

Stepen metamorfizma metaklastita rudnika

Vanja Ćuk



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Stepen metamorfizma metaklastita rudnika | Vanja Ćuk | | 2024 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0008929>

**Univerzitet u Beogradu
Rudarsko-geološki fakultet**



Završni rad
Osnovne akademske studije

**STEPEN METAMORFIZMA
METAKLASTITA RUDNIKA**

Kandidat:
Vanja Ćuk G75/21

Mentor:
prof. dr Danica Srećković-Batoćanin

Beograd, septembar, 2024.

Komisija:

1. Dr Danica Srećković-Batoćanin, redovni profesor, mentor

Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

2. Dr Violeta Gajić, vandredni profesor, član

Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

3. Dr Bojan Kostić, docent, član

Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

Datum odbrane: _____

REZIME

Zadatak ovog rada je bio, potvrda saznanja da se na planini Rudnik dogodio kontaktni metamorfizam gornjokrednih sedimentnih stena i da se ispita intenzitet kontakto-metamorfni promena. Posle kraćeg opisa geografskog položaja, pregleda ranijih istraživanja i geologije šireg područja, usmerena je pažnja na petrološka ispitivanja metaklastita i na kontaktno-metamorfne facije.

Usled stvaranja različitih vulkanogenih facija odnosno usled vulkanskih erupcija, delovanjem zagrejane magme (lave) ili zagrejanog fluida, došlo je do kontaktnog metamorfizma, na granici oligocen-miocen i do stvaranja različitih metamorfni stena, a najznačajniji su skarnovi (ekonomski), metaklastiti i hornfelsi. Metaklastiti su zastupljeniji od skarnova na manjim dubinama, mada se mogu pronaći i na većim dubinama u stubu bušotina.

Analizom i laboratorijskim ispitivanjem, proučavane stene se mogu svrstati u 3 grupe: metakonglomerati, metapeščari i metaalevroliti. Definisani su svi kao metaklastiti, jer je vezivo u njima pretrpelo promene primarne komponente. Takve promene su indikator termičkog kapaciteta odnosno toplote izliva kvarclatita i oslobođenih fluida.

Ključne reči: *Kontaktni metamorfizam, Rudnik, metakonglomerati, metapeščari, metaalveroliti*

ABSTRACT

The task of this work was to confirm the knowledge that contact metamorphism of Upper Cretaceous sedimentary rocks occurred on Mount Rudnik and to examine the intensity of contact-metamorphic changes. After a brief description of the geographical location, a review of earlier research and the geology of the wider area, attention was directed towards petrological analysis of metaclastites and contact-metamorphic facies.

As a result of the creation of different volcanic facies or volcanic eruptions, and the influence of heated magma (lava) or heated fluids, contact metamorphism occurred at the Oligocene-Miocene boundary leading to creation of various metamorphic rocks, with skarns as the most significant (economically), metaclastites and hornfels. Metaclastites, are more common than skarns at shallower depths, although they are also recorded at greater depths in the borehole core.

Through analysis and laboratory testing, the analyzed rocks can be classified into three groups: metaconglomerates, metasandstones and metasiltsstones. They are all defined as metaclastites because the primary matrix in them has undergone changes. Such changes are indicators of thermal capacity, or the heat from the extrusion of quartz latite and of the released fluids.

Keywords: *Contact metamorphism, Rudnik, metaconglomerates, metasandstones, metasiltsstones*

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. OPŠTI DEO.....	3
2.1. Geografski položaj.....	3
2.2. Pregled ranijih istraživanja	4
2.3. Prikaz geološke građe terena Rudnika.....	5
Kreda (K).....	6
Tercijar (T)	8
Neogen (N)	9
Kvartar (Q).....	10
3. SPECIJALNI DEO.....	11
3.1. Metode ispitivanja	11
3.2 Rezultati petroloških ispitivanja	11
3.2.1. Metaalevroliti	12
3.2.2. Metapeščari	14
3.2.3. Metakonglomerati	15
3.3. Kontaktno-metamorfne stene Rudnika	16
3.3.1 Metaklastiti Rudnika.....	16
3.3.2 Skarnovi i hornfelsi Rudnika.....	17
3.4. Petrološke karakteristike petrogenih sastojaka ispitivanih metaklastita.....	19
3.5 Determinacija protolita kontaktno metamorfnih stena Rudnika	23
4. ZAKLJUČAK	24
5. LITERATURA.....	25

1. UVOD

Brojna ekonomski značajna rudna ležišta srebra, olova i cinka, volframa i antimona bila su u direkto vezana za kvarclatitsku fazu kenozojskog magmatizma. Jedan od važnih lokaliteta je planina Rudnik, na kojoj je mineralizacija poznata najverovatnije još iz praistorije. Viševjekovno rudarenje je više puta napuštanu i opet obnavljano.

Planina Rudnik je od davnina do danas bila interesantna u pogledu eksploatacije rude. Veliki broj istraživača bavio se problematikom magmatskih stena, mineralnim paragenezama i ekonomskim procenama ležišta Rudnik. Povezanost kontaktnog metamorfizma i magmatizma sa orudnjenjem je neosporna, jer je polimetalna Pb-Zn mineralizacija karakteristična za skarnovska ležišta, kako se Rudnik i dan-danas karakteriše. U više izveštaja i radova rađenih za potrebe kompanije Rudnik i naučnih radova i doktorskih disertacija razmatrana je veza orudnjenja sa magmatskim stenama, tip protolita u kojem su se odlagali (obarali) korisni metali, vreme dešavanja samih metamorfnih procesa koji su doveli do obrazovanja ležišta (Pejatović, 1991; Đoković i dr., 2011; Cvetković i dr., 2016; Kostić, 2021). Mineraloško-petrološka odredba kontaktno-metamorfnih stena koje su u neposrednom kontaktu sa orudnjenom zonom, omogućava bolji uvid u metamorfne procese i zone okolorudnih promena.

Snažne vulkanske erupcije su se dogodile tokom mlađe faze kenozojskog vulkanizma, pre oko 20-25 miliona godina i došlo je do stvaranja različitih vulkanogenih facija kvarclatitskog karaktera. Starost ovog vulkanskog događaja određena je na 23.9 miliona godina (Kostić, 2021; Cvetković dr. 2016). Neposredno nakon erupcija ili istovremeno, delovanjem tek pristigle lave ili zagrejanih fluida odvijao se kontaktni metamorfizam koji je zavisno od karaktera stena dao različite produkte. Ovaj miocenski vulkanizam doveo je do kontaktno metamorfnih promena sedimentnih stena i obrazovanja skarnova i hornfelsa.

U ekonomskom pogledu su daleko najznačajniji skarnovi, a sa njima su redovno udruženi ili se smenjuju metaklastiti, primarni flišni sedimenti kod kojih su se metamorfne promene prvenstveno odrazile na vezivu.

Ono što povezuje i stenu definiše kao skarn u različitim geološkim sredinama jeste mineralogija, vezana za različite minerale Ca silikata asocirane najčešće sa granatima i piroksenima. Einaudi i dr. (1981) su u preglednom radu o skarnovskim ležištima ukazali na potrebu da se reč „skarn” i „skarnovsko ležište” koriste kao opisni termini, sve dok to ne potvrdi mineraloški sastav i genetska interpretacija. Termin „skarn” preuzet je od rudara sa severa Evrope koji su tako nazivali stenu izgrađenu od Ca-silikata, odnosno minerala „jalovine”, asociranih sa magnetitom i sulfidima Fe. Skarnovi Rudnika su klasifikovani kao epidotski, granat-vezuvijanski i granat-piroksenski, dok su hornfelsi bliže definisani po facijama na one iz albit-epidotske hornfels facije, hornblenda hornfels facije i piroksenske hornfels facije.

Fliš je specifična sedimentna tvorevina koja nastaje iz mutnih, turbiditnih tokova. Materijal istaložen na početku kontinentalne padine je prožet vodom i pre početka procesa dijageneze se otkida i u obliku guste suspenzije sliva, klizi pod dejstvom gravitacije u dublje delove basena. Tokom tečenja dolazi do sortiranja materijala po veličini i formiranja podvodnih lepeza. Svaki složeni sloj iz jednog toka je sekvenca, i one su deblje u proksimalnom delu. Sekvence se ponavljaju sve dok ima priliva materijala. Zbog takvog načina taloženja i kretanja na donjim površima slojevitosti su česti tragovi tečenja, utiskivanja, vučenja, zadiranja, kotrljanja...

U ovom radu, urađena su detaljna mineraloško-petrološka ispitivanja i mineraloško-petrografska odredba kontaktno metamorfnih stena koje se nalaze u neposrednom kontaktu sa orudnjenom zonom.

2. OPŠTI DEO

2.1. Geografski položaj

Ispitivano područje planine Rudnik nalazi se na oko sto kilometara južno od Beograda, odnosno petnaest kilometara severno od Gornjeg Milanovca, u zapadnom delu Šumadije (slika 1). Na OGK 1:100 000 je prikazano na listovima Gornji Milanovac i Kragujevac (Filipović i dr., 1978; Brković i dr., 1980). Ima veoma povoljan turističko-geografski položaj. Varošica Rudnik je smeštena između 700 i 500 metara nadmorske visine. Rudnik ima osam vrhova iznad 1000 metara nadmorske visine, a najviši je Cvijićev vrh, sa visinom od 1132 metra.



Slika 1. Geografski položaj ispitivanog terena (izvor: <http://www.rudnik.in.rs/rudnik/geografske-odlike.html>)

Rudnik je razvođe između slivova Velike Morave, Zapadne Morave i Kolubare i izvorište najvećih reka Šumadije. Sa severne strane je Jasenica, desna pritoka Velike Morave, a sa zapadne izvorište Despotovice, leve pritoke Zapadne Morave. Sa južne i jugoistočne strane teče Gruža, takođe leva pritoka Zapadne Morave. Na samoj planini izviru rečice: Zlatica, Srebrenica, Jasenica, Brezovica itd., koje se u podnožju spajaju sa većim rekama.

Na planini Rudnik su još davnim istraživanjima utvrđena ležišta metala, nemetala i građevinskog materijala. Na rudištima Rudničke planine otkopavane su srebronosne, olovne i bakarne rude u svim periodima, najverovatnije još od praistorije i antičkog doba. Rudarenje je više puta napuštanu i opet obnavljano kroz ceo srednji vek, doba turske vladavine i austrijske okupacije (1718-1738), kao i posle Prvog svetskog rata i Drugog svetskog rata, a traje i danas.

2.2. Pregled ranijih istraživanja

Prvi radovi sa ovog područja o geološkoj građi, danas uglavnom imaju istorijski značaj i potiču od poznatih istraživača iz perioda pre Prvog svetskog rata. Takvi su na primer radovi Antule (1892), Žujovića (1893, 1900) i Uroševića (1900).

U periodu između Prvog svetskog rata i Drugog svetskog rata ispitivanja su vršili brojni autori, ali treba istaći radove Simića (1937, 1938, 1940) i Mikinčića (1933, 1935) u kojima se nalaze prvi značajni stratigrafski podaci, kao i rad Dimitrijevića (1938) koji tretira problematiku vulkanskih stena i geneze piroklastičnog materijala.

Posle Drugog svetskog rata područje planine Rudnik bilo je predmet ispitivanja brojnih istraživača, a pored publikovanih podataka postoji i veoma brojni fondovski materijal o rudonosnosti ovog područja. Najdetaljniji podaci odnose se na metalne sirovine - olovo i cink, mangan, živa, kalaj i hrom (Pavlović i dr, 1967, 1968, 1970; Marković i dr., 1968) i ekonomski značajne pojave magnezita na južnom obodu peridotitskog masiva Maljena i Suvobora (Manojlović, 1959; Manojlović i Čvorović, 1966. i Rubežanin i dr., 1970). O petrološkom i geohemijskom karakteru, a posebno o poreklu i genezi vulkanskih i intruzivnih magmatskih stena koje izgrađuju okolinu polimetalnog rudnog polja "Rudnik", postoje stariji radovi u kojima su podaci često

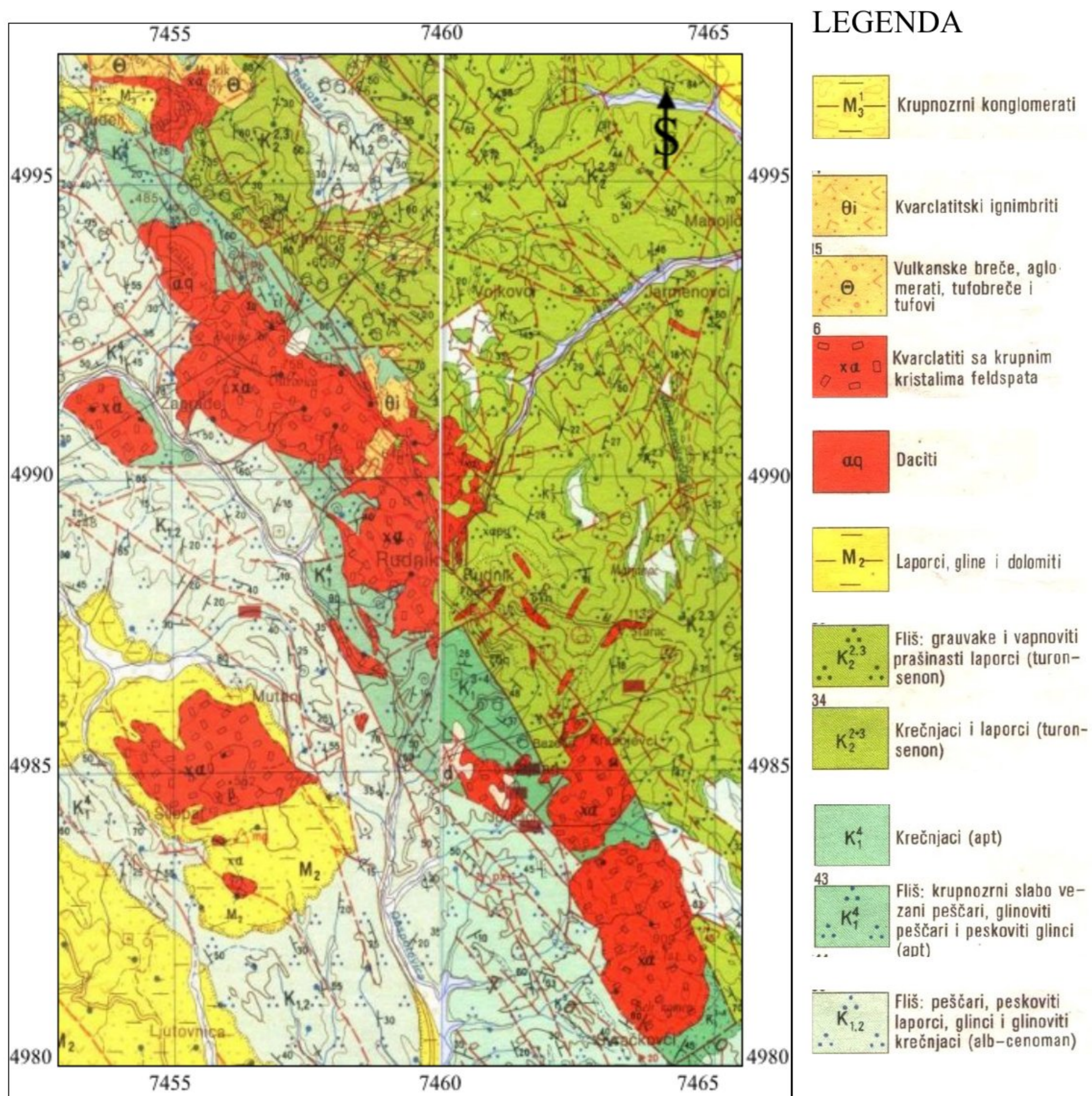
protivrečni (npr. Gočanin, 1937; Knežević, 1956; Terzić, 1969; Milić, 1972; Terzić i Terzić, 1972; Terzić i dr., 1984).

Noviji podaci o magmatskim stenama rudničkog vulkansko-intruzivnog kompleksa su dati u vulkanološkoj studiji koja je urađena za potrebe rudnika „Rudnik“ (Cvetković, 2009). Postoje i druge studije za potrebe rudnika „Rudnik“. Pojedini uzorci za ovaj završni rad i jesu deo studije koju su profesor Nebojša Vasić i profesorka Danica Srećković – Batoćanin radili u aprilu 2015. godine. Takođe među značajnim novijim radovima, na teritoriji Rudnika, kako terenskih, laboratorijskih i hemijskih ispitivanja je i doktorska disertacija koju je radio Bojan N. Kostić na temu „Kontaktne metamorfizam gornjokrednih sedimentnih stena Rudnika“ (2021).

2.3. Prikaz geološke građe terena Rudnika

Podaci o geološkoj građi ispitivanog terena prikazani su u Tumačima za Osnovne geološke karte 1:100.000, listovi Kragujevac i Gornji Milanovac (Filipović i dr., 1978; Brković i dr., 1980).

U delu terena Rudnika tvorevine krede su intenzivno ubrane i dislocirane regionalnim i lokalnim rasedima, a utvrđeni su i linearni nabori i rasedi pravca pružanja SZ - JI (Brković i dr. 1978; i Filipović i dr. 1971). Najuočljivije su dve rasedne strukture. Prva se pruža od Crnuće do Rudnika (i dalje ka severozapadu) i čini tektonsku granicu između rudničkog i jarmenovačkog razvića krede. Druga rasedna struktura se pruža od Vračevšnice do Bosute i ima pravac pružanja SZ-JI. Nabori koji se javljaju u ovim jedinicama su od centimetarskih, pa do više kilometarskih dimenzija. Prema aksijalnoj površi imaju različite položaje od uspravnih, do poplegih i zagnjurenih.



Slika 2. Geološka karta ispitivanog područja - OGK 1:100.000, listovi Gornji Milanovac (Filipović i dr., 1978) i Kragujevac (Brković i dr., 1980)

Na delu ispitivanog područja Rudnika, moguće je izdvojiti dva strukturna sprata. Donji strukturni sprat čine peridotitske stene jurske starosti, dok gornji strukturni sprat obuhvata sedimentne stene kredne starosti. Geološku građu šire okoline Rudnika čine različiti varijeteti magmatskih stena, litološki različite sedimentne i metamorfne stene. Najstarije stene su jurski serpentiniti i serpentinisani peridotiti.

Kreda (K)

U krednim flišnim sedimentima na području Rudnika izdvojena su dva tipa razvića: rudničko (K_1), između rudničke i boljkovačke dislokacije, i jarmenovačko (K_2), smešteno istočno od rudničkog raseda (slika 2). Sedimenti rudničkog razvića se javljaju

na području sela Majdan, Nevade i Donjeg Crnuća. Nastali su kao produkti turbiditnih i laminatnih tečenja, a karakterišu se niskim sadržajem karbonata. Ove tvorevine počinju barem-aptskim (K_1^{4+5}) flišoidnim klastitima, koji se javljaju na severnoj i južnoj strani Belog kamena, a podina im nije otkrivena. Debljina im je 350 metara. Preko njih leže albski (K_1^6) sedimenti u kojima preovlađuju dobro uslojeni peščari, konglomeratično-detritični krečnjaci i serija glinaca i peskovitih laporaca, dok su alevroliti podređeni. Fauna koja je u njima pronađena je predstavljena cefalopodima *Neohibolites minimus*, *Anahoplites sp.* Od marinske mikrofaune je utvrđena *Hedbergella infracretacea*. Sedimenti jarmenovačkog razvića ograničeni su sa zapadne strane sedimentima rudničkog razvića, a sa istočne, stragarskim serpentinitima. Javljaju se od Gornje Trešnjevica na severu, do Grivca na jugu. Izdvojene su tri jedinice: alb-cenomana, turon i turon-senon. Za razliku od sedimenta rudničkog razvića, ovi sedimenti se karakterišu visokim sadržajem karbonata. Debljina kompletne serije je oko 150 metara. Mikrofauna pronađena u laporovitim mikritima je *Rotalipora apenninica*, *Planomalina buxtorfi*, foraminifere iz roda *Globigerina* i dr.

Laporoviti krečnjaci, alevroliti i laporci turonske starosti imaju malo rasprostranjenje. Konstatovani su na lokalitetima na kojima su zastupljeni i sedimenti alb-cenomana. Laminacija je izražena samo kod krečnjaka u vidu kose i talasaste laminacije, kao i konvolutna laminacija i ostaci razorenih slojeva. Od faune pronađeni su ostaci koji pripadaju donjem i gornjem turonu bez njegovih najviših delova: *Globotruncana helvetica*, *Globotruncana renzi*, *Globotruncana marginata* i dr.

Stene turon-senonske starosti imaju najveće rasprostranjenje u jarmenovačkom razviću. U okviru njih su izdvojena tri paketa sedimentne serije: fliš, brečoidni krečnjaci i rumenkasti alevroliti. U bazi flišnog paketa nalaze se alevrolitski krečnjaci. Iznad njih se smenjuju masivni areniti, mikrokonglomerati i alevriti. Debljina slojeva je različita, a slojevitost jasno izražena. U sitnozrnim stenama razvijena je kosa i talasasta laminacija. Površine slojeva su oštro izdiferencirane u grubozrnim sekvencama u kojima se javlja gradacija kao prosta ili ponovljena. Smatra se da debljina čitavog flišnog paketa ne prelazi 500 metara. U flišnom paketu je izdvojen „olistostromski nivo“ (Đoković i dr., 2011) koji sadrži uklopke peščara, masivnih krečnjaka, rožnaca, alevrolita i laporaca.

Paket od brečoidnih krečnjaka je približno 150 metara debljine i sastoji se uglavnom od odlomaka rožnaca, škriljaca, argilošista, krečnjaka i kvarcita. Karbonatni fragmenti izgrađeni su od mikrita, sparita, biomikrita i odlomaka rudista. Peskovitu komponentu čine zrna kvarca, liskuna, odlomci kvarcita, rožnaca i argilošista. Vezivo brečoidnih krečnjaka je sparitsko, dok se mikriti mogu pronaći kao tanki slojevi između banaka mikrudita.

U paketu rumenkastih alevrolita, najčešći su biomikritski krečnjaci, izgrađeni od mikritske materije sa laminama kalkarenita. Homogenog su sastava, bez ikakve izražene unutrašnje strukture. Horizontalna laminacija se uglavnom ističe promenom boje materijala. U pojedinim krečnjacima mestimično se može zapaziti i škriljavost. Debljina ovog paketa je do 250 metara. Od mikrofaune koja je pronađena u turon-senonskim sedimentima javljaju se: *Globotruncana cornata*, *G. linneiana*, *G. augusticarinata*, *Globigerina inflata*, *Pithonella ovalis* i druge.

„Olistostromski paket“ je konstatovan u predelu Jermenovca i na padinama Ramačkih planina, gde se na profilima mogu posmatrati podina i povlata ovog horizonta. Na profilima u Jermenovačkoj reci „olistostromski horizont“ se postepeno razvija iz donjeg dela fliša. „Olistostromska jedinica“ počinje alevrolitima, a zatim prelazi u tanke trake jako deformisanih peščara. U donjem delu ima veoma malo uklopaka, dok su naviše sve češći i veći. Najčešći uklopci su blokovi peščara i masivnih krečnjaka barem-apt. Uklopci alevrolita, laporaca i rožnaca su podređeni. Osnovna masa „olistostromskog paketa“ je izgrađena od alevrolita i laporaca, dok je matriks karbonatni. Debljina ovog paketa je oko 70 metara.

Tercijar (T)

Tercijarni vulkaniti izgrađuju i deo su rudničko-ljiške vulkanske zone (Varošica Rudnik – Zagradje – Trudelj - Ljig). Sa područjem Slavkovice i pojasom Takovo - G. Branetići pripadaju Rudničko-boračko-kotleničkoj vulkanskoj provinciji koja se diskontinuirano pruža od Kraljeva na jugu do Ljiga na severu (Cvetković i dr. 2000).

Najveći deo vulkanita (feldspatoidski efuzivi i njihovi piroklastiti i kvarclatitsko-dacitski efuzivi sa pratećim piroklastičnim materijalom) obrazovan je u

srednjem miocenu, a samo male pojave bazalta, kao najmlađih članova ove vulkanske asocijacije, je verovatno gornjomiocenske starosti. Cvetković (2016) izdvaja dve podfaze: oligocensku (~30Ma), i drugu ranomiocensku (~20Ma). Na Rudniku su ove dve faze oštro odvojene, dok su na nekim područjima, kao što je slučaj sa Rogoznom, prelazi postepeni. Mlađa faza se odlikuje povišenim sadržajem kalijuma i obilnim prisustvom piroklastita koji potvrđuju teoriju o snažnim eruptivnim eksplozijama, i u genetskoj vezi je sa mineralizacijom. Vulkanska aktivnost na ovom delu terena, najverovatnije je vezana za niz manjih vulkanskih centara koji pravcem SZ-JI leže duž veće dislokacione zone. Vrsta i raspored vulkanskih produkata pokazuje da se vulkanizam, koji je u ovoj oblasti otpočeo još pre gornje krede, odlikovao mešovitim vulkanskim erupcijama.

Neogen (N)

Neogeni sedimenti stvarani su u tektonski predisponiranim basenima - Pranjanskom, Gornjomilanovačkom i Mioničkom-belanovičkom. Neogen je predstavljen slatkovodno-jezerskim tvorevinama srednjeg miocena i brakičnim i slatkovodnim sedimentima gornjeg miocena. Srednjomicenski sedimenti, slatkovodni ekvivalenti tortona, konstatovani su u Gornjomilanovačkom i Mioničkom basenu, dok je brakični sarmat razvijen u srednjem delu Mioničko-belanovačkog basena. Sedimenti ove jedinice pored slatkovodnih i kopnenih mekušaca sadrže makro i mikrofaunističke vrste karakteristične za brakičnu sredinu. Neogeni sedimenti se nalaze istočno i zapadno od Rudnika, pri čemu su znatno šire rasprostranjeni na zapadnoj strani. Slatkovodne badenske naslage uključuju konglomerate, gline, tufove, laporce i laporovite krečnjake, kao i peščare i peskovite gline. Konglomerati su obično tanki, sa valucima od dijabaza, krečnjaka, peščara i kvarcita. Vezivo je u maloj meri prisutno i pretežno je od mikrokonglomerata i peščara. Gline su takođe retke, sivo-crvene boje, sa povremenim i retkim kvarcnim valucima i brojnim ostacima ljušturica ostrakoda.

Tufovi sivo-bele boje pojavljuju se na mestima gde se nalaze i gline. Imaju izraženu gradaciju, a njihova ukupna debljina može dostići do 35 metara. Sastoje se od vulkanskog stakla, alevrolita, peščara, zrna kvarca, plagioklasa, biotita i hornblende,

dok je cement tufozno glinovit. Laporci i laporoviti krečnjaci su prisutni u slojevima debljine od 1 do 8 centimetara. Slojevi tj, površi slojevitosti su jasno definisani, ponekad pokazuju deformacije i u njima su otkriveni ostaci ribljih krljušti i ostrakoda. Boje su bledožute, a debljina slojeva ne prelazi 200 metara. Peščari su najrasprostranjeniji, bočno se smenjujući sa svim neogenskim članovima. Ovi peščari su obično masivni, žute boje, nemaju znakove slojevitosti i po sastavu su liskunski peščari sa slojevima gline i većim gnezdima konglomerata, dok su paleontološki ostaci u njima retki. Paleoflora je pronađena samo u laporovitim sedimentima i uključuje vrste poput *Myrica lignitum*, *Quercus neriifolia*, *Bumelia minor*, *Pinus hepios* i *Acacia sotziana*.

Kvartar (Q)

Kvartarne naslage stvarane su u svim većim rečnim dolinama, poput Velike Morave. Zastupljeni su sedimenti rečnih terasa i aluvijum u užem smislu. Deluvijalni i proluvijalni sedimenti imaju manje rasprostranjenje. Rečne terase obično su ili potpuno razorene ili samo delimično očuvane i sastoje se od šljunkova, peskova i alevrolita, pri čemu se u nekim područjima mešaju sa materijalom sa padina. Alevritske gline, koje mogu pripadati facijama povodnja i mrtvaja, su retke.

Deluvijum se obično javlja na blagim padinama i sastoji se od fragmenata neogenih tvorevina, zbog čega je teško razlikovati ga od osnovne podloge. S obzirom na to da je transport materijala bio kratak, deluvijum je najrasprostranjeniji na padinama duž većih vodenih tokova.

Aluvijum se najviše širi u koritima većih rečnih tokova i njegov sastav direktno odražava litologiju erozivnog područja tog sliva. Obično se sastoji od mešavine šljunkova, peskova i peskovitih alevrolita.

3. SPECIJALNI DEO

3.1. Metode ispitivanja

Optička ispitivanja izvršena su na petrografskom polarizacionom mikroskopu za propuštenu svetlost tipa „Axioscope 5” proizvođača „ZEISS” koji je povezan sa kamerom „Axiocam 208 color” preko programa „ZEN core” (slika 3 i 4). Ispitivanja su urađena na Departmanu za Mineralogiju, kristalografiju, petrologiju i geochemiju Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu.



Slika 3. ZEISS Axioscope 5 Digital Microscope (izvor: <https://www.zeiss.com/microscopy/en/products/light-microscopes/widefield-microscopes/axioscope-5.html>)



Slika 4. Mikroskop Axioscope 5 proizvođača ZEISS koji je povezan sa kamerom „Axiocam 208 color”

3.2 Rezultati petroloških ispitivanja

Sve petrološke jedinice na Rudniku možemo svrstati u tri grupe: klastičnu, klastično-karbonatnu i karbonatnu jedinicu. Klastičnu jedinicu što je tema završnog rada možemo dalje podeliti na metaalevrolite, metapeščare i metakonglomerate.

Metaklastiti su vrsta metamorfnih stena koje potiču iz klastičnih sedimentnih stena, nevezanih sedimenata ili vezanih sedimentnih stena kao što su na primer šljunak, drobina, peskovi, alevriti, glinovite stene, odnosno konglomerati, breče, peščari, glinci

itd. Oni se formiraju kada te sedimentne stene podlegnu metamorfnim uslovima – visokim temperaturama i pritiscima - što dovodi do promene njihovih mineralnih i teksturnih osobina. Ključni procesi u formiranju metaklastita su:

- **Rekristalizacija:** Povećanje veličine mineralnih zrna unutar stene, što poboljšava njenu čvrstoću i stabilnost.
- **Metamorfizam:** Promene u hemijskom sastavu stene, često stvaranjem novih mineralnih faza koje nisu prisutne u originalnoj sedimentnoj steni.
- **Strukturne promene:** Razvijanje novih struktura i tekstura, poput folijacije (uređivanje mineralnih zrna u ravne slojeve) koje su karakteristične za mnoge metaklastite.

Metaklastiti igraju značajnu ulogu u metamorfnim procesima, jer pružaju uvid u uslove pod kojima su se formirali, kao i u evoluciju geoloških procesa koji su doveli do njihove metamorfne transformacije. Analizom metaklastita, geolozi mogu rekonstruisati istoriju metamorfizma i geoloških uslova koji su postojali u prošlosti.

3.2.1. Metaalevroliti

Metaalevroliti su stene koje često zadržavaju svoj prvobitni sastav i imaju alevritsku strukturu. Često su manje izražene laminacije i gradacije, ali takođe se javljaju i metaalevroliti sa očuvanom laminacijom (slika 5). One su veoma sitnozrne, sa malim količinama kvarca i sercita, pri čemu se sericit pojavljuje kao male liske-uzorak koji je obrađen ima oznaku (928/76,70).



Slika 5. Izgled jezgra bušotina nabušenih metaalevrolita sa očuvanom laminacijom
(Kostić, 2021)

Ove stene su sačinjene od sitnih zrna kvarca, plagioklasa, K-feldspata, epidota, hlorita i glinovito-alevrolitskog materijala koji čini osnovu. Metamorfne promene su veoma blage, a jedini metamorfni minerali prisutni su u obliku sitnog zemljastog epidota, koji je dispergovan u glinovitoj komponenti. U delovima sa većom količinom karbonata, razvijeni su krupniji kristali epidota do 0,5 milimetara. Hlorit, koji je pomešan sa zemljastim epidotom, čini osnovu stene i stvara pravce škriljavosti. Neki uzorci mogu sadržati fosilizovane biljne ostatke u tragovima koji su potpuno promenjeni. Boja metaalevrolita može varirati od svetlosive do tamnosmeđe, a u svetlijim varijetetima može se videti horizontalna laminacija debljine do 1 milimetar.

U metaalevrolitima se ne nalaze značajnije koncentracije metaličnih minerala, već samo fine impregnacije pirita i, u manjoj meri, arsenopirita, čiji su zrna veličine do 0,2 milimetra.

Metaalevroliti i metapeščari obično nemaju jasnu granicu i često se međusobno mešaju, kao i sa peščarima i karbonatima. Ova smena i ponavljanje su nepravilni. U nekim slučajevima, metaalevroliti se brzo smenjuju sa metapeščarima, dok se u drugim slučajevima smenjuju samo sa karbonatima. U dubljim nivoima bušotina, na dubinama od 250 do 350 metara, metaalevroliti su pretrpeli značajne metamorfne promene i prelaze u hornfelse.

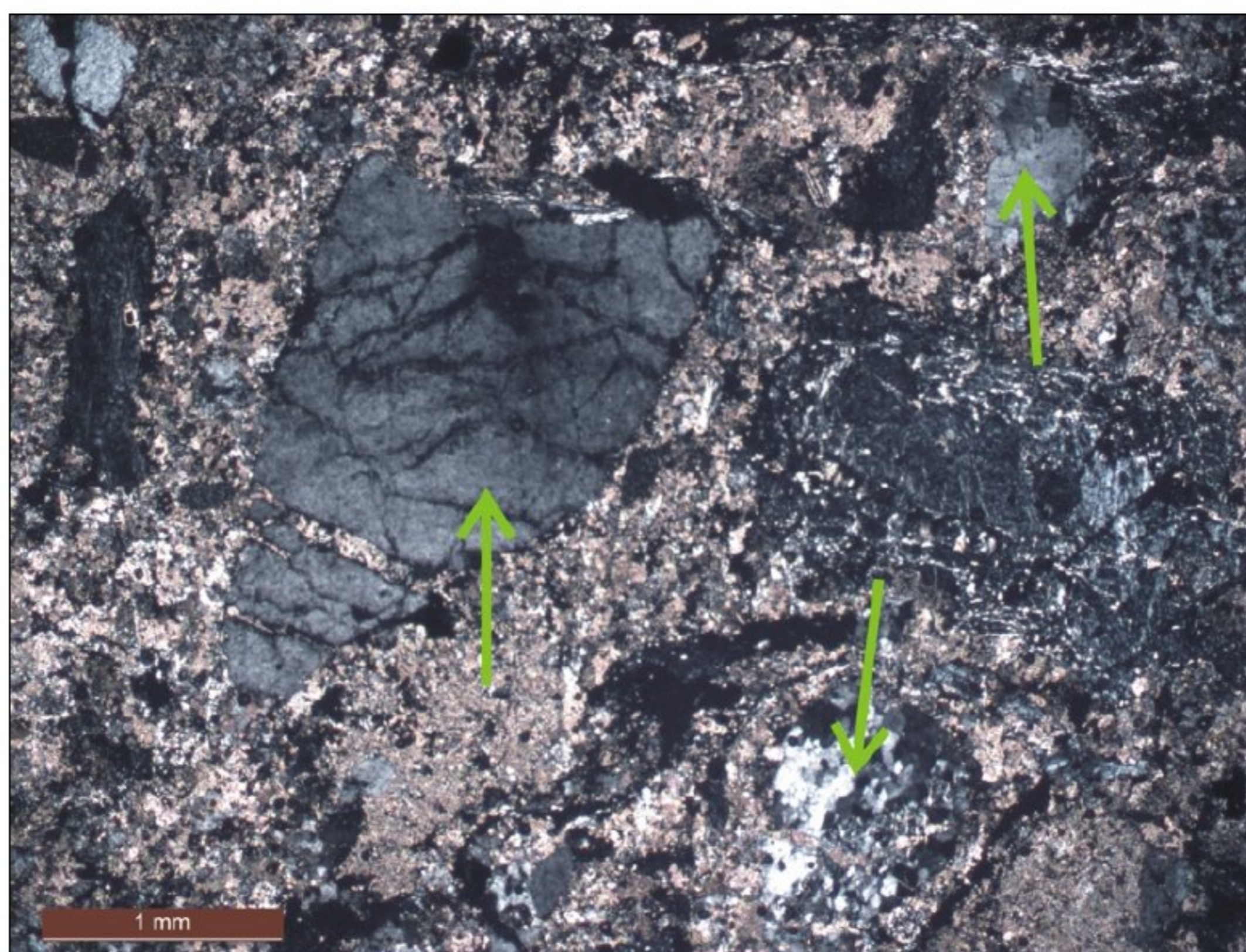
3.2.2. Metapeščari

Metapeščar je peščar modifikovan od strane temperature i pritisaka ili promene hemijskih ili mehaničkih karakteristika okruženja posmatrane stene. Peščar nastaje cementovanjem peska, a vezivo može da bude silicijsko, glinovito, karbonatno, gvoždevito i dr. Prema odnosu sadržaja feldspata, kvarca, odlomaka stena i količini veziva razlikuju se: kvarcni peščari, arkozni peščari (do 20% feldspata) i grauvake (količina glinovite vezivne materije i odlomaka stena je veća od 20%). Metapeščari imaju blastopsamitsku strukturu. To su sitno i sredjozrne ređe krupnozrne do konglomeratične stene. Izgrađeni su uglavnom od klasta pojedinačnih zrna kvarca, odlomaka kvarcita, plagioklasa (preparat 921/5,20). Vezivo u većini ispitivanih preparata je sericitsko sa malo hlorita. Klasti su često deformisani, a vezivo rekristalisalo.

Metapeščari su stene koje se sastoje od zrna kvarca, fragmenata karbonatnih stena, albita, hlorita, epidota, coisita, kalcita, aktinolita-tremolita, kao i fragmenata serpentinita i hromita. Njihova struktura je slojevita, delimično zbog prisustva aktinolita-tremolita i epidota koji se pojavljuju u trakama koje se smenjuju s peščarskom komponentom. Hlorit, zajedno sa sericitom, zemljastim epidotom, aktinolitom-tremolitom i kalcitom, čini osnovu stene. Kalcit je mikrokristalast, ali u nekim šupljinama i većim porama prelazi u krupnija zrna koja pokazuju karakteristične interferentne boje i gotovo uvek je u kontaktu s epidotom. Kvarc u ovim stenama je uglavnom dobro sortiran, dok se samo neka zrna nalaze u zaobljenoj formi. Ove stene često sadrže fragmente kvarcita, delove krečnjaka u kojima se razvijaju kristali epidota, i delove rožnaca. U bogatijim karbonatnim delovima metapeščara mogu se pronaći fosilni ostaci koralata i orbitolina, koji su u potpunosti prekrystalisali i izgrađeni su od kalcita. Metapeščari sadrže metalne minerale poput magnetita i titanomagnetita, a među sulfidnim mineralima prisutni su pirit, halkopirit i u manjoj meri arsenopirit.

3.2.3. Metakonglomerati

Metakonglomerat je stena nastala od konglomerata nakon metamorfizma. Konglomerat nastaje cementovanjem šljunka, vezivo može da bude silicijsko, karbonatno (slika 6), gvožđevito i dr.



Slika 6. Zelene strelice pokazuju dominantne klase kvarca i kvarcita u metakonglomeratu sa karbonatnim vezivom u uzorku 930 sa 99.60 m; XPL

Metakonglomerati imaju pretežno blastopsefitsku strukturu. Izgrađeni su uglavnom od kvarca, kvarcita, odlomaka vulkanita, dijabaza, kalcita (preparat 923, 21/20). Obradeno je mnogo uzoraka, ali treba izdvojiti sledeće uzorke (923/21,20; 930/99,60; 932/122,3; 936/155,0; 938/172,8; 940/188,2).

Jedinica metakonglomerata uključuje i brečizirane materijale koji se pojavljuju samo u određenim delovima gde se susreću dve različite jedinice, razdvojene pukotinsko-rasednim sistemom ili u zonama kontakta između sedimenata i kvarclatitskih dajkova.

Metakonglomerati se mogu dalje klasifikovati u dve podgrupe: monomiktne i polimiktne metakonglomerate. Monomiktne metakonglomerati mogu biti sačinjeni od valutaka krečnjaka ili kvarcita. U metakonglomeratima sa valucima kvarcita, porni prostor ili cement je prvobitno bio glinovito-karbonatni, ali je sada potpuno promenjen u sericitsko-hloritsko-kalcitski cement.

Kod karbonatnih metakonglomerata, valuci krečnjaka su potpuno prekrystalisali u kalcit. Karbonatni cement je delimično prešao u zemljasti epidot, a u nekim slučajevima su se razvili i krupniji kristali epidota. U ovim stenama se mogu naći i metalični minerali u obliku retkih zrna pirita, mada su prisutni znatno ređe nego u prethodnim jedinicama.

Polimiktni metakonglomerati sadrže valutke različitih materijala, uključujući kvarcit, karbonatne stene, rožnac, serpentinisane peridotite, peščare i alevrolite. U delovima gde je prisutan veći udeo karbonatnih materijala, razvijaju se kristali epidota i coisita veličine do 3 milimetra. U raspadnutim valucima serpentinita često se formiraju veliki kristali aktinolita-tremolita, dok neki valuci serpentinita mogu biti u potpunosti zamenjeni ovim mineralima. Ako u valucima ima zrna hromita, oko njih se često formiraju žuti epidoti-pistaciti. Takođe, na ivicama nekih zrna hromita može se razviti magnetit, koji je prisutan u gotovo svim potpuno promenjenim valucima serpentinita, često u obliku praškastog magnetita u mrežastim strukturama. U polimiktnim metakonglomeratima se često nalaze i valuci koji su sastavljeni od alevrolitsko-glinovite komponente. Karbonatni valuci često imaju sloj albita koji pokazuje bližnjenje. U blizini pukotinsko-rasednih zona, polimiktni metakonglomerati često su brečizirani, a pukotine su ispunjene sekundarnim kalcitom i zeolitima iz grupe laumontita.

3.3. Kontaktno-metamorfne stene Rudnika

3.3.1 Metaklastiti Rudnika

Metaklastiti Rudnika uključuju metakonglomerate i metapeščare. Metakonglomerati se dalje dele na monomiktne i polimiktne metakonglomerate. Monomiktne metakonglomerati se sastoje pretežno od valutaka kvarcita, dok polimiktne metakonglomerati sadrže valutke kvarcita, karbonata, peščara, rožnaca, i serpentinisanih peridotita. Hemijska analiza metaklastita pokazuje povišene vrednosti elemenata poput hroma i nikla. Prema istraživanjima Schmid i dr. (2008), ove jedinice su deo Sava zone koja razdvaja orogene Karpato-Balkanida (mega-jedinica Dakije) i Dinaride (Adrijska ploča). Materijal u metakonglomeratima i metapeščarima dolazi iz

ultrabazičnih stena, koje su erodovane i pomešani su sa drugim materijalom u sedimentacionom basenu.

Metaklastiti su generalno prisutni bliže površini i mogu dostići do 170 metara dubine. Prelaz između metapeščara i metakonglomerata je postepen i uključuje međusobno prožimanje i mešanje. U pojedinim bušotinama primećeno je mešanje metapeščara i metakonglomerata u vidu sočiva. Na kontaktu sa hornfelsima, metapeščari pokazuju deformacije i lamine mogu biti iskidane. Klastična komponenta metapeščara uključuje zrna kvarca, feldspata, hromspinelu i odlomke serpentinita, dok hornfelsi sadrže samo kvarc, feldspate i piroksene, što je potvrđeno elektronskom mikrosondom i rendgenskom difrakcijom praha (Bojić, 2021). Spinelu iz metaklastita potiču od harzburgitskog peridotita. Najbliži materijal izložen na površini kao potencijalni izvor erodovanog materijala sa peridotita nalazi se na istoku Rudnika u okolini mesta Stragari i takođe je harzburgitskog sastava (Brković i dr., 1978). Od Stragara ka zapadu prostiru se gornjokredne stene Jarmenovačkog razvića. Pozicije svih ispitivanih bušotina nalaze se u stenama gornje krede iz Jarmenovačkog razvića, koje su na Rudniku predstavljene metaklastitima.

3.3.2 Skarnovi i hornfelsi Rudnika

Skarnovi u Rudniku pojavljuju se od dubine od 170 metara i dosežu do oko 360 metara u većini bušotina. U pojedinim bušotinama, bušenje je zaustavljeno u skarnovima, što otežava procenu njihove tačne debljine. Mineralni sastav skarnova zavisi od temperaturnih uslova, sadržaja karbonata u protolitima i uticaja hidrotermalnih rastvora. Kvarc i kalcit su prisutni u svim tipovima skarnova, dok epidot, coisit i hlorit označavaju slabiji metamorfizam, a pirokseni, granati i vezuvijan jači stepen metamorfizma (Kostić, 2021).

Skarnovi Rudnika su klasifikovani na:

- Epidotske skarnove;
- Granatsko-vezuvijanske skarnove;
- Granatsko-piroksenske skarnove.

Epidotski skarnovi su najrasprostranjeniji i sadrže epidot, coisit, hlorit, kalcit i kvarc. Rasprostranjeni su uglavnom do 150 metara dubine, gde kalcit često prekrystalise. Hlorit u epidotskim skarnovima pokazuje polihroizam u nijansama zelene i plave boje. Metalicni minerali su prisutni u manjoj meri, često u sekundarnim kvarcnim i kalcitskim žicama.

Granatsko-vezuvijanski skarnovi sadrže epidot i piroksen u manjim količinama, najčešće kao inkluzije u granatu. Granati pokazuju anizotropiju i zonarnost, dok vezuvijan ima indigo-ljubičasto-sive interferentne boje. Pored granata, vezuvijana i piroksena, mogu se pojaviti i metalicni minerali poput galenita i sfalerita. Ovi skarnovi su povezani sa velikim uticajem hidrotermalnih rastvora koji su se kretali kroz magmatske intruzive.

Granatsko-piroksenski skarnovi nastali su od protolita sa povišenim sadržajem karbonata, pretežno mešavine klastita i karbonata. Granati su anizotropni, pripadaju grupi grosular-andradita, dok pirokseni pripadaju grupi diopsida ili hedenbergita. Zrna piroksena često dostižu veličine preko 5 milimetara i mogu se pogrešno odrediti kao epidot. Ovi skarnovi su često dezintegrisani zbog hidrotermalnih uticaja koji rastvaraju kalcit i zamenjuju ga metalicnim mineralima kao što su halkozin i galenit. Radijalnozrakasti hloriti i epidoti u skarnovima ukazuju na retrogradne reakcije.

Hornfelsi Rudnika su kontaktno metamorfne stene nastale od fino-zrnih klastita i laporaca, i često se smenjuju sa skarnovima. Mineralni sastav uključuje kvarc, kalcit, kalijski feldspat, plagioklas, amfibol, piroksen, epidot i hlorit. U blizini kontakta sa kvarclatitskim dajkovima, mogu se pojaviti sitni granati i vezuvijan. Od akcesornih minerala prisutni su apatit i cirkoni, dok su metalicni minerali pirit i arsenopirit.

Prema Miyashiro (1973), hornfelsi Rudnika se mogu svrstati u:

- Albit-epidotsku faciju;
- Hornblenda faciju;
- Piroksensku faciju.

Albit-epidotska facija je slabo zastupljena. Metaklastiti koji se nalaze bliže površini, su podlegli uslovima kontaktno metamorfnih promena u ovoj faciji. Minerali

ove facije uključuju kvarc, muskovit, hlorit, albit, epidot, coisit, kalcit i aktinolit/tremolit. Hrom spineli i magnetit dominiraju među metalničnim mineralima.

Hornblenda facija se nastavlja na albit-epidotsku faciju bez jasne granice i najrasprostranjenija je, dosegnuvši do 350 metara gde je zamenjuje piroksenska facija. Mineralni sastav uključuje kvarc, kalijski feldspat, plagioklas, epidot, coisit, hlorit, kalcit i amfibol. Ova facija se u dubljim delovima smenjuje sa epidotskim i granatsko-vezuvijanskim skarnovima.

Piroksenska facija se pojavljuje samo u blizini kontakta sa magmatskim telom i ima debljinu do nekoliko metara. Mineralni sastav uključuje kvarc, kalijski feldspat, plagioklas, hornblenda, piroksen, epidot i kalcit. Akcesorni minerali su apatit i cirkon, dok su metalčni minerali pirit i arsenopirit prisutni u sitnim zrnima do 0.2 milimetra.

Za prikaz svih facija u ispitivanim bušotinama, korišćene su hornfels facije koje se koriste u stranoj literaturi, a koje kontaktno metamorfne stene prikazuju samo na osnovu mineralne asocijacije i PT uslova.

3.4. Petrološke karakteristike petrogenih sastojaka ispitivanih metaklastita

Metaklastiti su obrazovani u fazi utiskivanja kvarclatitskih dajkova, od ispod par metara, do nekoliko desetina metara debljine koji probijaju flišne sedimente na različitim nivoima u većini bušotina, npr. u bušotini 156/14. Na njihovom kontaktu su vidljivi efekti kontaktnog metamorfizma, pri čemu su zavisno od asocijacije minerala i protolita obrazovani metaklastiti, hornfelsi ili skarnovi, često mineralizovani.

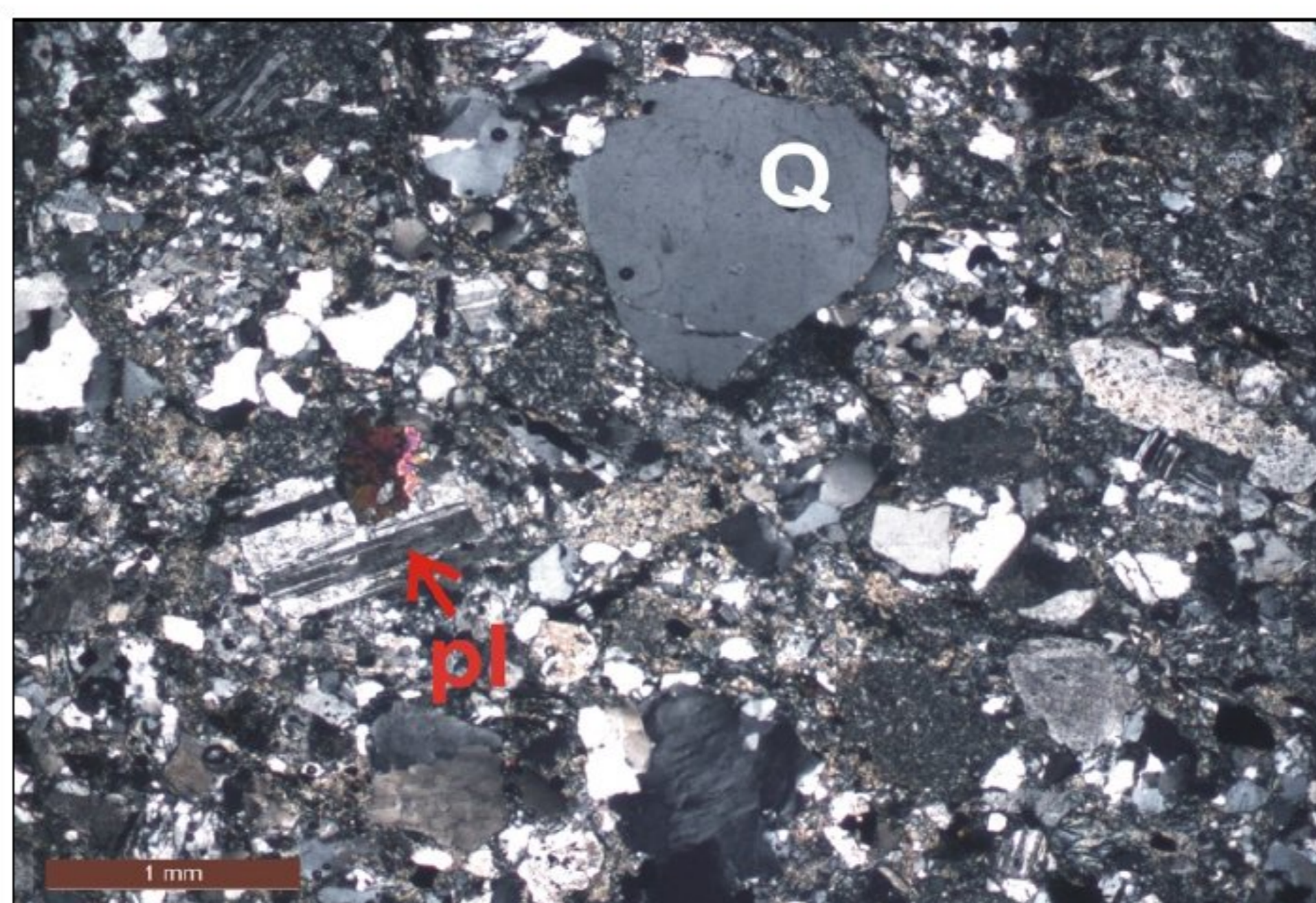
Kako je već rečeno ispitivane stene sa klastičnom prirodom su nakon optičkih ispitivanja svrstane u 3 grupe: metakonglomerati, metapeščari i metaalevroliti. Svi su određeni kao metaklastiti u širem smislu, jer je vezivo u njima pretrpelo promene primarno glinovite komponente u sericit \pm hlorit, a u slučaju karbonatne komponente dolazilo je do rekristalizacije. Takve promene su indikator termičkog kapaciteta odnosno toplote izliva kvarclatita.

Svi ispitivani uzorci pokazuju iste ili slične strukturno-teksturne karakteristike, kao i mineralni sastav, ali je intenzitet metamorfnih izmena različit.

Metaklastiti su izgrađeni od klasta minerala i stena. Od minerala su najčešći kvarc, kalcit, dok je hlorit nađen u vezivu. Od odlomaka stena zapaženi su kvarciti (najzastupljeniji i najvećih dimenzija), vulkaniti, dijabazi, serpentiniti, krečnjaci.

Kvarc je alotriomorfno do hipidiomorfno oblika (slika 7), srednjeg do niskog reljefa, neujednačene veličine. Dominiraju zrna veličine 1 mm, dok su pojedini klasti veličine do 2 mm. Pojava undulatornog (talasastog) pomračenja ukazuje na metamorfne promene. Pojava nazubljenih ivica zrna je rezultat rastvaranja pod dejstvom metamorfizma, kao i pojave sekundarnog narastanja kvarca. Sadržaj kvarca u većini uzoraka je od oko 30% do 40% volumena stene.

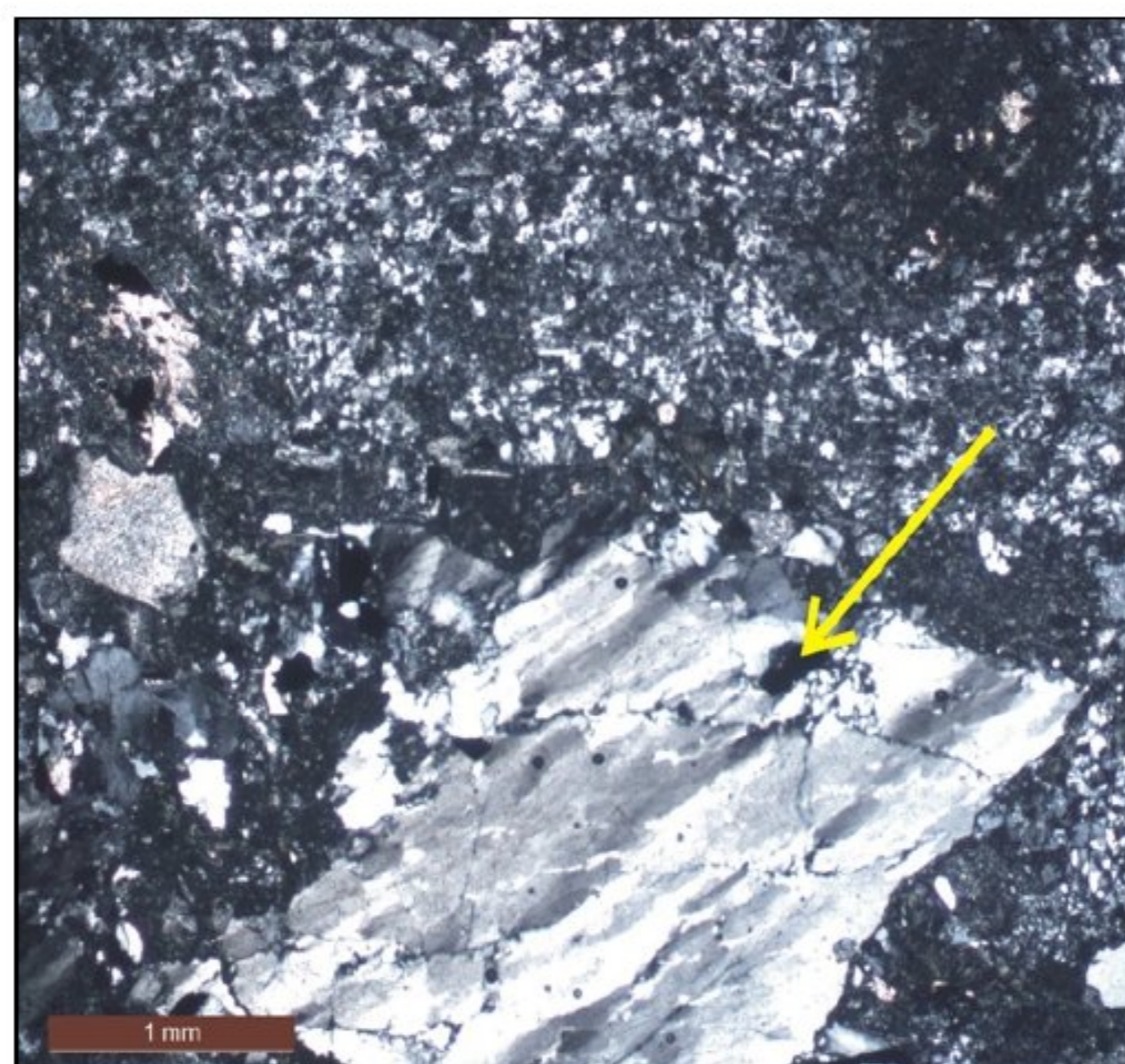
Feldspat je ređi sastojak, uglavnom predstavljen plagioklasom. Plagioklasi su alotriomorfni do hipidiomorfni oblika. Lamelarno bližnjenje je redovno, ali su primećeni i zonarni plagioklasi. Dimenzije su od 0,5 do 1mm (slika 7).



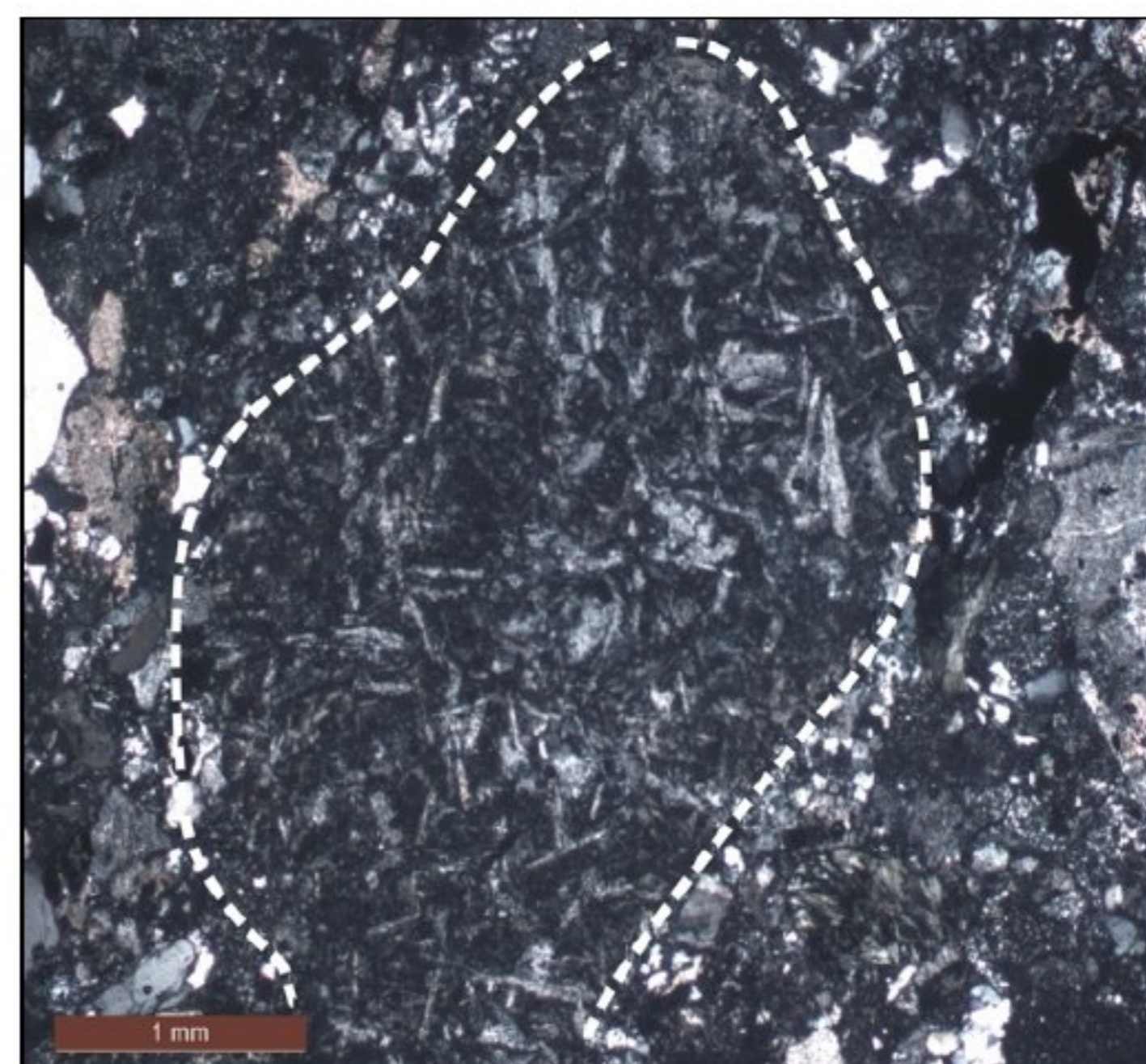
Slika 7. Krupni klasti kvarca (Q) i plagioklasa (crvena strelica; pl) u uzorku metapeščara 921 sa 5.20 m. XPL

Kvarcit se nalazi najčešće u vidu krupnih, poluzaobljenih fragmenata prečnika oko 1,5mm x 1mm, mada ima i krupnijih, na pr. u uzorku 923/21,20 su fragmenti prečnika 5mm x 3mm (slika 8). Izgrađeni su od zupčasto sraslih zrna kvarca. U nekim odlomcima kvarcna zrna su srasla i mozaično. Zastupljenost je do 30%.

Dijabaz, odlomci ofitske do intersertalne strukture u kojima je igličasti plagioklas počeo da se transformiše. Veličina klasta je 4mm x 3mm (slika 9).



Slika 8. Uglasti klasti kvarcita u uzorku 923 sa 21.20 m; XPL



Slika 9. Odlomci dijabaza ofitske (intersertalne) strukture

Odlomci vulkanita su porfirske strukture i izgrađeni su od fenokristala plagioklasa i kvarca. Crne su boje. Plagioklasi u vulkanitima su idiomorfni do hipidiomorfni, odnos širine i dužine je 1x1.

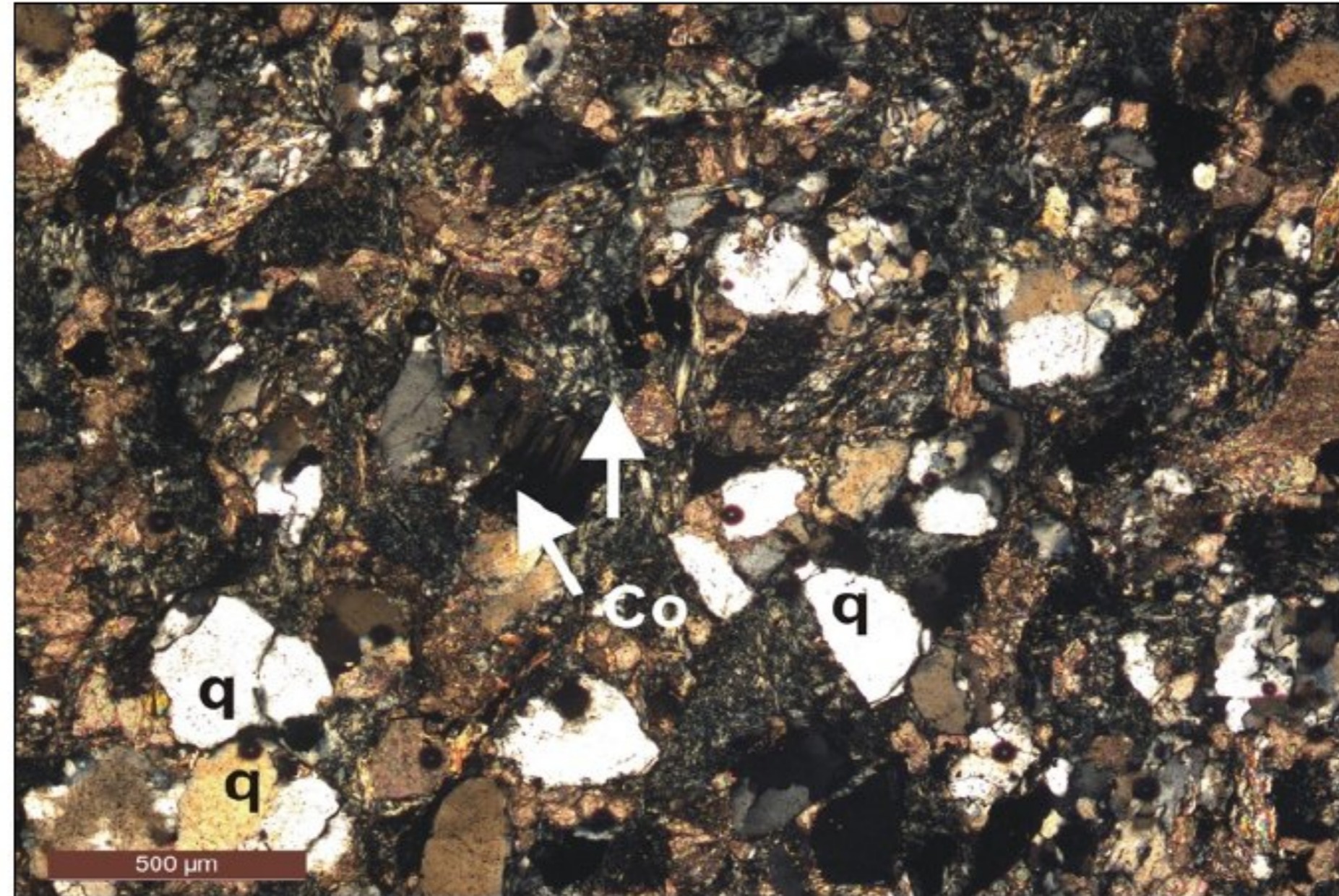
Od krečnjaka preovlađuju odlomci mikritskih krečnjaka, mada su zapaženi i fragmenti organogenih krečnjaka sa mikrofaunom (npr. u uzorku 934 sa 149.1m). Oko fragmenta krečnjaka ili odlomaka kalcita primećuje se sintaksijalni rast karbonata. Stena ima izvesnu lineaciju, koja se ogleda u usmerenosti fragmenata.

Kalcit se javlja u trakama, žilicama, žicama (slika 10). U steni se javlja kao sekundarni mineral, verovatno kao zapuna pukotina i pora.



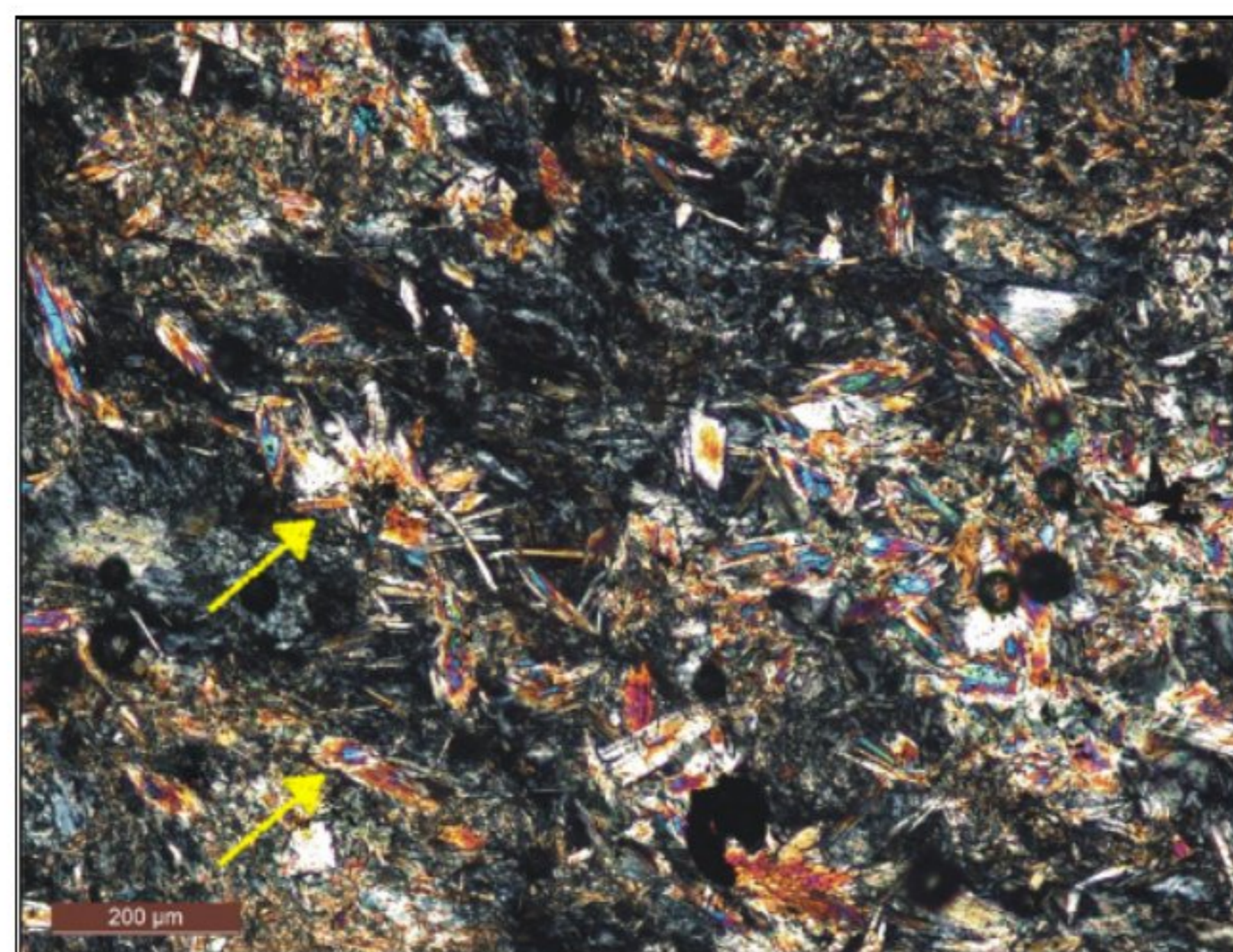
Slika 10. Žice kalcita (žute strelice) u uzorku 931 (112 m). XPL

Odlomci serpentinita su nepravilnog oblika, sive boje. Nastali su transformacijom peridotita. Zapaža se blaga orijentacija serpentinskih odlomaka. Hlorit se javlja u vidu liski, veličine do 1mm (slika 11). Svetlo plavih je interferentnih boja.



Slika 11. Liske hlorita (Co), (bele strelice) i klasti kvarca (q) u uzorku meta-litarenita 926 (65.3 m). XPL

Sericit se može javiti u vidu veziva, veoma je sitan. Nastao je transformacijom glinovite komponente, pri metamorfnim procesima. Može da asocira sa hloritom koji je svetlo-zelenkaste boje, a interferira u plavoj boji. Lokalno je rekristalisao u muskovit (slika 12). Javlja se i u vidu krupnijih liski.



Slika 12. Liske sericita (žute strelice) prekrystalisale u muskovit uzorku 938 sa 172.8 m; XPL

3.5. Determinacija protolita kontaktno metamorfnih stena Rudnika

Kontaktno metamorfne stene Rudnika ispitivane optičkim metodama pokazale su veliku raznovrsnost. Utvrđeno je postojanje šest različitih varijeteta. Protoliti izdvojenih varijeteta konstatovani su kao dve krupne litološke jedinice (I i II) (Kostić, 2021).

Prva litološka jedinica podeljena je na četiri različita člana. Izgrađuju je peskoviti karbonati, alevroliti, peščari i konglomerati koji su kontaktno metamorfisani u metakonglomerate i metapeščare, dok su delovi sa fino-zrnim klastitima transformisani u hornfelse. U delovima prve jedinice koji sadrže veće procenatne karbonatne komponente, razvijeni su epidotski skarnovi.

Druga litološka jedinica, vezana za dublje nivoe, predstavljena je sa dva protolita (klastičnim i karbonatnim) koji se međusobno smenjuju. Prema Toljić i dr. (2018), ciklus ritmičnog sedimentacionog ponavljanja koji se zapaža u donjoj kredi do cenomana, rezultat je transgresije. Fino-zrni klastiti iz druge litološke jedinice termokontaktno su izmenjeni u hornfelse, dok su karbonati transformisani u skarnove.

4. ZAKLJUČAK

Usled stvaranja različitih vulkanogenih facija odnosno usled vulkanskih erupcija i delovanja zagrejane magme (lave), došlo je do kontaktnog metamorfizma i obrazovanja različitih kontaktno-metamorfnih stena. Najznačajniji su skarnovi (ekonomski), metakonglomerati i hornfelsi. Ovi produkti su ključni za razumevanje metamorfnih procesa u ovom području. Predmet ovog rada odnosno metaklastiti Rudnika su zastupljeniji od skarnova na manjim dubinama, mada se nalaze i na većim dubinama u stubu bušotina. Nastali su kao rezultat kontaktno-metamorfnih procesa uzrokovanih magmatskim aktivnostima koje su se dogodile pre oko 20 do 25 miliona godina.

Nakon laboratorijskih ispitivanja, ispitivane stene Rudnika se mogu svrstati u 3 grupe: grupa metaklastita (metakonglomerati, metapeščari i metaalevroliti), grupa hornfelsa i grupa skarnova.

Rezultati ispitivanja pokazuju da metaklastiti Rudnika predstavljaju značajan deo kontaktno-metamorfnih stena koje su se razvijale pod uticajem povišene temperature tokom miocenskog vulkanizma.

Potvrđeno je da metaklastiti Rudnika ne samo da predstavljaju ključne indikatore metamorfnih procesa, već i igraju vitalnu ulogu u razumevanju geološke istorije ovog područja.

5. LITERATURA

Brković, T., Radovanović, Z., Pavlović, Z. 1978. Tumač za list Kragujevac L 34-138. u: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Beograd: Savezni geološki zavod, str. 1-60.

Cvetković, V., Šarić, K., Péskay, Z., Gerdes, A. 2016. The Rudnik Mts. volcano-intrusive complex central Serbia: An example of how magmatism controls metallogeny. *Geologia Croatica*, str. 89-99.

Cvetković, V., Knežević, V., Pecskey, Z. 2000. Tertiary igneous formations of the Dinarides, Vardar zone and adjacent regions: from recognition to petrogenetic implications. In: «Geology and Metallogeny of the Dinarides and the Vardar zone», Eds.

Doković, I., Đajić, Z., Vasić, N., Kondžulović, R. 2011. Strukturnogeološka studija jugozapadnog dela rudnog tela rudnika „Rudnik“ i izrada odgovarajuće strukturnogeološke karte. Fond stručne dokumentacije Rudnik.

Einaudi, M.T., Meinert L.D. Newbery R.J. 1981. Skarn deposits: Economic geology, 75th Anniversary Volume, str. 317-391.

Filipović, I., Marković, B., Pavlović, Z., Rodin, V., Marković, O. 1971. Tumač za list Gornji Milanovac L. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Beograd, Savezni geološki zavod, str. 1-69.

Filipović, I., Pavlović, Z., Marković, B., Rodin, V., Marković, O., Gagić, N., Atin, B., Milićević, M. 1971: Tumač za list Gornji Milanovac (OGK SFRJ 1:100000). Savezni Geološki Zavod SFRJ, Beograd, str. 69

Knežević, V. 1956. O pojavama minete na planini Rudniku (Šumadija), *Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja* str. 195-199.

Kostić. B., 2021. Kontaktni metamorfizam gornjekrednih sedimenata Rudnika. Doktorska disertacija. Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.

Marković B., Pavlović Z., Mihajlović K., Vuković M. i Topalović S. 1968. Završni godišnji izveštaj o regionalnim geološkim istraživanjima u području Šumadije u 1967. God. Fond. Stručnih dokumenata geozavoda, Beograd.

Mikinčić, V. 1935. Izveštaj o terenskom radu na sekciji Valjevo. Izveštaj o radu Geološkog instituta Kraljevine Jugoslavije za 1934.

Milić, Č. R. 1972. Rudonosne strukture i faktori kontrole orudnjavanja prostora u polimetalničnom ležištu Rudnik. Zbornik radova VII kongresa geologa SFRJ, Zagreb, III, 111-124.

Miyashiro, A. 1973: *Metamorphism and Metamorphic Belts*. Springer. str. 492 .

Pavlović Z. i dr. 1967. Završni godišnji izveštaj o regionalnim geološkim istraživanjima u području Šumadije u 1966. Fond stručnih dokumenata Geozavoda, Beograd.

Pavlović Z. i dr. 1968. Završni godišnji izveštaj o regionalnim geološkim istraživanjima u području Šumadije u 1968. Godini. Fond stručnih dokumenata Geozavoda, Beograd.

Pejatović, S. 1991. Metalogenetska prognozna karta rudnog polja Rudnik. Geoinstitut, Beograd.

Popović, R. 2008. Pripreme za izradu programa geoloških istraživanja u rudnom polju „Rudnika“ u 2008. god. FSD Rudnika „Rudnik“.

Simić, V. 1940. Izveštaj o geološkom snimanju na listu „Valjevo— 1:50.000. Godišnjak Geološkog instituta Kraljevine Jugoslavije za 1939. godinu.

Terzić, M. 1969. Prilog petrologiji Rudnika; aplitoidni monconit granit. Zapisnici Srpsko geološko društvo. Mineral and chemical composition (with analyses), genetic relationships, Rudnik lead-zinc mine area (Yugoslavia).

Terzić, M., Svešnjikova, E.V. 1991. Age of leucite-bearing rocks in Yugoslavia. *Comptes Rendus des Seances de la Societe de Serbe de Geol.* (1987, 1988 et 1989), str. 283– 287.

Toljić, M., Matenco, L., Stojadinović, U., Willingshofer, E., Ljubović-Obradović. D. 2018. Understanding fossil fore-arc basins: Inferences from the Cretaceous Adria-Europe convergence in the NE Dinarides. *Global and Planetary Change* 171. str.167-184.

Žujović, J. 1893. *Geologija Srbije*. I deo, Beograd.

ZAHVALNOST

Srdačno se zahvaljujem svom mentoru prof. dr. Danici Srećković-Batoćanin koja je imala vremena i strpljenja da mi prenese znanje i upozna me sa tehnikama i metodama primenjenim u toku izrade ovog rada. Posebno se zahvaljujem i doc. dr. Bojanu Kostiću na uloženom vremenu i nesebičnoj pomoći tokom izrade završnog rada. Zahvaljujem se i dr. Violeti Gajić na savetima i sugestijama pri pripremi ovog završnog rada. Zahvalnost dugujem i celom Departmanu za MKPG Rudarskog-geološkog fakulteta.

Posebni zahvalnost dugujem porodici, prijateljima, kolegama i mom sinu, jedanaestomesečnom Vukašinu, koji su me bodrili da se posle više godina vratim na fakultet i koji su možda i više od mene iščekivali ovaj rad i završetak mog školovanja.

HVALA!!!

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ ЗАВРШНОГ РАДА

Име и презиме студента Ванџа Ђук

Број индекса Г25/21

Изјављујем

да је завршни рад под насловом

„СТЕПЕН МЕТАМОРФИЗМА МЕТАМАСТИТА
Ћудинца“

- 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, 19.09.2024.

Потпис студента

ИЗЈАВА
О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ
ЗАВРШНОГ РАДА

Име (име родитеља) и презиме студента Влада (Владимир) Ђук
Број индекса Г75/21
Студијски програм Геологија
Наслов рада "СТЕПЕН МЕТАМОРФИЗМА МЕТАЛЛОИДА
Рудница"
Ментор Даница Срећковић - Ђутоћина

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, 19.09.2024.

Потпис студента

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ ЗАВРШНОГ РАДА

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

„СТЕПЕН МЕТАМОРФИЗМА МЕТАЛМИСИТА Рудница“

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, 19.09.2024.

Потпис ментора

Потпис студента

1. **Ауторство.** Дозвољава 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.** Дозвољава 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.** Дозвољава 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.** Дозвољава 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.** Дозвољава 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.** Дозвољава 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.
-