboda Kosmaja pripadaju juri, dok središnji deo kod Košutice pripada goltskoj i cenomanskoj starosti.

Na osnovu ovih zaključaka, Gočanin prvi pominje sedimente gornje krede na Kosmaju, s tim što njegova zapažanja nisu zasnovana na paleontološkim ispitivanjima. Gočanin (1938) je pronašao odlomke rudista u flišu između Ralje i Sopota. On takođe smatra da metamorfisani sedimenti zapadnog oboda Kosmaja pripadaju nekoj starijoj seriji i ističe važnost određivanja metamorfne serije u vezi sa odredbom starosti monconitskog granita.

Pavlović i Ilić (1937) su objavili prve podatke o rasprostranjenju, sastavu i starosti granitoidnih stena i utvrdili su da je metamorfizam na Kosmaju izvršen kontaktnim uticajem magme. Na osnovu mineraloških analiza zaključili su da stene sa zapadnih padina Kosmaja odgovaraju monconitskom granitu i smatraju da su stvoreni tokom gornje krede ili starijeg tercijara.

Jovanović (1938a, 1938b) je konstatovao prisustvo fliša na Kosmaju i dokazao je gornjokrednu starost sedimenata, preciznije senonsku, na osnovu pronalaska orbitoida (foraminifera). On u oblasti Ralje, Baba i Sopota razlikuje dve sedimentne facije: goltsko-cenomansku i fliš gornje krede. Takođe je objavio geološku kartu užeg dela Kosmaja (razmere 1:75.000) na kojoj je izdvojio metamorfnu zonu kornita.

Milovanović (1951) je konstatovao široko rasprostranjenje senonskih sedimenata čiju je starost na osnovu kredne faune bliže odredio na kampan-mastriht.

Anđelković (1952, 1953) je objavio faunu iz dve oblasti na Kosmaju: gornjosenonsku iz potoka Altinca i goltsku kod sela Babe. Na osnovu faune je utvrdio da gvoždeviti peščari kod sela Babe pripadaju donjem i srednjem goltu. Pored toga Anđelković je dao geološku kartu okoline sela Babe i Gubereva u razmeri 1:50.000.

Luković (1958) konstatuje da magmatske stene na više mesta probijaju kosmajске sedimente i da su one predstavljene monconitskim granitom koji je praćen produktima diferencijacije, aplitima i lamprofirima, pri čemu su apliti vezani za sam granit, dok se lamprofiri javljaju na raznim mestima kosmajске oblasti. Na osnovu petrohemijskih karakteristika, zaključio je da monocograniti čine prelaz od kalkoalkalnih ka kalijским tipovima i pripadaju periadrijskoj tonalitskoj zoni. Smatra da je intrudovanje kosmajskog granita izvršeno u tercijaru, pre taloženja sarmatskih sedimenata, a lamprofirske žice, koje probijaju serpentinite su intrudovane nakon obrazovanja kraljušaste strukture.

Rakić (1961) je u radu o metalogeniji šumadijske zone detaljno opisao olovo-cinkovo ležište Babe i Kosmaja.

Vukotić (1962) je proučavajući kontaktni metamorfizam tercijarnog magmatizma na teritoriji Srbije opisao kontaktno-metamorfne tvorevine nastale uticajem kosmajskog granitoida.

Dolić (1965) je izdvojio gornji i donji nivo u panonskim sedimentima šire okoline Kosmaja i dokumentovao ih faunistički.

Pavlović (1977) smatra da granit Kosmaja po svojim mineraloško-hemijskim karakteristikama odgovara granit-monconitu i da je po habitusu i sastavu sličan porfiroidnim varijetetima kopaoničkog granitoida.

Vasković (1987) na osnovu petroloških i geochemijskih ispitivanja zaključuje da moncogranit Kosmaja pripada I-tipu granitoida, a na osnovu pripadnosti magnetitskoj seriji granita pretpostavlja da je magma koja je dala ove stene obrazovana u kontinentalnoj kori.

Karamata i dr., 1994 određuju starost moncogranita Kosmaja K/Ar metodom na 30-29 miliona godina. Ovi produkti oligocenskog magmatizma pripadaju Pb-Zn-Ag-Sb-(Cu-W-Mo) metalogenetskoj provinciji (Karamata, 1974). Poreklo elemenata je uglavnom krystalno, a u gornje nivoe su prineti magmatskim rastopima.

Cvetković (2014) zaključuje da paleogeni-ranoneogeni magmatizam centralnog Balkanskog poluostrva najverovatnije nastao zbog gravitacione nestabilnosti Dinaridskog orogena. On ističe da među ovim stenama ima najmanje pravog granita, a da preovlađuju granodioriti, kvarcdioriti, moncograniti, moncodioriti, kvarcmonconiti i drugi tipovi.

U paleogeno-ranoneogenom magmatizmu je izdvojio dve podfaze koje se sem po starosti razlikuju i po sastavu, pri čemu je starija pretežno granodioritska i dacitoandezitska, dok se mlađa odlikuje stenama sa povišenim sadržajem kalijuma.

2.6. Geotermobarometrija

Kao deo utvrđivanja geološke istorije stena i regiona, geolozi su dugo pokušavali da procene temperaturu i/ili pritisak formiranja magmatskih i metamorfne stene. Rani pristupi su uglavnom bili kvalitativni. Iz tog razloga je značajna geotermobarometrija, tehnika zasnovana na radu eksperimentalne petrologije. Ona predstavlja proračun temperature i pritiska na kojima je metamorfna ili magmatska stena dostigla ravnotežu. Do ovih vrednosti se dolazi na osnovu merenja distribucije elemenata između koegzistirajućih faza. Distribucija elemenata se dobija na osnovu analize hemijskog sastava dva ili više minerala čija su zrna najčešće u direktnom kontaktu. Sastav minerala magmatskih i metamorfnih stena, koji čine čvrsti rastop, varira u odnosu na uslove temperature i pritiska zbog reakcija razmene ili kontinuirane reakcije. Stoga sastav minerala uključenih u ove reakcije predstavlja osetljivi indikator P i T uslova. Modelovanjem uslova ravnoteže u laboratorijskim uslovima, dobijaju se vrednosti konstante distribucije (K) korelisanjem sa laboratorijskim P i T uslovima (Winter, 2001). Ukoliko su poznati pritisak (P) i temperatura (T) na kojima je magmatska ili metamorfna stena bila u ravnoteži, moguće je doći do zaključka o tome u kom delu litosfere se stena formirala. Tako su, na primer, neki tektonski procesi povezani sa karakterističnim pritiscima i temperaturama, pa se uslovi visokog pritiska i niskih temperatura vezuju samo za zone subdukcije.

Geotermometri su sklopovi koji se formiraju reakcijama koje su osetljive na temperaturu, ali ne zavise mnogo od pritiska, nasuprot geobarometrima, sklopovima koji su osetljivi na pritisak, ali ne zavise mnogo od temperature.

Bitno je istaći da ne sadrže sve stene asocijacije minerala koji čine odgovarajuće geotermometre ili geobarometre.

2.6.1. Geotermometrija

Poslednjih dvadesetak godina razvojem laboratorijskih proučavanja (analize mikrosandom i dr.) uz nove termodinamičke podatke omogućeno je bolje razumevanje magmatskih procesa i tačniju odredbu temperature kristalizacije

minerala. Neki geotermobarometri su osetljivi (manje tačni) na područje viših pritisaka i temperatura, a neki nisu, što direktno zavisi od asocijacije minerala koji se javljaju u ispitivanim stenama. Ovo je važno kod primene izabranih metoda, jer greške mogu biti velike. Najčešće se koristi više metoda za istu asocijaciju mineralnih parova kako bi se greške izbegle ili svele na minimum. Pri izboru metode za geotermometrijska izračunavanja treba obratiti pažnju i na strukturne osobine minerala koje zavise od uslova njihovog stvaranja. Ovo je čest problem kod alkalnih feldspata koji se mogu javiti u više strukturnih stanja zavisno od uslova nastanka, ortoklas, mikroklin, sanidin itd.

Analize minerala mikrosondom daju isključivo ukupan sadržaj gvožđa, pa se naknadno na osnovu njihovih strukturnih formula određuje se sadržaj dvovalentnog i trovalentnog gvožđa.

Za minerale koji sadrže mali procenat Fe^{3+} (granati i neki pirokseni) problem nije značajan, ali kod amfibola, biotita itd. pogrešan izbor metode za određivanje Fe^{3+} može dati nerealne rezultate kod izračunavanja u okviru primenjenog geotermometra ili geobarometra.

Reakcije zamene podrazumevaju zamenu dva slična atoma na različitim položajima u strukturi istog minerala ili zamenu atoma između dva minerala. Atomi mogu biti elementi sličnog naelektrisanja i sličnog radijusa jona.

Ove reakcije su tipično veoma osetljive na temperaturu, ali nisu osetljive na pritisak, jer nema veće promene zapremine minerala prilikom reakcija zamene. Najčešći geotermometri uključuju razmenu Fe^{2+} i Mg^{2+} između dva minerala, na primer, između granata i piroksena (Sudholz i dr., 2022).

Solvus geotermometrija uključuje faze koje formiraju čvrst rastvor pri visokoj temperaturi, ali koje se razdvoje u faze tokom hlađenja. Sastav koegzistirajućih minerala koji imaju solvus odnos je indikator temperature, iako u nekim slučajevima to može biti temperatura koja predstavlja deo toka hlađenja stene. Primeri: muskovit-paragonit; kalcit-dolomit; ortopiroksen-klinopiroksen i feldspati Claude T. Herzberg (Herzberg, 1978).

Sastav koegzistirajućeg plagioklasa i kalcijuskog amfibola može se koristiti za procenu temperature.

Ostali geotermometri uključuju koncentracije elemenata u tragovima. Na primer, koncentracije Ti u kvarcu i cirkonu, cirkonijuma u ravnoteži sa rutilom (TiO_2), kao i koncentracija Zr u rutilu. Ovi geotermometri se mogu primeniti na magmatske i metamorfne stene, ali zahtevaju mikrosondu ili ICPMS za analizu koncentracija elemenata u tragovima Ti i Zr (ppm, ppb). Drugi geotermometar sa elementima u tragovima sa primenom na metamorfnim stenama uključuje koncentraciju itrijuma u koegzistirajućim monacitu i granatu (Larson i dr. 2022.)

2.6.2. Geobarometrija

Pomoću geobarometara se dobija pritisak pri kom je završena kristalizacija u metamorfnim i instruzivnim magmatskim stenama.

Kao i kod geotermometara, geobarometrija se oslanja na činjenicu da se mineralni parovi međusobno razlikuju po sastavu u odnosu na pritisak i temperaturu pri kojoj su kristalisali.

Distribucija određenih elemenata se analizira primenom mikrosonde ili skenirajućeg elektronskog mikroskopa. Reakcije osetljive na pritisak (geobarometri) uključuju značajnu promenu zapremine, kao što je transformacija anortita (Ca-plagioklas) u grosular (Ca-granat) + disten + kvarc (Nrwrox, 1988).

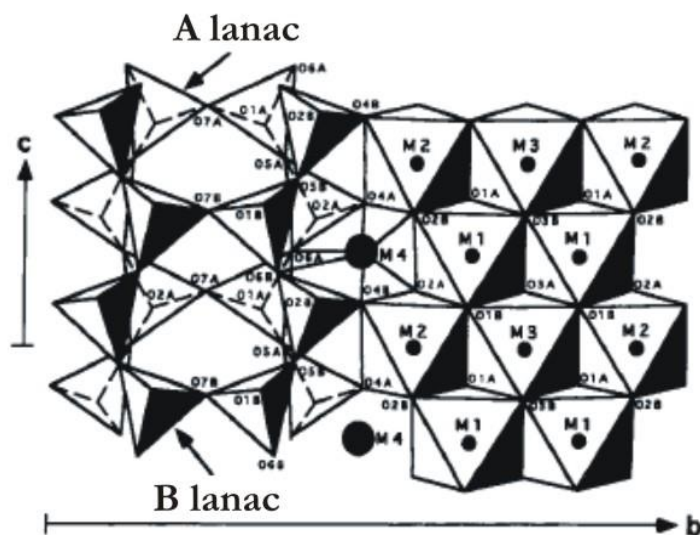
U radu je izvršeno izračunavanje temperature i pritiska na osnovu amfibol-plagioklas kalibracija, a pritisak je određen i na osnovu ukupnog sadržaja aluminijuma u amfibolu.

2.6.3. Opšte karakteristike i klasifikacije amfibola i plagioklasa

2.6.3.1. Amfiboli

Ime amfibol se odnosi na grupu makroskopski sličnih minerala, različitog hemijskog sastava. Amfiboli su široko rasprostranjeni minerali magmatskih i metamorfnih stena i pripadaju grupi inosilikata dvostrukih lanaca SiO_4^{4-} - tetraedara (Zussman et al., 1963), opšte hemijske formule $AB_2^{\text{VI}}C_5^{\text{IV}}T_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$.

Prema nomenklaturi (Leake et al., 1997), mineral iz grupe amfibola nije definisan samo formulom $AB_2^{VI}C_5^{IV}T_8O_{22}(OH)_2$, već mora imati i strukturu koju u osnovi izgrađuju dvostruki lanci SiO_4 tetraedara (slika 3).



Slika 3: Detalj strukture amfibola (Papike, 1969)

Komponente formule opisane po konvenciji kao A, B, C, T i „OH“ saglasne su sa kristalografskim položajima prikazanim u tabeli 1.

Joni za koje se uobičajeno smatra da zauzimaju ove položaje su u kategorijama prikazanim u tabeli 2.

Tabela 1. Komponente opšte hemijske formule u strukturi amfibola

Komponenta u formuli:	položaj u strukturi amfibola:
A	jedan položaj po formulskoj jedinici
B	dva $M4$ položaja po formulskoj jedinici
C	kombinacija od pet položaja sačinjena od dva $M1$, dva $M2$ i jednog $M3$ položaja po formulskoj jedinici
T	osam položaja, u dva skupa od četiri položaja
„OH“	dva položaja po formulskoj jedinici

Tabela 2. Mogući kristalografski položaji jona u strukturnoj formuli amfibola.

Jon u strukturnoj formuli amfibola:	mogučí kristalografski položaj:
(upražnjen položaj) i K	samo u A
Na	u A ili B
Ca	samo u B
Joni L-tipa: Mg, Fe ²⁺ , Mn ²⁺ , Li i retko Zn, Ni, Co	u C ili B
Joni M-tipa: Al, Fe ³⁺ i veoma retko, Mn ³⁺ , Cr ³⁺	samo u C
Visoko valentni joni: Ti ⁴⁺	u C ili T
Zr ⁴⁺	samo u C
Si	samo u T
Anjoni: OH, F, Cl, O	u „OH“

Joni M-tipa uobičajeno zauzimaju *M2* položaje, pa su limitirani na dve od pet *C* pozicija. Uzimajući u obzir sve ove činjenice, standardna formula amfibola treba da se izračuna poštujući sledeće principe, uz napomenu da je ovo samo aritmetička konvencija po kojoj se joni raspoređuju po podesnim i logičnim pozicijama, što svakako treba da bude potvrđeno direktnim strukturnim dokazima.

Pri izračunavanju kristalohemijske formule treba se pridržavati sledećih ustanovljenih pravila:

1. Ako su sadržaji H₂O i halogenida dobro ustanovljeni, formula se izračunava na 24 (O,OH,F,Cl).
2. Ukoliko je sadržaj H₂O i halogenida nepouzdan, formula se izračunava na bazi 23 (O) sa pretpostavljenih 2 (OH, F, Cl), osim u slučaju da to vodi ka nemogućnosti zadovoljenja bilo kojeg od navedenih kriterijuma, pa se tada pretpostavlja novi, zadovoljavajući broj (OH+F+Cl).
3. *T* položaj sumirati na 8.00 koristeći najpre Si, zatim Al i na kraju Ti. Zbog pojednostavljenja nomenklature Fe³⁺ nije smešteno u *T* položaj. Uobičajena maksimalno dozvoljena zamena Si je 2, međutim, može biti i više.
4. *C* položaj sumirati na 5.00 koristeći višak Al i Ti iz tačke 3, a zatim sukcesivno popunjavati sa Zr, Cr³⁺, Fe³⁺, Mn³⁺, Mg, Fe²⁺, Mn²⁺, bilo kojim jonom *L*²⁺ - tipa i na kraju sa Li.

5. *B* položaj sumirati na 2.00 koristeći višak Mg, Fe²⁺, Mn²⁺ i Li iz tačke 4. a zatim popuniti sa Ca i na kraju sa Na.
6. Suvišan Na iz tačke 5. dodeljuje se položaju *A*, a zatim se dopunjava sa svim K. Ukupna suma u *A* treba da je između 0.00 i 1.00.

Najčešće nepouzdanosti proističu iz nedostatka analiza za H₂O, Fe³⁺ i Fe²⁺. Postupak prilagođen za razdvajanje Fe u Fe³⁺ i Fe²⁺, može da utiče na ime amfibola, pogotovo ukoliko je sastav blizak $Mg/(Mg + Fe^{2+}) = 0.50$ ili $Fe^{3+}/(Fe^{3+} + {}^{VI}Al) = 0.50$. Isti ukupni sastav može dati dve ili više različitih mogućnosti imenovanja amfibola u zavisnosti od raspoređivanja Fe. Usvojeno je po konvenciji da se za razdvajanje Fe preporučuje uobičajen postupak (Schumacher, 1991), u svrhu imenovanja amfibola.

Amfiboli su generalno klasifikovani u četiri grupe, u zavisnosti od zauzeća položaja *B*:

- 1) *Magnezijum-gvožđe-mangan-litijski* amfiboli, kod kojih je $(Ca + Na)_B < 1.00$ i suma jona *L*-tipa (Mg, Fe, Mn, Li) ≥ 1.00 .
- 2) *Kalcijski* amfiboli, gde je $(Ca + Na)_B \geq 1.00$ i $Na_B < 0.50$;
Obično je, mada ne uvek, $Ca_B > 1.50$.
- 3) *Natrijsko-kalcijski* amfiboli, kod kojih je $(Ca + Na)_B \geq 1.00$ a Na_B je između vrednosti 0.50 i 1.50.
- 4) *Natrijski* amfiboli, gde je $Na_B \geq 1.50$.

U okviru svake pomenute grupe, moguće je imenovati amfibol odgovarajućeg sastava koristeći dijagrame (Leake et al., 1997) koji su dodatno podeljeni na osnovu udela Si i odnosa $Mg/(Mg + Fe^{2+})$ ili $Mg/(Mg + Mn^{2+})$, ali i udela drugih elemenata i/ili njihovih suma u različitim položajima.

2.6.3.2. Plagioklasi

Plagioklasi predstavljaju izomorfnu seriju minerala, čiji su krajnji članovi albit (NaAlSi₃O₈) i anortit (CaAl₂Si₂O₈). Serija plagioklasa pripada grupi silikata, podgrupi tektosilikata, klasi feldspata. Sastav svakog minerala iz serije plagioklasa direktno je uslovljen sadržajem albanske (Ab) i anortitske (An) komponente.

Sadržaji ovih komponenti uglavnom se dobijaju hemijskom analizom, a mogu se odrediti i merenjem indeksa prelamanja minerala ili ugla cepljivosti na polarizacionom mikroskopu. Ugao cepljivosti se može odrediti optičkom mikroskopijom i varira sa promenom sadržaja albitske komponente. Serija plagioklasa sadrži šest minerala koji su albit, oligoklas, andezin, labrador, bitovnit i anortit.

3. SPECIJALNI DEO

3.1. Metode ispitivanja

Ispitivanje granitoida Kosmaja vršeno je najpre terenskim, a potom i laboratorijskim metodama ispitivanja. Terenska ispitivanja obuhvatila su detaljan obilazak potoka Radovac na planini Kosmaj u maju i junu 2021. godine kada su prikupljeni uzorci sveže stene na kojima su primenjene laboratorijske analize. U laboratoriji za petrologiju magmatskih i metamorfnih stena na Rudarsko-geološkom fakultetu su najpre napravljeni petrografski preparati za ispitivanje uzoraka stene metodom polarizacione mikroskopije. Nakon optičkih ispitivanja, uzorci su analizirani SEM-EDS metodom u Laboratoriji za SEM na Departmanu za MKPG Rudarsko-geološkog fakulteta. Ovim analizama dobijen je hemijski sastav pojedinačnih mineralnih vrsta. Ove analize su korišćene za geotermobarometrijska proučavanje granitoida Kosmaja.

Za proračunavanje temperature ravnoteže korišćen je amfibol-plagioklas geotermometar, dok je za proračunavanje pritiska primenjen najnoviji geobarometar zasnovan na ukupnoj količini aluminijuma u amfibolu (hornblendi). U daljem tekstu opisana je detaljna metodologija ovih ispitivanja.

3.1.1. Terenska ispitivanja

Magmatske stene Kosmaja utisnute su u flišne sedimente. Izdanak ove mase obuhvata srednji tok potoka Radovac, koji je usečen u intruziv veličine 30m upravno na potok i 20m u pravcu toka potoka (Slika 4).

Potok Radovac je i nizvodno utisnut u intruziv, ali su stene na ovom delu veoma grusifikovane (Slika 5). Koordinate izdanka koji je uzorkovan za dalje petrološke analize su X-7464031 i Y-4923240 po Gaus-Kriggerovom koordinatnom sistemu.



Slika 4: Izdanak granitoida u potoku Radovac



Slika 5: Narandžastom isprekidanom linijom odvojena je sveža stena (ispod linije) od grusifikovane stene (iznad linije)

Na terenu je utvrđeno da ovo telo poseduje porfiroidnu strukturu koju karakterišu izrazito krupni i rozikasti kristali ortoklasa veličine i do 5 cm. U steni se makroskopski mogu uočiti i plagioklas veličine i do 2 cm, kvarc, hornblenda i biotit.

Izdanak karakteriše prizmatično lučenje koje se ogleda kroz tri sistema pukotina lučenja. Prvi set pukotina je subvertikalan i prati pružanje potoka. Azimut pružanja ovih pukotina lučenja je 45-225. Debljina segmenata podeljenih pukotinama lučenja ovih pravaca pružanja iznosi 15-40 cm. Elementi pada drugog seta pukotina lučenja su 325/11, dok su elementi pada trećeg seta pukotina 248/55. Izdanak preseca subvertikalni rased čije je pružanje 10-190.

3.1.2. Laboratorijska ispitivanja

3.1.2.1. Metoda polarizacione mikroskopije

Kako bi se uzorci prikupljeni pri terenskom istraživanju pripremili za petrografski pregled, bilo je neophodno napraviti petrografske preparate.

Za njihovu izradu korišćena je Laboratorija za izradu preparata na Departmanu za MKPG Rudarsko-geološkog fakulteta, Univerziteta u Beogradu. Kompletna izrada preparata, sa i bez pokrovnog stakla, urađena je na uređajima marke Buehler AbrasiMet 250 (Slika 6) i Buehler Petro Thin (Slika 7) na kojima je izvršeno odsecanje, brušenje i finalno poliranje uzoraka.

Pripremljeno je 8 petrografskih preparata koji su analizirani kako bi se došlo do mikroskopskog opisa i determinacije ove stene.



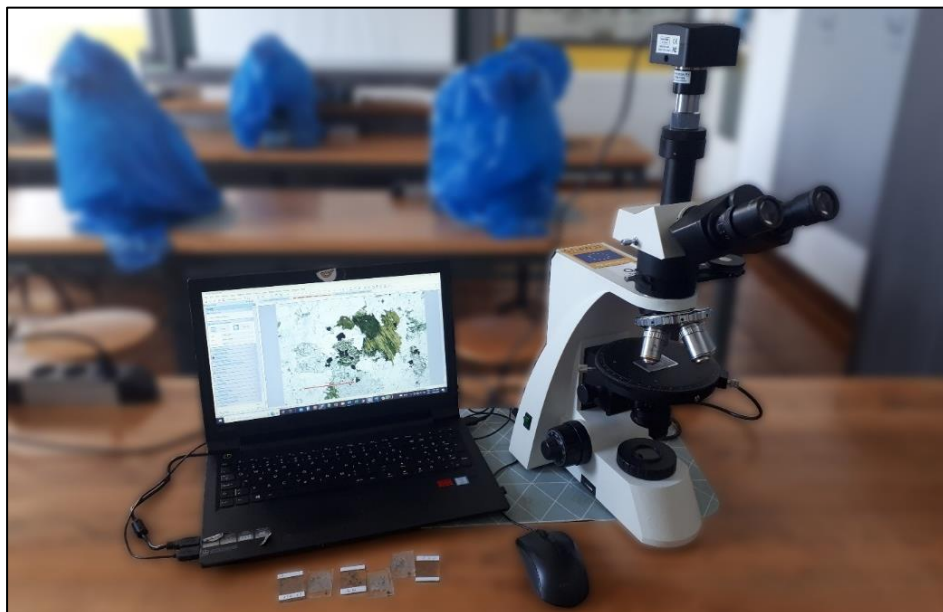
Slika 6: Uređaj Buehler AbrasiMet 250 koji se koristi za poliranje uzoraka stene



Slika 7: Uređaj Buehler Petro Thin koji se koristi za sečenje uzorka stene

Optička ispitivanja izvršena su u Laboratoriji za petrologiju magmatskih i metamorfni stena na Rudarsko-geološkom fakultetu, Univerziteta u Beogradu, korišćenjem polarizacionog mikroskopa za propuštenu svetlost, marke Olympus BX40, a mikrofotografije su uslikane kamerom Euromex CMEX-18 Pro (Slika 8).

Softver korišćen za mikrofotografisanje i obradu mikrofotografija je EuroMex ImageFocusAlpha.



Slika 8: Polarizacioni mikroskop sa kamerom marke Euromex CMEX-18 Pro za fotografisanje petrografskih preparata

3.1.2.2. SEM-EDS metoda

Hemijski sastav pojedinačnih mineralnih vrsta urađen je SEM-WDS metodom. Prednost metode je brza i prilično pouzdana hemijska analiza koja može biti izvršena kao tačkasta analiza, sa dimenzijama analizirane tačke oko 2 mikrona ili kao kompletna hemijska analiza ispitivane površine.

Prilikom analiziranja uzorka WDS detektorom, parametri samog uređaja bili su:

- Ubrzanje elektronskog snopa 20 kV;
- Jačina struje elektronskog snopa 78 mA;
- Dužina trajanja analize 40 sekundi;
- Širina elektronskog snopa na uzorku (spotsize) 2 mikrona.

Prilikom izrade hemijskih analiza minerala korišćeni su standardi i to: Si-albit; Al-albit; Na-albit; K-ortoklas; Mg-olivin; Fe-feri oksid i čisti metali.

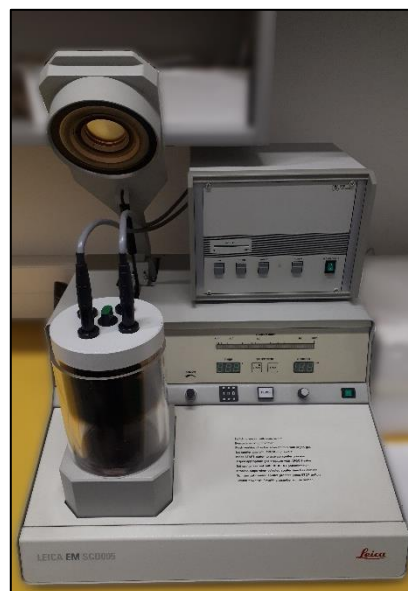
Skenirajuća elektronska mikroskopija sa tačkastim hemijskim analizama, urađena je na odabranim uzorcima u Laboratoriji za SEM (Slika 10), na Departmanu za MKPG Rudarsko-geološkog fakulteta, Univerzitet u Beogradu.

Odabrani petrografski preparati koji su urađeni bez pokrovnog stakla fino su polirani dijamantskim pastama od 1 mikrona. Ovakva priprema isključuje loše rezultate hemijskih analiza usled neravnina na površini uzorka.

Analize su rađene na uređaju marke JEOL JSM 6610LV povezanim sa energo-disperzivnim spektrometrom X-Max Oxford 20 mm² i talasno-disperzivnim spektrometrom Oxford Wave 500. Uzorci su pre analiziranja prekriveni elektroprovodnim slojem ugljenika od 15 nanometara na naparivaču marke BALTEC-SCD-005 (Slika 11).



Slika 10: Laboratorija za skenirajuću elektronsku mikroskopiju



Slika 11: Naparivač marke BALTEC-SCD-005

3.1.3. Metode geotermobarometrijskih izračunavanja

3.1.3.1. Amfibol-plagioklas geotermometar

Određivanje temperature ravnoteže za ispitivane monocgranite Kosmaja izvršeno je na osnovu amfibol-plagioklas geotermometra, a prema kalibraciji Blundy & Holland (1990) i Holland & Blundy (1994).

U radu iz 1990. godine ovi autori su predložili geotermometar za kalcijске amfibole koji sadrže manje od 7,8 Si po formulskoj jedinici, a koji su u ravnoteži sa plagioklasima koji imaju manje od 92 % anortitske komponente. Kalibraciona jednačina ovog geotermometra je:

$$T = \frac{0,677P - 48,98 + Y}{-0.0429 - 0.008314 \ln K}$$

pri čemu je:

$$K = \left(\frac{Si - 4}{8 - Si} \right) \cdot X_{Ab}^{Pl}$$

Temperatura u ovom geotermometru dobija se u stepenima Kelvina, a pretpostavljeni pritisak se preračunava u Kbar-ima.

Ukoliko je sadžaj albiske komponente u plagioklasu >0,5 (50 %) onda je faktor Y u kalibracionoj jednačini jednak nuli, a ukoliko je albiska komponenta <0,5 onda se faktor Y preračunava na osnovu izraza: $Y = -8.06 + 25.5(1 - X_{ab})^2$.

Predložena greška izračunavanja prema ovom geotermometru je: ± 38 °C.

Holland & Blundy su u radu iz 1994. godine predstavili dva nova, veoma korisna geotermometra pri izračunavanju amfibola koji nisu idealnog sastava u različitim sistemima.

Prvi geotermometar predstavlja derivaciju prerađenog edenit-tremolit geotermometra. Upotreba ovog geotermometra ograničena je na uslove temperature u opsegu od 400-900 °C, amfibole koji sadrže 6.0-7.7 Si po formulskoj jedinici i plagioklase čiji je udeo anortitske komponente <0.90 (90 %) (Holland & Blundy, 1994).

Kalibraciona jednačina edenit-tremolit geotermometra (A) je:

$$T_A = \frac{\Delta H_A^0 + P\Delta V_A^0 + Y_{ab} + Y_{(ed-tr)}}{\Delta S_A^0 - R \ln K_{ideal}^{ed-tr}}$$

Pri čemu Y_{ab} zavisi od sastava plagioklasa, a Y_{ed-tr} zajedno sa ΔH_A^0 i ΔS_A^0 izračunava se na osnovu merenja podataka iz prirode i eksperimentalnih podataka.

Drugi geotermometar u radu Holland & Blundy iz 1994. godine je edenit-rihterit geotermometar. Ovaj geotermometar je koristan u kombinaciji sa prethodno opisanim kada se koristi za paragenezu hornblende i plagioklasa, a predstavlja i jedini primenljivi geotermometar za analizu hornblende u stenama sa deficitom kvarca. Koristi se u uslovima temperatura od 500-900 °C, pri čemu plagioklas treba da sadrži 10-90 % anortitske komponente, a udeo Si u amfibolima treba da bude u opsegu od 6.0-7.7 po formulskoj jedinici.

Kalibraciona jednačina edenit-rihterit geotermometra (B) je:

$$T_B = \frac{\Delta H_B^0 + Y_{ab-an} + Y_{(ed-ri)}}{\Delta S_B^0 - R \ln K_{ideal}^{ed-ri}}$$

3.1.3.2. Geobarometrija na osnovu aluminijuma u hornblendi

U radu je primenjen i najnoviji geobarometar (Mutch et al., 2016) koji se zasniva na sadržaju ukupnog aluminijuma u amfibolu (hornblendi). Ovaj geobarometar je primenljiv na granitoidne stene sa mineralnim vrstama: amfibol + plagioklas (An 15–80) + biotit + kvarc + alkalni feldspat + ilmenit/titanit + magnetit + apatit. Analize amfibola treba uraditi na obodu zrna, u kontaktu sa plagioklasom i u očiglednoj teksturnoj ravnoteži sa ostatkom mineralnog sklopa na temperaturama bliskim ($725 \pm 75^\circ$ C), koja je određena na osnovu amfibol–plagioklas geotermometrije.

Hemijski sastavi amfibola koji ispunjavaju ove kriterijume se mogu koristiti za izračunavanje pritiska (Kbar) iz ukupnog aluminijuma (Al^{tot} u atomima po jedinici formule apfu) prema izrazu (Mutch et al., 2016):

$$P \text{ (Kbar)} = 0.5 + 0.331(8) \times Al^{tot} + 0.995(4) \times (Al^{tot})^2$$

3.2. Rezultati

3.2.1. Makroskopski opis stene

Makroskopski posmatrano je stena svetlosive do sive boje, zrnaste i često porfiroidne strukture. Stenu odlikuje porfiroidna struktura koju u ovoj steni karakterišu idiomorfni kristali feldspata veličine do 5 cm (Slika 12). Ova stena ima uglavnom masivnu teksturu, ali nije retkost ni šlirasta tekstura definisana prisustvom anklava (Slika 13) koje su najverovatnije lamprofirskog sastava.



Slika 12: Kristali feldspata opservirani u svežem uzorku stene



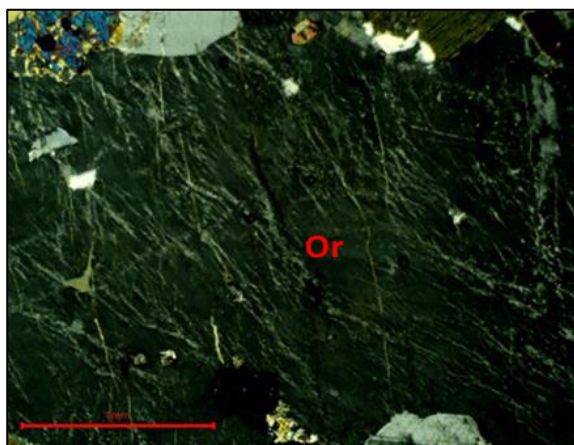
Slika 13: Anklava veličine 10 cm u uzorku stene

3.2.2. Mikroskopski opis stene

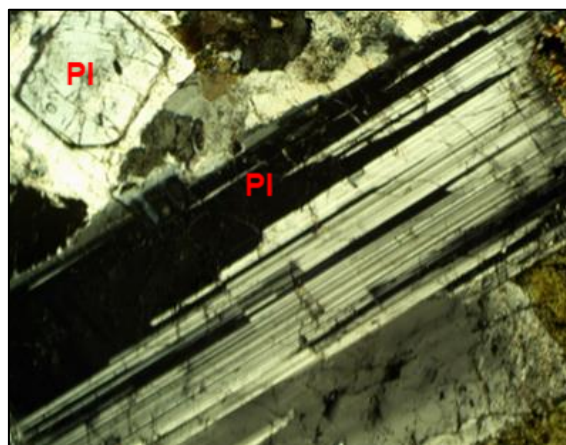
Stena je hipidiomorfno zrnaste strukture. Najzastupljeniji mineral u ovim stenama je ortoklas, a prate ga plagioklas, kvarc, biotit i amfiboli, među kojima je najzastupljenija hornblenda. Akcesorni minerali su magnetit, sfen, apatit i cirkon, dok se kao sekundarni minerali javljaju sericit, epidot, coisit, hlorit, kalcit i kaolinit.

Ortoklas se javlja u idiomornim do alotriomornim zrnima veličine od 0,05x0,1 mm do 10x16 mm. Pojavljuje se ili kao svež mineral, kao delimično sericitisan ili kao potpuno dezintegriran. Neretko se po ortoklasu izdvaja albitska komponenta u vidu strija koja definiše pertitsku strukturu (Slika 14). Ortoklas kao inkluzije uklapa biotit, hornblendu, epidot i cirkon.

Plagioklas je u vidu idiomorfnih do hipidiomorfnih zrna čije se veličine kreću od 0,05x0,1 mm do 5x10 mm. U steni je uglavnom svež i odlikuje ga jasno lamelarno bližnjenje, ali i zrna sa zonarnim bližnjenjem nisu retkost (Slika 15). Zrna plagioklasa su često međusobno srasla, kao i ispucala sa mikropukotinama normalno ili pod ostrim uglom u odnosu na ravni bližnjenja. U nekoliko uzoraka uočen je početak procesa sericitizacije plagioklasa, dok je u sitnozrnim varijetetima često potpuno sericitisan. U najvećem broju uzoraka po plagioklasu se javlja sekundarni epidot.



Slika 14: Pertitska struktura definisana crvolikim izdvajanjem albita po ortoklasu (Or); XPL

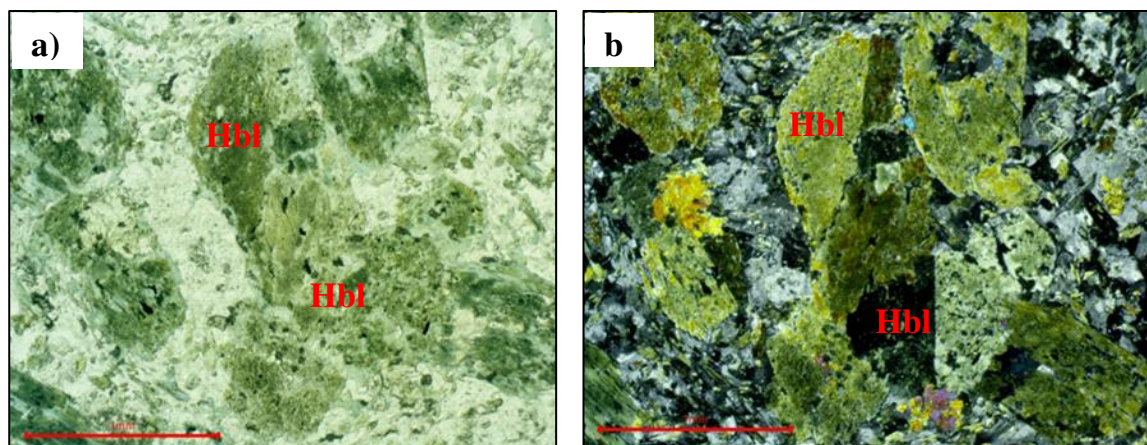


Slika 15: Plagioklas (Pl) sa zonarnim bližnjenjem (gornji levi ugao) i sa lamelarnim bližnjenjem (centar); XPL

Kvarc je redovno prisutan u steni, pri čemu njegova veličina i zastupljenost variraju. Obično ga karakterišu bistra alotriomorfna zrna, sa često izraženim undulatornim pomračenjem.

Hornblenda je najčešće u obliku subhedralnih ili hipidiomorfnih zrna (Slika 16a, b). Ima izražen polihroizam u zeleno-plavoj do smeđoj boji. Hornblenda je prisutna u svim uzorcima monocgranita i redovno uklapa metalične minerale. Hornblenda se u steni se javlja i u vidu nagomilanja (Slika 16a,b). Po periferiji pojedinih zrna uočljiva je hloritizacija. Alteracioni produkti hornblende u uzorcima su hlorit, epidot i magnetit.

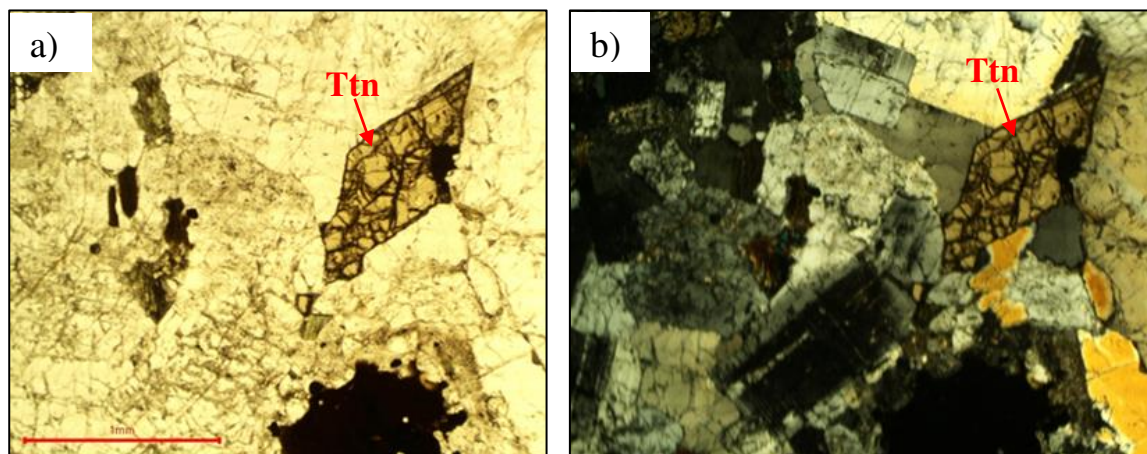
Biotit je uglavnom hipidiomorfnog oblika. Veličina liski varira u uzorcima, ali ne prelazi veličinu od 3 mm. Ima izražen polihroizam u nijansama od smeđe do tamnobraon boje. Kod pojedinih liski biotita visoke interferentne boje su prekrivene njegovom sopstvenom bojom. Često uklapa magnetit i apatit.



Slika 16a,b: Nagomilanje subhedralnih zrna hornblende (Hbl); slika levo (a) paralelni nikoli PPL; slika desno (b) ukršteni nikoli XPL

Magnetit se javlja u zrnima nepravilnog oblika veličine do 0,1-2 mm. Često se pojavljuje u nagomilanjima veličine do 4 mm, obično uz zrna amfibola i granata. Učestvuje u izgradnji stena sa manje od 1 % vol.

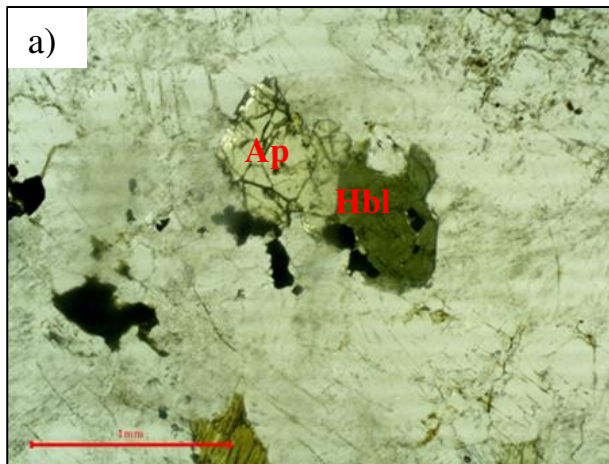
Sfen ili titanit se pojavljuje u steni u vidu idiomorfnih kopljastih kristala ili u vidu hipidiomorfnih zrna veličine do 0,1-2 mm. Ima izražen visok reljef i uočljiv polihroizam u žutoj do svetlobraon boji (Slike 17a,b).



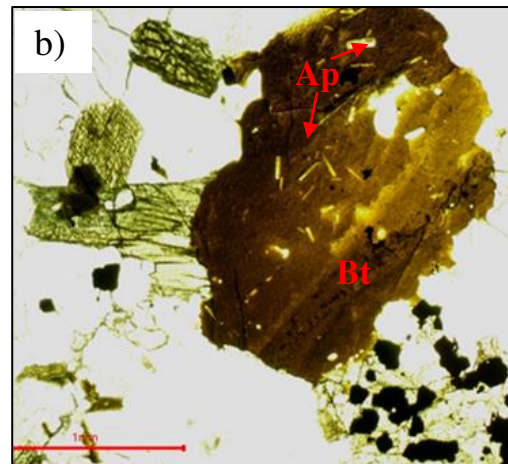
Slika 17a,b: Kopljasti kristal sfena/titanita (Ttn); Slika levo (a) paralelni nikoli PPL; Slika desno (b) ukršteni nikoli XPL

Apatit se javlja u vidu alotriomorfnih zrna veličine do 0,2 mm ili u vidu izduženih formi u liskama biotita (Slike 18a,b).

Cirkon se u steni pojavljuje retko, u zrnima veličine do 0,05 mm. Karakteriše ga visok reljef i visoke interferentne boje. Obično je uklopljen u ortoklas ili hornblendu.



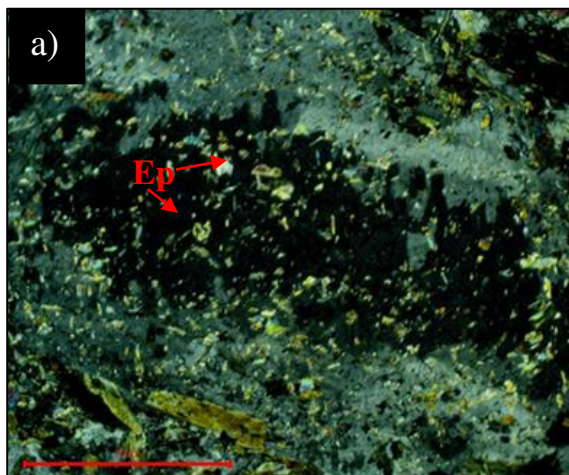
Slika 18a: Hipidiomorfno zrno apatita (Ap) u kontaktu sa hornblendom (Hbl); XPL.



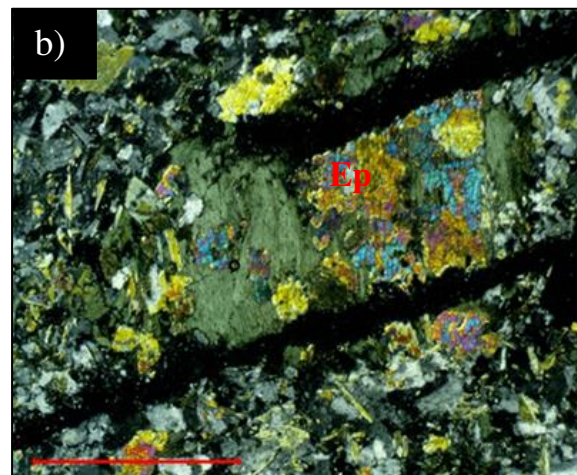
Slika 18b: Izdužena zrna apatita (Ap) u zrnu biotita (Bt); PPL.

Sericit se javlja u vidu sekundarnog minerala nastalog dezintegracijom feldspata. Predstavljen je kao sitnoljuspast mineral, niskog reljefa i visokih interferentnih boja. U stenama koje nisu zahvaćene hidrotermalnim promenama njegovo prisustvo je zanemarljivo, dok su u vidno promenjenim uzorcima zrna plagioklasa i ortoklasa u velikoj meri sericitisana, pa on čini gotovo 10 % vol. stene.

Epidot se u steni javlja u obliku hipidiomorfnih do alotriomorfnih zrna koja često formiraju nagomilanja u kristalima feldspata (Slike 19a,b). Svetlo žute je boje sa slabo izraženim polihroizmom i visokih interferentnih boja. U uzorcima stena kod kojih su vidne izmene, epidot čini približno 6 %, kada se pojavljuje i kao zapuna pukotina.



Slika 19a: Izdvajanja epidota (Ep) po kristalu feldspata; XPL.



Slika 19b: Pukotina u steni zapunjena epidotom (Ep); XPL.

Coisit se javlja u vidu hipidiomorfnih zrna veličine od 0.1 do 1 mm. Ima visok reljef i pokazuje karakteristične plavo-sive interferentne boje. Lokalizovan je po kristalima plagioklasa na račun koga i nastaje. U preparatima koji su zahvaćeni promenama čini 1-2 % stene.

Pojava hlorita je lokalizovana po biotitu. Karakteriše ga polihroizam u nijansama svetlozelene boje. Interferentne boje su mu uglavnom od žute do zelene, međutim zapaža se i varijetet sa plavičastim interferentnim bojama koji ukazuje na povišenu koncentraciju gvožđa.

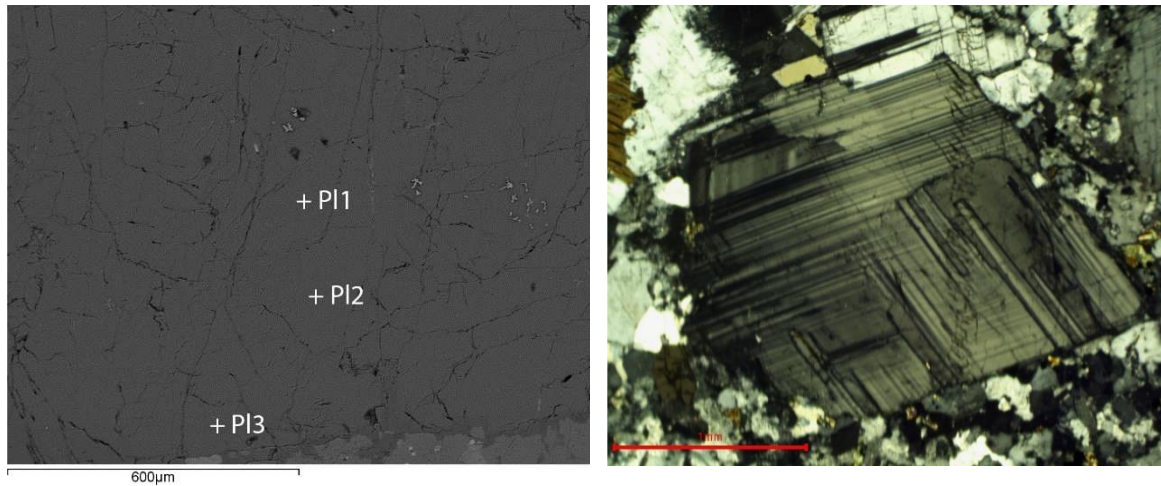
Kalcit se javlja u obliku alotriomorfnih zrna samo u uzorku koji je jako izmenjen. Nastao je na račun hidrotermalnih rastvora, jer se javlja samo kao zapuna pukotina i prslina.

Kaolinit je zastupljen u dva uzorka stene. Nastao je sekundarno na račun feldspata. Javlja se u vidu nagomilanja oblika sočiva i gnezda.

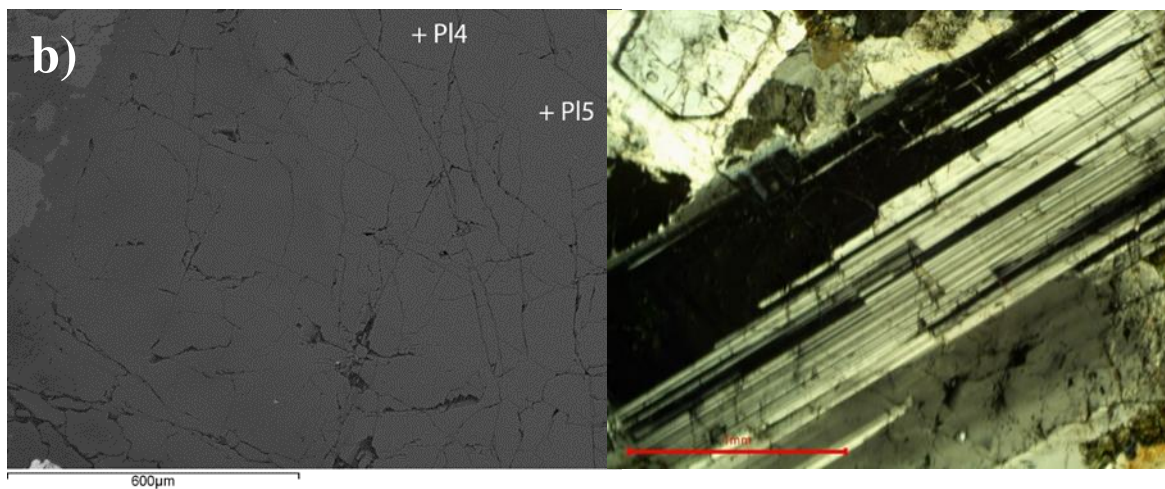
Zrnasta struktura stene ukazuje na to da se radi o dubinskoj magmatskoj steni. Velika zastupljenost kvarca, feldspata i plagioklasa govori o tome da se radi o kiseloj magmatskoj steni. Udeo ortoklasa u steni je neznatno veći od plagioklasa što ovu stenu svrstava u moncogranit. Pojava sericita, epidota i hlorita ukazuje na izvestan stepen sekundarnih alteracija kojima je moncogranit podlegao u uslovima površinskog raspadanja.

3.2.3. Hemijski sastav i klasifikacija minerala

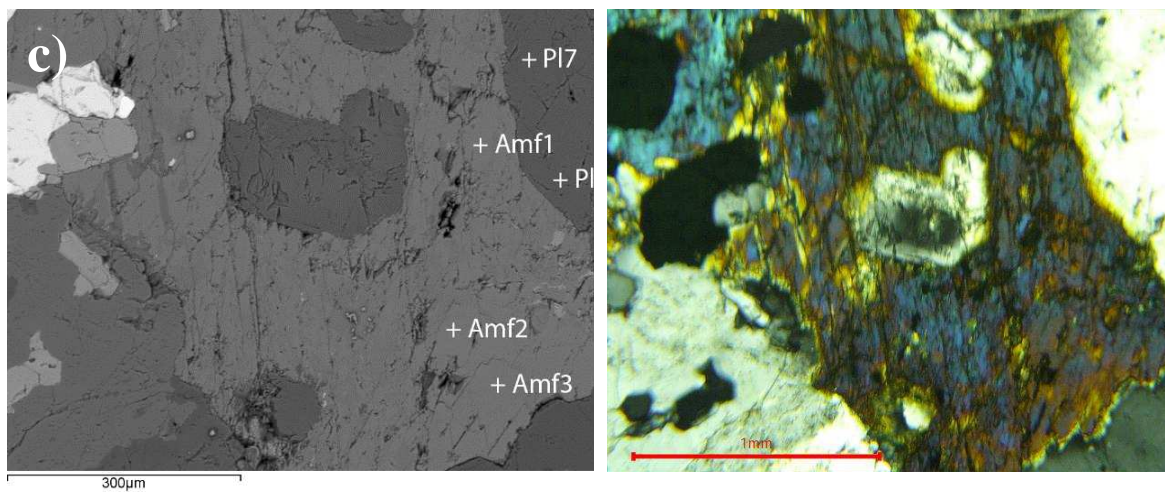
Radi bliže odredbe minerala koji izgrađuju stenu, kao i odredbe PT uslova u kojima je stena nastala, urađene su hemijske analize minerala pomoću skenirajućeg elektronskog mikroskopa na koji su povezani energetska-disperzivni i talasno-disperzivni spektrometri (Slike 20 a-e). Analizirani su minerali iz grupe feldspata, amfiboli i biotit.



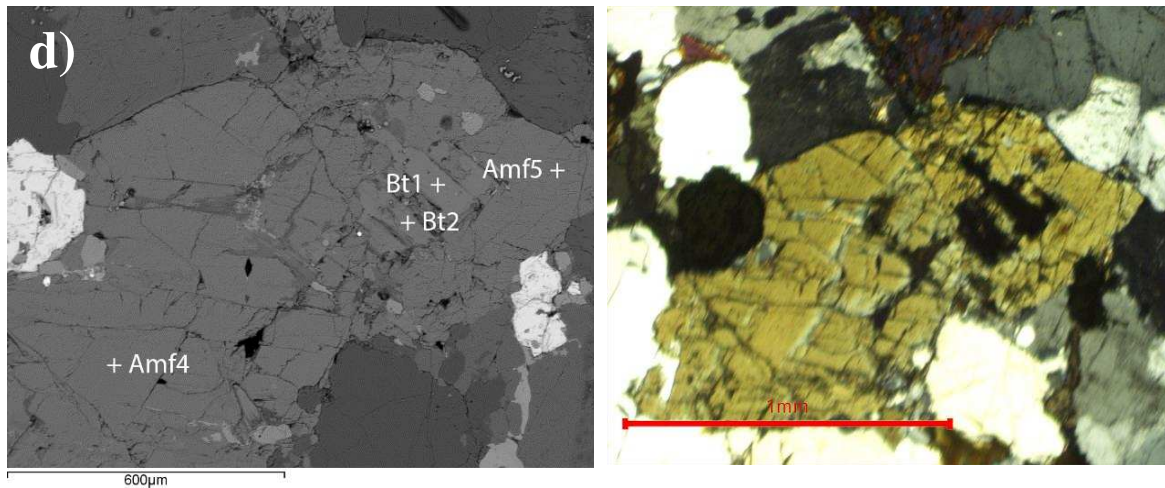
Slika 20a: Pozicije tačkastih hemijskih analiza plagioklasa (Pl) sa fotografijom analiziranog minerala u polarizacionom mikroskopu (XPL)



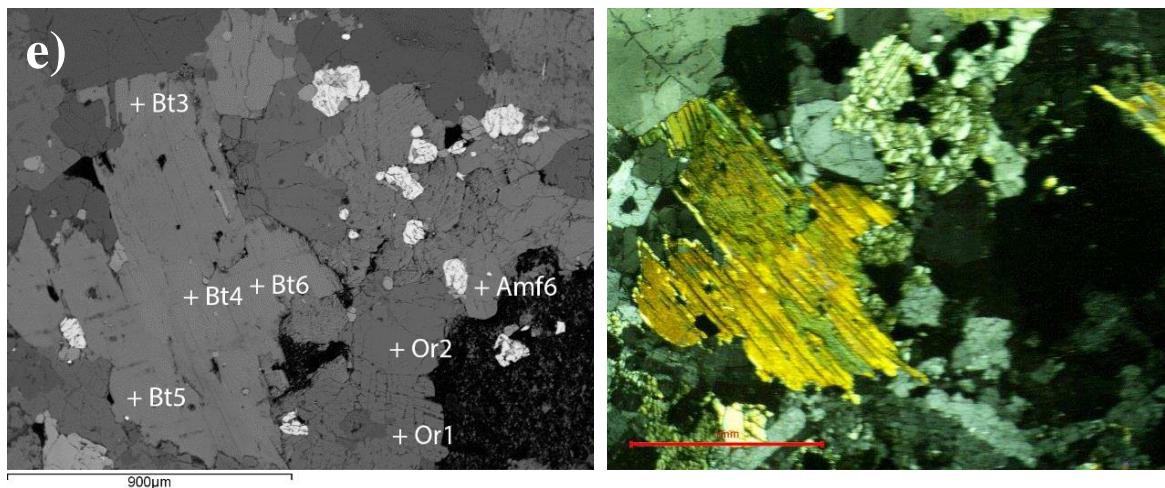
Slika 20b: Pozicije tačkastih hemijskih analiza plagioklasa (Pl) sa fotografijom analiziranog minerala u polarizacionom mikroskopu (XPL)



Slika 20c: Pozicije tačkastih hemijskih analiza amfibola (Amf) i plagioklasa (Pl) sa fotografijom analiziranih minerala u polarizacionom mikroskopu (XPL)



Slika 20d: Pozicije tačkastih hemijskih analiza amfibola (Amf) i biotita (Bt) sa fotografijom analiziranih minerala u polarizacionom mikroskopu (XPL)



Slika 20e: Pozicije tačkastih hemijskih analiza biotita (Bt), amfibola (Amf) i ortoklasa (Or) sa fotografijom analiziranih minerala u polarizacionom mikroskopu (XPL)

Sadržaj katjona po formulskoj jedinici određen je kod biotita na bazi 22 kiseonika, kod amfibola na bazi 23 kiseonika, a kod plagioklasa i K-feldspata na bazi 8 kiseonika.

Reprezentativne hemijske analize biotita sa preračunom prikazane su u tabeli 3.

Tabela 3. Hemijski sastav biotita iz monocognita Kosmaja

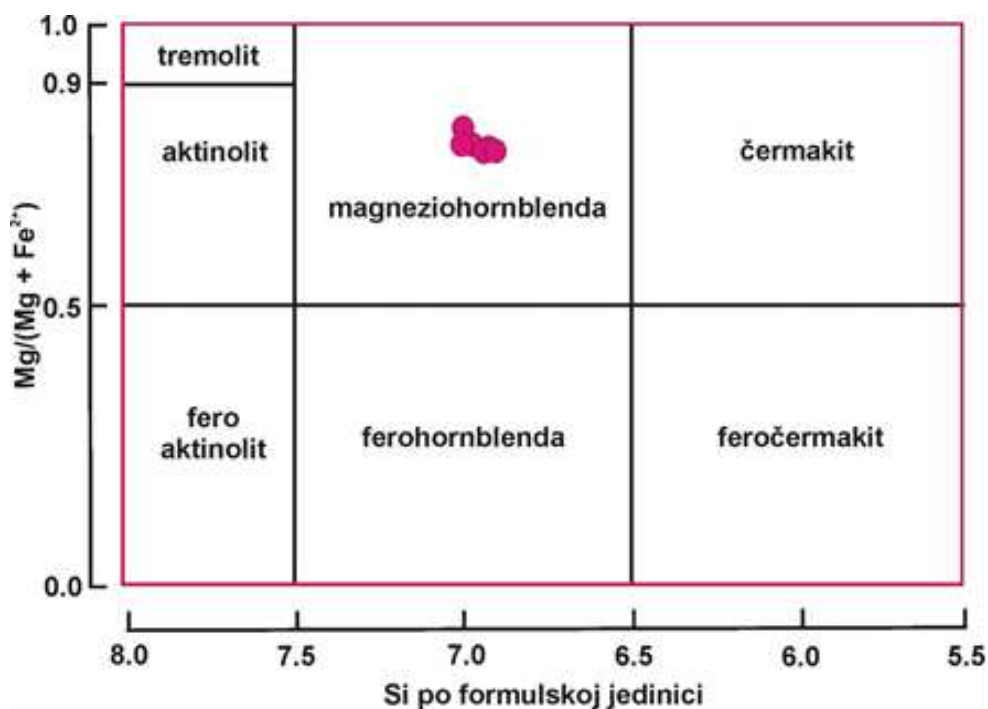
Mineral	Bt1	Bt2	Bt3	Bt4	Bt5	Bt6
SiO₂	37,46	36,30	37,41	37,92	36,99	37,07
TiO₂	4,68	4,04	4,96	4,86	4,68	4,84
Al₂O₃	13,92	13,80	13,98	14,15	14,26	13,79
FeO	17,34	14,91	17,14	17,01	16,31	16,42
MnO	0,57	0,46	0,43	0,00	0,52	0,43
MgO	14,06	13,76	13,74	14,05	13,73	13,81
Na₂O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72	0,00
K₂O	9,70	8,88	9,55	9,74	9,41	9,48
Total	97,73	92,15	97,21	97,73	96,62	95,84
Strukturna formula na bazi 22 O						
Si	5,542	5,620	5,551	5,578	5,518	5,566
Al^{IV}	2,427	2,380	2,445	2,422	2,482	2,434
Z	7,969	8,000	7,996	8,000	8,000	8,000
Al^{VI}	0,000	0,138	0,000	0,032	0,025	0,006
Ti	0,521	0,470	0,553	0,538	0,525	0,546
Fe²⁺	2,145	1,930	2,127	2,093	2,035	2,062
Mn	0,071	0,060	0,054	0,000	0,066	0,055
Mg	3,101	3,176	3,039	3,081	3,053	3,091
Y	5,839	5,774	5,774	5,743	5,704	5,760
Na	0,000	0,000	0,000	0,000	0,208	0,000
K	1,831	1,754	1,808	1,828	1,791	1,816
X	1,831	1,754	1,808	1,828	1,999	1,816
Mg/(Mg+Fe²⁺)	0,591	0,622	0,588	0,596	0,600	0,600

Hemijske analize biotita ukazuju da nema značajnih varijacija u sadržaju aluminijuma, gvožđa i magnezijuma. Magnezijски broj je u opsegu 0,588 - 0,622.

Svi ispitivani amfiboli prema hemijskom sastavu (tabela 4) i klasifikaciji prema Leake et al., 1997. odgovaraju Ca-amfibolima i to magneziohornblendi (Slika 21).

Tabela 4. Hemijski sastav amfibola iz monocognita Kosmaja

Mineral	Amf1	Amf2	Amf3	Amf4	Amf5	Amf6
SiO ₂	47,95	48,31	48,89	47,77	47,60	45,91
TiO ₂	1,25	1,24	1,05	1,00	1,19	1,32
Al ₂ O ₃	6,11	6,01	6,05	6,11	6,16	6,67
FeO	13,07	13,43	13,02	13,07	13,25	13,16
MnO	0,69	0,97	0,78	0,63	0,88	0,77
MgO	15,11	14,95	15,69	15,10	14,82	14,25
CaO	12,10	11,88	11,87	12,36	12,00	11,85
Na ₂ O	1,25	1,20	1,02	1,30	1,30	1,28
K ₂ O	0,60	0,61	0,52	0,61	0,70	0,73
Total	98,13	98,60	98,89	97,95	97,90	95,94
Strukturna formula na bazi 23 O/Suma katjona - Ca-Na-K = 13						
Si	6,916	6,927	6,996	6,997	6,901	6,808
Al ^{IV}	1,039	1,016	0,892	0,917	1,052	1,166
Fe ³⁺	0,045	0,057	0,112	0,086	0,047	0,026
<i>T</i>	<i>8,000</i>	<i>8,000</i>	<i>8,000</i>	<i>8,000</i>	<i>8,000</i>	<i>8,000</i>
Ti	0,136	0,134	0,113	0,110	0,130	0,147
Fe ³⁺	0,613	0,710	0,761	0,420	0,617	0,626
Mg	3,249	3,196	3,347	3,297	3,203	3,150
Fe ²⁺	0,918	0,842	0,685	1,094	0,942	0,980
Mn	0,084	0,118	0,095	0,078	0,108	0,097
<i>C(M1,M2,M3)</i>	<i>5,000</i>	<i>5,000</i>	<i>5,000</i>	<i>5,000</i>	<i>5,000</i>	<i>5,000</i>
Ca	1,870	1,825	1,820	1,940	1,864	1,883
Na	0,130	0,175	0,180	0,060	0,136	0,117
<i>B(M4)</i>	<i>2,000</i>	<i>2,000</i>	<i>2,000</i>	<i>2,000</i>	<i>2,000</i>	<i>2,000</i>
Na	0,219	0,159	0,103	0,309	0,229	0,251
K	0,110	0,112	0,095	0,114	0,129	0,138
<i>A</i>	<i>0,330</i>	<i>0,270</i>	<i>0,198</i>	<i>0,423</i>	<i>0,359</i>	<i>0,389</i>
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	0,780	0,791	0,830	0,751	0,773	0,763
Fe ₂ O ₃	6,07	7,12	8,11	4,60	6,09	5,84
FeO	7,61	7,03	5,72	8,93	7,77	7,90



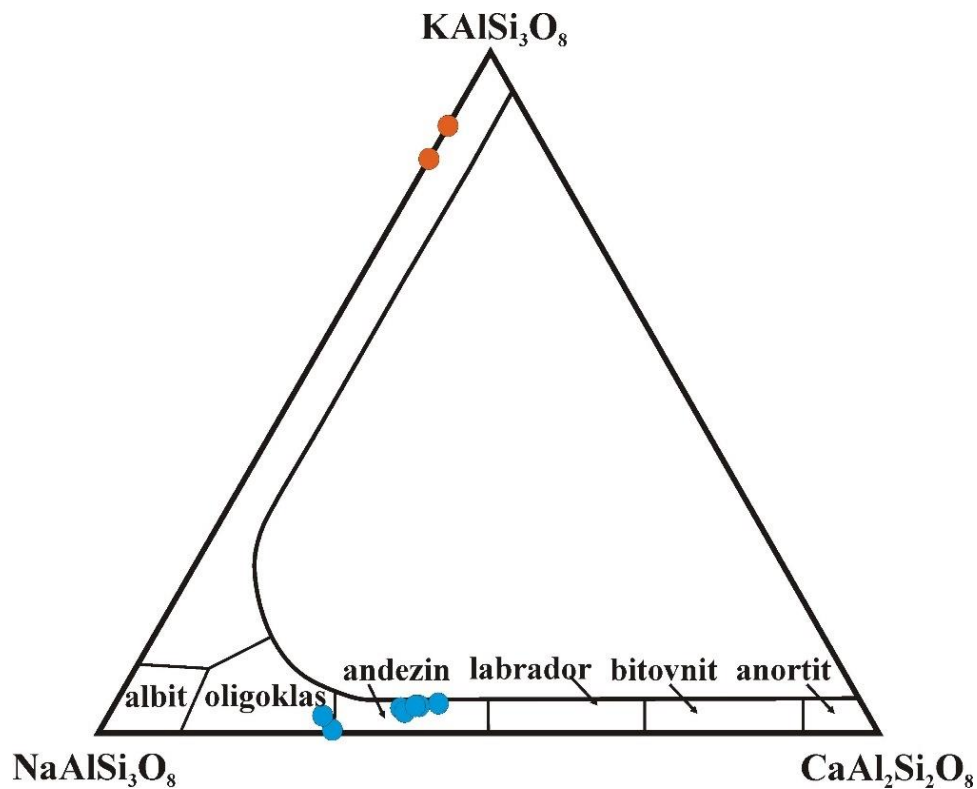
Slika 21: Ispitivani amfiboli na klasifikacionom dijagramu (prema Leake et al., 1997)

U monocgranitima Kosmaja konstatovani su feldspati i to: K-feldspat – ortoklas i plagioklasi. Rezultati hemijskih analiza feldspata prikazani su u tabeli 5, a trokomponentni (Or-Ab-An) klasifikacioni dijagram na slici 22.

Tabela 5. Reprezentativne hemijske analize feldspata iz monocgranita Kosmaja

Broj uzorka	Or ₁	Or ₂	Pl ₁	Pl ₂	Pl ₃	Pl ₄	Pl ₅	Pl ₆	Pl ₇
SiO₂	63,23	63,32	58,16	57,59	57,66	57,61	57,07	60,89	60,10
Al₂O₃	18,97	19,04	26,07	26,83	26,93	26,54	26,59	24,90	25,54
FeO	0,00	0,00	0,38	0,33	0,31	0,27	0,33	0,00	0,00
CaO	0,00	0,00	7,53	7,73	7,66	7,58	7,91	5,64	6,24
Na₂O	1,37	1,90	7,13	6,84	7,06	7,70	6,41	8,41	8,15
K₂O	14,42	13,63	0,63	0,61	0,38	0,58	0,63	0,20	0,00
Ukupno	97,99	97,89	99,90	99,93	100,00	100,28	98,94	100,04	100,03
Strukturna formula na bazi 8O									
Si	2,966	2,965	2,610	2,584	2,583	2,583	2,585	3,042	3,340
Al	1,049	1,051	1,379	1,419	1,422	1,402	1,419	1,466	1,673
Fe³⁺	0,000	0,000	0,014	0,012	0,012	0,010	0,012	0,000	0,000

Z	4,015	4,016	4,003	4,015	4,016	3,995	4,016	4,509	5,013
Ca	0,000	0,000	0,362	0,372	0,368	0,364	0,384	0,302	0,372
Na	0,125	0,173	0,620	0,595	0,613	0,669	0,563	0,815	0,878
K	0,863	0,814	0,036	0,035	0,022	0,033	0,036	0,013	0,000
X	0,988	0,987	1,019	1,001	1,002	1,067	0,983	1,129	1,250
Or (K+Ba)	87,4	82,5	3,5	3,5	2,2	3,1	3,7	1,1	0,0
Ab (Na)	12,6	17,5	60,9	59,4	61,2	62,8	57,3	72,1	70,3
An (Ca+Mn+Mg)	0,0	0,0	35,5	37,1	36,7	34,1	39,0	26,7	29,7



Slika 22: Analizirani feldspati na klasifikacionom trokomponentnom dijagramu

Analizirani plagioklasi sadrže od 57,3 do 72,1 procenata albiske komponente, odnosno dva analizirana plagioklasa su na granici oligoklas-andezin, dok ostali pripadaju intermedijarnom plagioklasu, andezinu.

3.2.4. Rezultati geotermobarometrije

Temperatura ravnoteže za ispitivani monocognit sa Kosmaja dobijena je na osnovu šest parova amfibol-plagioklas prema kalibracijama Blundy & Holland, 1990 (BH 90) i Holland & Blundy, 1994 (HB1 i HB2 94) za pretpostavljeni pritisak od 1 do 3 Kbar-a (tabela 6), dok je pritisak izračunat prema kalibraciji Holland & Blundy, 1994 (tabela 7), a na osnovu srednje temperature dobijene na prema istim autorima.

Tabela 6. Izračunate vrednosti temperature za šest parova amfibol-plagioklas

Par Amf-Pl	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5	6-6
P (Kbar)	1	1	1	1	1	1
T (°C) HB1 '94	819	813	799	820	831	812
T (°C) HB2 '94	659	686	690	610	677	663
T (°C) BH '90	743	741	734	740	757	740
P (Kbar)	2	2	2	2	2	2
T (°C) HB1 '94	805	799	787	806	817	798
T (°C) HB2 '94	660	686	690	610	677	663
T (°C) BH '90	729	727	720	725	743	726
P (Kbar)	3	3	3	3	3	3
T (°C) HB1 '94	791	786	774	792	803	784
T (°C) HB2 '94	660	687	690	610	677	664
T (°C) BH '90	714	713	706	711	728	711

Tabela 7. Izračunate vrednosti pritiska za srednje temperature

Par Amf-Pl	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5	6-6
T (°C) HB2 94 srednja vrednost	660	686	690	610	677	663
P(Kbar)	2.1	1.8	1.7	2.1	2.0	2.6
T (°C) BH 90 srednja vrednost	739	738	729	734	756	725
P(Kbar)	1.3	1.2	1.3	1.4	1.1	2.0

Pritisak je dodatno određen na osnovu ukupnog sadržaja aluminijuma u amfibolu prema kalibraciji Mutch et al., 2016. Rezultati ovog izračunavanja za svih šest reprezentativnih analiza amfibola prikazani su u tabeli 8.

Tabela 8. Izračunati pritisak na osnovu ukupnog sadržaja aluminijuma u amfibolu

Analiza	Amfibol 1	Amfibol 2	Amfibol 3	Amfibol 4	Amfibol 5	Amfibol 6
Al ^{tot}	1.039	1.016	0.892	0.917	1.052	1.166
P (Kbar)	1.92	1.86	1.59	1.64	1.95	2.24

4. DISKUSIJA

Makroskopskom analizom konstatovano je da su stene svetlosive do sive boje, zrnaste i često porfiroidne strukture. Stenu odlikuje porfiroidna struktura koju u ovoj steni karakterišu idiomorfni kristali feldspata veličine do 5cm. Ova stena ima uglavnom masivnu teksturu, ali nije retkost ni širasta tekstura definisana prisustvom anklava koje su najverovatnije lamprofirskog sastava.

Mikroskopskom analizom stene utvrđena je hipidiomorfno zrnasta struktura. Najzastupljeniji mineral u ovim stenama je ortoklas, a zatim plagioklas, kvarc, biotit i amfibol. Akcesorni minerali su magnetit, sfen, granat, apatit i cirkon, dok se kao sekundarni minerali javljaju sericit, epidot, coisit, hlorit, kalcit i kaolinit. Zrnasta struktura stene ukazuje da se radi o dubinskoj magmatskoj steni, a velika zastupljenost kvarca i feldspata govori o tome da se radi o kiseloj magmatskoj steni. Udeo ortoklasa u steni je neznatno veći od plagioklasa što ovu stenu svrstava u monocgranit.

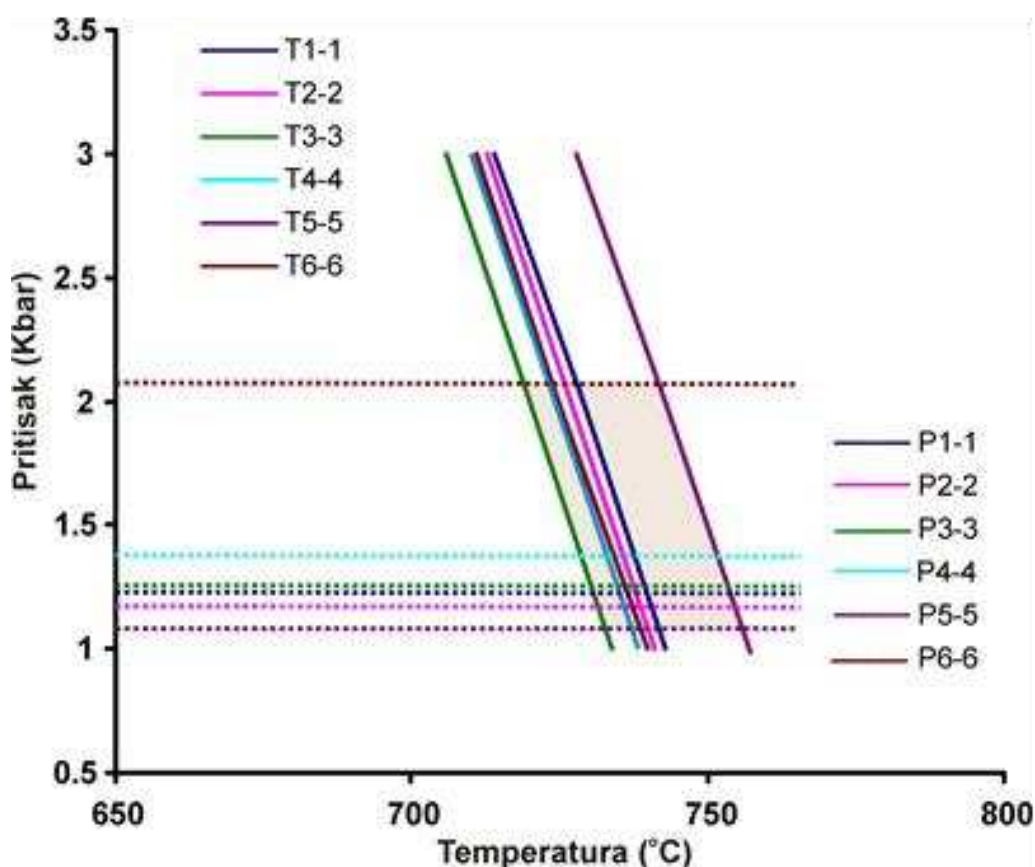
Hemijske analize amfibola (tabela 4) ukazuju da se sav aluminijum javlja u tetraedarskoj poziciji, dok prema sadržaju silicijuma i magnezijском broju ovaj amfibol na klasifikacionom dijagramu Leake et al., 1997 (Slika 20) pripada magneziohornblendi.

Analize feldspata (K-feldspata i plagioklasa – tabela 5) pokazuju da K-feldspat sadrži od 82,5 do 87,4 % ortoklasne (kalijske) komponente i 12,6 do 17,5 % albitske komponente.

Plagioklasi sadrže od 26,7 do 37,1 % anortitske, odnosno 59,4 do 72,1 % albitske komponente i nizak sadržaj ortoklasne komponente (od 0 do 3,1 %). Većina analiziranih plagioklasa je andezinskog sastava, dok dve analize pokazuju sastave koji odgovaraju granici oligoklas-andezin (Slika 21).

Hemijske analize biotita ne pokazuju značajne varijacije u sadržaju aluminijuma, gvožđa i magnezijuma u ovom mineralu. Magnezijski broj je u opsegu od 0,588 do 0,622.

Prema geotermobarometrijskim izračunavanjima prema Blondy & Holland, (1990) temperature ravnoteže za pretpostavljene pritiske u opsegu od 1 do 3 Kbar-a su od 725 do 756 °C (tabela 7), dok je prema istim autorima pritisak u opsegu od 1,1 do 2,1 Kbar-a (slika 23).



Slika 23: PT uslovi ravnoteže ispitivanog monocgranita Kosmaja za analizirane parove

Srednja izračunata temperatura je 728 °C, sa standardnom devijacijom od 7,8, dok je srednji pritisak 1,4 Kbar-a sa standardnom devijacijom od 0,3.

Za iste amfibol-plagioklas parove i iste pretpostavljene pritiske dobijene su niže temperature prema Holland & Blundy, 1994 (610 - 690 °C - HB2, tabela 6) i više temperature prema istim autorima za drugu reakciju (784 – 831 °C - HB1, tabela 6).

5. ZAKLJUČAK

Ispitivani monocogniti su najvećim delom izgrađeni od feldspata posle kog su u steni najzastupljeniji kvarc, biotit i amfibol. Analize feldspata pokazuju da K-feldspat sadrži od 82,5 do 87,4 % ortoklasne (kalijske) komponente, dok plagioklasi sadrže 59,4 do 72,1 % albanske komponente što pokazuje da je plagioklas andezinskog sastava. Hemijske analize biotita ne pokazuju značajne varijacije u sadržaju aluminijuma, gvožđa i magnezijuma. Amfibol se prema sadržaju silicijuma i magnezijumskom broju svrstava u magneziohornblendu.

Prema geotermobarometrijskim izračunavanjima konsolidacija monocognita Kosmaja se dogodila pri temperaturi od 725- 756 °C, dok je vrednost pritiska bila u opsegu od 1,1- 2,2 Kbar-a.

7. LITERATURA

1. Anđelković, M. 1952. Prilog za poznavanje senona na Kosmaju. *Geol. Anali Balk. Pol. XX*, Beograd.
2. Anđelković, M. 1953. Nekoliko karakterističnih amonitskih i gasteropodskih vrsta iz golt-cenomana i senona na Kosmaju. *Geol. Anali Balk. Pol. XXI*, Beograd.
3. Anđelković, M. 1953. Prilog geološkom i paleontološkom poznavanju okoline sela Babe i Guberevca (Kosmaj). *Geol. Anali Balk. Pol. XXI*, Beograd.
4. Anđelković, M. 1954. O goltu i senonu na Kosmaju. *Zapisi SGD za god. 1951*, Beograd.
5. Boue, A. 1870. Mineralogisch-geognosisches Detail uber einige meiner Reiserouten in den europaischen Turkei. *Sitzungsberichte d. k. k. Akademie. Wien*.
6. Blundy, J.D. Holland, T.J.B., 1990. Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer, *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 104, 208-224.
7. Cvetković, V. 2014. "O kenozojskom magmatizmu Srbije - rečima koje razume svaki geolog", Оптимално истраживање и одрживо коришћење геолошких ресурса: Зборник радова XVI конгреса геолога Србије, Доњи Милановац, 22-25.05.2014. *Optimal Reserach and Sustainable Usage of the Geological Resources: proceedings of the XVI Serbian Geological*, pp.29-40. Srpsko geološko društvo, Beograd.
8. Cvijić, J. 1909. Jezerska plastika Šumadije. *Glas SKA, knj. LXXIX, pri razred, sv.32*, Beograd.
9. Dimitrijević, B. 1931. AVALA. *Posebna izdanja Srp. kralj, akad. knj. LXXXV*, Beograd.
10. Dolić, D. 1965. Arandelovački i kosmajsko-mladenovački produktivni miocenski basen. *Doktorska disertacija*, Beograd.
11. Gočanin, M. 1935. Predhodne beleške o cenomanskom katu u Ripnju. *Glansik Jug. prof. Društva. Knj. XVI, sv.1*, Beograd.
12. Gočanin, M. 1938. O sprudnoj faciji apta i golta u Šumadiji. *Zap. srp. geol. dr. za 1937*, Beograd.
13. Jovanović, R. 1938a. Prilog geologiji Kosmaja. *Vesnik G. I. VI*, Beograd.
14. Jovanović, R. 1938b. O geološkom sastavu Kosmaja. *Zapisi SGD za 1937*, Beograd.
15. Holland, T. & Blundy, J. 1994. Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 116, 433-447.
16. Herzberg C.T. 1978. Pyroxene geothermometry and geobarometry: experimental and thermodynamic evaluation of some subsolidus phase relations involving pyroxenes in the system CaO-MgO-Al₂O₃-SiO₂, *Geochimica et Cosmochimica Acta*
17. Larson K.P., Shrestha S., Cottle J.M., Guilmette Carl, Johnson T.A., Daniel Gibson H.D., Gervais F. 2022. Re-evaluating monazite as a record of metamorphic reactions, *Geoscience Frontiers Volume 13, Issue 2*
18. Leake, B.E. 1997. Nomenclature of Amphiboles: Report of the Subcommittee of the International Mineralogical Association, *Commission on New Minerals and Mineral Names. American Mineralogist*, 82, 1019-1037.
19. Loczy, L. V. 1924. Geologische studien in westlichen Serbien. *II Bd. Die Ergebnisse der von der orient kommission d. Ung. Akad. D. Wiss organisierten Balkanforschungen*, Berlin – Leipzig.
20. Luković, S. 1958. Geološko-petrološka studija Kosmaja. *Glasnik prir. muzeja, sre. A. br. 10*, Beograd.

21. Milivojević, S. i Protić, M. 1927. O geološkom sastavu Kosmaja. *Geol. Anali Balk. Pol. Knj. IX*, sv. 1, Beograd.
22. Milovanović, B. 1951. Senonska transgresija u okolini Beograda. *Geološki Vesnik S.U. Za geol. istr. knj. IX*, Beograd.
23. Mutch E. J. F., Blundy J.D., Tattitch B.C., Cooper F.J., Brooker R.A. 2016. An experimental study of amphibole stability in low-pressure granitic magmas and a revised Al-in-hornblende geobarometer. *Contrib Mineral Petrol* 171:85
24. Nrwrox, C., Koziol, A.M. 1988. Redetermination of the anorthite breakdown reaction and improvement of the plagioclase-garnet-AlrSiOr-quartz geobaromete, *American Mineralogist*, Volume 73, pages 216-223, 1988
25. Karamata, S. 1974. Geohemijske, petrološke i metalogenetske provincije kredno-tercijarne starosti dela Balkanskog poluostrva i Male Azije. *Posebna izdanja SANU, CDLXXV, Odelj. Prir. matematičkih nauka*, Beograd, knj. 42, 1-47.
26. Karamata, S. 1975. Geologic evolution of Yugoslavian area from Triassic to Quaternary, *Radovi Inst. za geol. rud. istraživanja i ispitivanja nukl. i dr. miner. sirovina*, 10, Beograd.
27. Karamata, S., Đorđević, P. 1980. Origin of the upper part Cretaceous and Tertiary magmas in the Eastern parts of Yugoslavia. *Bull. D'el Acad. Serbe des Sci. et des Arts, Classe des Sci, nat., et math.*, No.21., 27-46, Belgrade
28. Karamata, S. 1982. Tektonika ploča u područjima Tetiskog tipa sa primenom na terene Jugoslavije. *X Jubilarni Kongres Geologa Jugoslavije*, knj. 1., 549-567, Budva.,
29. Karamata, S., Vasković, N., Cvetković, V. i Knežević, V. 1994. Gornjokredni i tercijarni magmatiti Centralne i Istočne Srbije i Njihova metalogenija. *Geol. Anali Balkanskog Poluostrva*, 58/1, Beograd, 159-175
30. Papike. J.J. 1969. Piroxenes and Amphiboles: Crystal Chemistry and Phase Petrology. *Mineralogical Society of America, Special paper number two*
31. Pavlović, M., Ilić, M. 1937. O pojavi monconitskog granita kod sela Rogače pod Kosmajem. *Vesnik Geol. inst. kralj. jug. knj. 5*, Beograd.
32. Pavlović, Z. 1980. OGK 1:100000, Tumač za list Smederevo. *Zavod za geološka, hidrogeološka, geofizička i geotehnička istraživanja „Geozavod—*, Beograd, 7-30
33. Pavlović, Z., Marković, B., Atin, B., Dolić, D., Gagić, N., Marković, O., Dimitrijević, M., Vuković, M., 1980. OGK 1:100000. *Zavod za geološka, hidrogeološka, geofizička i geotehnička istraživanja „Geozavod“*, Beograd.
34. Rakić, S. 1961. Metalogeneza i mineralne parageneze rudišta olova i cinka Šumadije. *Fond struč. dokum. Geozavoda*, Beogra.
35. Stevanović, P. 1949. O geološkim ispitivanjima u Šumadiji između reke Jasenice i Ralje. *Glasnik SANU*, knj. I, sv. 3, Beograd
36. Schumacher, John C. 1991. Empirical Ferric Iron Corrections: Necessity, Assumptions, and Effects on Selected Geothermobarometers, *Mineralogical Magazine* 55(378):3-18
37. Sudholz, Z. J., Green, D. H., Yaxley, G. M. & Jaques, A. L., 2022. Mantle geothermometry: experimental evaluation and recalibration of Fe–Mg geothermometers for garnet-clinopyroxene and

- garnet-orthopyroxene in peridotite, pyroxenite and eclogite systems, Contributions to Mineralogy and Petrology volume 177, Article number: 77
38. Winter, John D. 2001. An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology, *1st Edn. Prentice-Hall Inc.*, New Jersey. ISBN: 0132403420, 978-0132403429.
 39. Vasković, N. 1987. Petrološke karakteristike monocgranita Kosmaja – radovi Geoinstituta, knjiga 20, Beograd, 91-113
 40. Viquesnel, A., 1842. Journal d' un voyage dans la Turquie d'Europe. *Memoires de la Societe Geol. de France.* tome V, partie I.
 41. Vukotić M. 1962. Kontaktni metamorfizam terciarnog magmatizma u unutrašnjoj dinarskoj zoni na teritoriji N. R. Srbije. *Referati V savetovanja*, Beograd.
 42. Zussman J. , Deer W. A. and Howie R. A. 1963. Rock-forming minerals. London (Longmans), Vol. 4: *Framework silicates.* ix + 435 pp.
 43. Žujović, J. 1893. Geologija Srbije. *Spomenica SKA, knj. I*, Beograd.

ZAHVALNOST

Želela bih da izrazim veliku zahvalnost mom mentoru docentu Bojanu Kostiću na pruženoj pomoći i korisnim savetima i sugestijama pri izradi ovog master rada. Posebno se zahvaljujem profesorki dr Danici Srećković-Batoćanin na pomoći pri terenskim istraživanjima, kao i podršci, stručnom mišljenju i smernicama kroz ceo proces izrade rada. Veliku zahvalnost dugujem profesorki dr Suzani Erić na ukazivanju svih bitnih činjenica i pomoći pri rešavanju nejasnoća sa kojima sam se susrela tokom istraživanja.

Pored toga, hvala mojoj porodici na podršci kroz cele studije, a posebno tokom izrade ovog rada.

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ ЗАВРШНОГ РАДА

Име и презиме студента Милица Малетић

Број индекса Г628/19

Изјављујем

да је завршни рад под насловом

Монцогранити потока Радовац (Космај)

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да завршни рад у целини ни у деловима није био предложен за стицање друге дипломе на студијским програмима Рударско-геолошког факултета или других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

У Београду, _____

Потпис студента

ИЗЈАВА
О ИСЛОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ
ЗАВРШНОГ РАДА

Име (име родитеља) и презиме студента Милица (Првослав) Малетић
Број индекса Г628/19
Студијски програм Петрологија и геохемија
Наслов рада Монцогранити потока Радовац (Космај)

Ментор Бојан Костић

Изјављујем да је штампана верзија мог завршног рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради одлагања у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити у електронском каталогу и у публикацијама Рударско-геолошког факултета.

У Београду, _____

Потпис студента

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ ЗАВРШНОГ РАДА

Овлашћујем библиотеку Рударско-геолошког факултета да у Дигитални репозиторијум унесе мој завршни рад под насловом:

Монцогранити потока Радовцац (Космај)

који је моје ауторско дело.

Завршни рад са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Мој завршни рад одложен у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета је (заокружити једну од две опције):

- I. редуковано доступан кроз наслов завршног рада и резиме рада са кључним речима;
- II. јавно доступан у отвореном приступу, тако да га могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се уз сагласност ментора одлучио/ла.
 1. Ауторство (CC BY)
 2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
 3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
 4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
 5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
 6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Заокружите само једну од шест понуђених лиценци. Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве.)

У Београду, _____

Потпис ментора

Потпис студента

1. **Ауторство.** Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
 2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
 3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
 4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
 5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
 6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.
-

ПОТВРДА
О ПРЕДАЈИ ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ ЗАВРШНОГ РАДА

Потврђује се да је студент _____,
(име (име родитеља) презиме)
бр. индекса _____ / _____ предао/ла електронску верзију завршног рада на
основним/мастер академским студијама под насловом:

који је урађен под менторством _____
(име, презиме и звање)

за Дигитални репозиторијум завршних радова РГФ-а.

Потврда се издаје за потребе Одељења за студентска и наставна питања и не може се користити у друге сврхе.

У Београду, _____

Библиотекар
