

# Mineraloška i geokemijska svojstva baritno-fluoritne mineralizacije Meovršje, Srednje bosanske škriljave planine, Bosna i Hercegovina

---

**Vukobrat, Pavle**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:373953>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-30**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET  
Prijediplomski studij geološkog inženjerstva

**MINERALOŠKA I GEOKEMIJSKA SVOJSTVA BARITNO-FLUORITNE  
MINERALIZACIJE MEOVRŠJE, SREDNJE BOSANSKE ŠKRILJAVE PLANINE,  
BOSNA I HERCEGOVINA**

Završni rad

Pavle Vukobrat  
G4543

Zagreb, 2023.



KLASA: 602-01/23-01/157  
URBROJ: 251-70-15-23-2  
U Zagrebu, 11. 9. 2023.

**Pavle Vukobrat, student**

## RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-01/23-01/157, URBROJ: 251-70-15-23-1 od 3. 7. 2023. priopćujemo vam temu završnog rada koja glasi:

### MINERALOŠKA I GEOKEMIJSKA SVOJSTVA BARITNO-FLUORITNE MINERALIZACIJE MEOVRŠJE, SREDNJE BOSANSKE ŠKRILJAVE PLANINE, BOSNA I HERCEGOVINA

Za mentoricu ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i ocjeni završnog rada Prof. dr. sc. Sibila Borojević-Šošćarić nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i komentora Dr. sc. Tomislav Brenko.

Mentorica:

(potpis)

Prof. dr. sc. Sibila Borojević-  
Šošćarić

(titula, ime i prezime)

Komentor:

(potpis)

Dr. sc. Tomislav Brenko

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za  
završne i diplomske ispite:

(potpis)

Doc. dr. sc. Zoran Kovač

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Borivoje  
Pašić

(titula, ime i prezime)

# **MINERALOŠKA I GEOKEMIJSKA SVOJSTVA BARITNO-FLUORITNE MINERALIZACIJE MEOVRŠJE, SREDNJE BOSANSKE ŠKRILJAVE PLANINE, BOSNA I HERCEGOVINA**

Pavle Vukobrat

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Zavod za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine  
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

## Sažetak

Terenskim istraživanjima na području gorja Meovršje, u blizini Kreševa u Srednjobosanskom škriljavom gorju zabilježene su pojave barita i fluorita. Napravljene su mineraloške i geokemijske analize kako bi se definirali stijena domaćin, tipovi i odnos mineralizacije i stijene domaćina, te njihov kemijski sastav. Makroskopskim i mikroskopskim analizama utvrđeno je da je dolomit stijena domaćin, različitog stupnja svježine. Baritno-fluoritna mineralizacija nalazi se unutar dolomita u obliku žilica i pukotina ispunjenih baritom, kvarcom, fluoritom i tetraedritom, podređeno malahitom i azuritom. Mikroskopskom analizom mineralizacije utvrđeno je da se barit nalazi uz rubove žila, te da ima dobro razvijene, izdužene forme. Kvarc se uglavnom nalazi unutar pukotina ili na kontaktu između stijene domaćina i barita. S obzirom na undulozno potamnjenje pretpostavlja se da je prošao period povišenih tlakova, potencijalno kao posljedica metamorfoze. S druge strane, fluorit je češće hipidiomorfni formi, te je mikroskopskom analizom utvrđeno da većinom popunjava međuporni prostor između barita i stijene domaćina. Geokemijske analize, s vrlo visokim udjelima CaO (max. 50,06 mas. %) i MgO (max. 33,99 mas. %) potvrdile su dolomit kao stijenu domaćina. U mineraliziranom dijelu stijene, geokemijske analize su uz pojave BaO, SO<sub>3</sub> i povišeni Sr koji upućuje na izmorfne zamjene Sr-Ba u baritima zabilježile i povišenje Cu, Zn, Ag, Hg i Sb, s time da udio antimona u zoni mineralizacije varira između 0,04 i 3,63 mas. %, što upućuje na pojavu antimonitno-srebrnonosne tetraedritne mineralizacije. S obzirom na navedeno, može se zaključiti da na lokalitetu Meovršje postoji potencijal za daljnja istraživanja u svrhu pronalaska baritnog i fluoritnog orudnjenja, ali vezano uz njih i potencijalnu pojavu antimonsko-srebrnonosne mineralizacije i mineralizacije zlata.

Ključne riječi: dolomit, pXRF, petrografija, kritične mineralne sirovine

Završni rad sadrži: 28 stranica, 2 tablice, 9 slika i 18 referenci.

Jezik izvornika: Hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentori: Dr. sc. Sibila Borojević Šoštarić, redovita profesorica RGNF

Komentor: Dr. sc. Tomislav Brenko, poslijedoktorand RGNF

Ocjenjivači: Dr. sc. Sibila Borojević Šoštarić, redovita profesorica RGNF  
Dr. sc. Stanko Ružičić, izvanredni profesor RGNF  
Dr. sc. Marta Mileusnić, redovita profesorica RGNF

## SADRŽAJ

1.	UVOD.....	1
2.	GEOGRAFSKI POLOŽAJ SREDNJOBOSANSKOG ŠKRILJAVOG GORJA .....	2
3.	GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE SREDNJOBOSANSKOG ŠKRILJAVOG GORJA .....	3
3.1.	Litostratigrafske jedinice Srednjobosanskog škriljavog gorja .....	3
4.	LOKALNI GEOLOŠKI POLOŽAJ MEOVRŠJA .....	7
5.	PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRŽIVANJA .....	8
6.	MATERIJALI I METODE.....	9
6.1	Uzorkovanje .....	9
6.2.	Metode istraživanja .....	10
7.	REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	12
7.1.	Stijena domaćin .....	12
7.2.	Ba-F mineralizacija žilnog tipa .....	14
7.3.	Rezultati geokemijske analize .....	18
8.	RASPRAVA.....	21
9.	ZAKLJUČAK.....	25
10.	LITERATURA .....	27

## POPIS SLIKA

<b>Slika 2-1.</b> Geografski položaj Srednjobosanskog škriljavog gorja (Hrvatović, 2015) .....	2
<b>Slika 3-1.</b> Geološki stup s prikazom odnosa litostratigrafskih jedinica Srednjobosanskog škriljavog gorja (Hrvatović, 2015) .....	6
<b>Slika 4-1.</b> Lokalni položaj gorja Meovršje .....	7
<b>Slika 6-1.</b> Satelitska snimka područja Meovršja s lokacijama uzorkovanja .....	9
<b>Slika 7-1.</b> Makroskopski uzorci M 1, M 2/2 i M 2/3. a) Stijena domaćin dolomit sive boje s pojavama mineralizacije u obliku barita, azurita i malahita. Vidljive i moguće pojave piroluzita (tamnije mrlje); b) izrazito trošen dolomit smeđe boje s pojavama sekundarnog kalcita u šupljinama i c) dolomit sive boje s pojavama mineralizacije .....	13
<b>Slika 7-2.</b> Mikrofotografije uzoraka M 1 i M 2/3. a) Kontakt dolomita s kvarcom. Vidljivo je smanjenje zrna dolomita kako idu prema kvarcu; b) ostaci primarnog dolomita okruženog s mineralizacijom u obliku kvarca i barita i c) trošni dolomit okružen kvarcom .....	14
<b>Slika 7-3.</b> Makrofotografije mineralizacije unutar dolomita Meovršja. a) Uzorak M 1/2 s izraženom limonitizacijom smečkaste boje, bijeli barit, modri azurit te zelenkasti malahit. Na dijelovima uzorka postoje i manje pojave fluorita; b) fragmenti čistog, prozirnog fluorita i c) pojave baritno-azuritno-malahitnih mineralizacija unutar sivog dolomita .....	16
<b>Slika 7-4.</b> a) Karbonatni ostaci primarne stijene smečkastih i visokih interferencijskih boja, barit hipidiomorfni formi sivih interferencijskih boja, kvarc sivih interferencijskih boja te izotropni fluorit koji ispunjava pukotine (N+); b) izduženi idiomorfni barit sivkasto-smečkastih interferencijskih boja i primarni karbonat. Međuprostor zapunjava fluoritna mineralizacija (N+); c) zrna kvarca različitih dimenzija koja okružuju trošeni primarni dolomit (N+); d) mineralizacija u obliku kvarca, barita, azurita i tetraedrita utisnuta u primarni dolomit; e) žilica ispunjena s plavim azuritom unutar prozirnog alotriomornog fluorita te opaka zrna tetraedrita (N) i f) izrazito trošeno zrno plagioklasa okruženo sivim kvarcom i dolomitom (N+) .....	17
<b>Slika 8-1.</b> Pojednostavljeni prikaz redoslijeda mineralne sukcesije .....	24

## **POPIS TABLICA**

<b>Tablica 6-1.</b> Popis analiziranih uzoraka i provedenih analiza.....	10
<b>Tablica 7-1.</b> Geokemijski rezultati pXRF analize. Glavni oksidi prikazani su u %, dok su pojedini elementi u tragovima (As, Sb i Cu) prikazani u %, a ostali u obliku mg/kg.....	20

## 1. UVOD

Barit i fluorit su minerali koji imaju nekoliko vrlo važnih primjena u industriji. Barit je izuzetno teška ruda, mekan je te ga kemijski agensi ne nagrizaju. Zbog tog se svojstva često koristi u proizvodnji boja i lakova, gume i papira. Također, iz barita se kemijskim putem dobivaju barijeve soli, od kojih se barijev klorid upotrebljava u laboratorijima i kemijskoj industriji, za proizvodnju preparata za suzbijanje miševa i štakora. Barijev karbonat se upotrebljava kao zamjena za olovo kod proizvodnje specijalnih stakala. Barijev nitrat, klorat i karbonat imaju primjenu u pirotehnici za proizvodnju eksploziva (Branisavljević i dr., 1953). Također, vrlo bitna uporaba barita je u naftnoj industriji kao dodatak isplaci pri bušenju. Fluorit se koristi kao sirovina za dobivanje fluorovodične kiseline (HF) koja se dalje koristi u proizvodnji sintetskog kriolita (dobivanje stakla, aluminijska i u abrazivima) i organofluorida (sintetski proizvodi, rashladna sredstva, anestetici, repelentna ulja). Također, fluorit se koristi u talionicama kao fluks za dobivanje talina, u keramičkoj industriji pri dobivanju glazura te u optici za dobivanje i proizvodnju akromatičnih optičkih leća zbog male disperzije svjetlosti (Dopuđa, 2008).

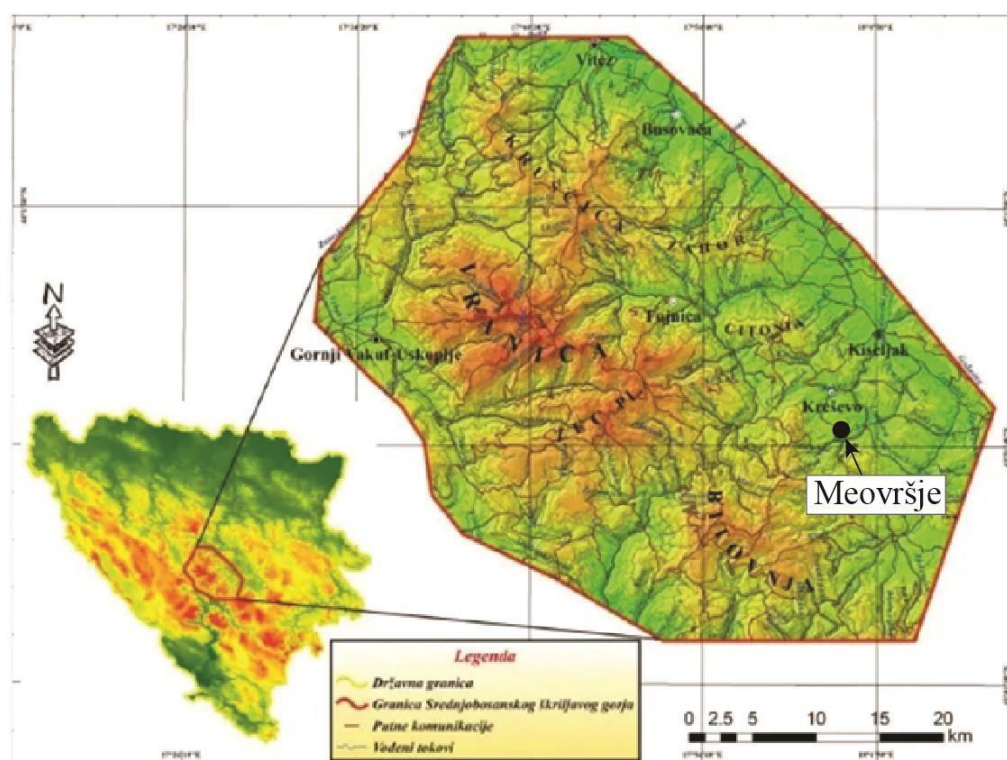
Predmet ovog istraživanja su pojave barita i fluorita zabilježene na području središnje Bosne te je cilj ovog istraživanja bio odrediti mineraloška i geokemijska svojstva ležišta gorja Meovršje nedaleko od Kreševa u Bosni i Hercegovini na temelju kojih bi se mogle utvrditi korisne mineralne sirovine na tom području te zaključiti o potencijalu i tijeku daljnjih istraživanja ovih kritičnih mineralnih sirovina. Također, važno je odrediti i slijed mineralizacije unutar promatranih uzoraka kako bi se mogli definirati uvjeti nastanka te sami tijek kristalizacije promatranih minerala.

Uzorci su prikupljeni 1 km južno od Kreševa na lokaciji planine Meovršje. Kako bi se postigli ciljevi ovog završnog rada, uzorci su prvo analizirani makroskopski te potom mikroskopski prilikom čega su napravljeni mikroskopski preparati koji su promatrani petrografskim mikroskopom. Nastavno na to napravljena je geokemijska analiza stijene domaćina i pripadajućih mineralizacija korištenjem prijenosnog rendgenskog instrumenta s fluorescirajućim zračenjem (pXRF).



## 2. GEOGRAFSKI POLOŽAJ SREDNJOBOSANSKOG ŠKRILJAVOG GORJA

Srednjobosansko škriljavo gorje nalazi se u centralnom dijelu Bosne i Hercegovine. Najviši vrh Srednjobosanskog škriljavog gorja je planina Vranica čiji je vrh Nadkrstac visok 2112 m te ona čini razvodnicu dugu 25 km koja se pruža od potoka Brložnjak (južno od Fojnice) pa sve do rijeke Bistrice kod Gornjeg Vakufa. Osim Vranice Srednjobosansko škriljavo gorje čine i planina Zec (1766 m) i Bitovnja (1700 m) na jugoistoku te Kruščica (1673 m) na sjeveru. Na ove velike planine se naslanjaju manje planine i uzvišenja u okolici Kreševa (Berberuša, Inač, Lopata), Busovače (Tisovac) i Fojnice (Šćit, Zahor i Citonja).



Slika 2-1. Geografski položaj Srednjobosanskog škriljavog gorja (Hrvatović, 2015)

### **3. GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE SREDNJOBOSANSKOG ŠKRILJAVOG GORJA**

Srednjobosansko škriljavo gorje je masiv izgrađen dominantno od nisko kristaliziranih škriljavaca koji su regionalno metamorfozirani sedimenti gline i pijeska. Sami kompleks proteže se površinom dužine 55 km, a širine do 35 km (Slika 2-1). Najstarije stijene nađene na području Srednjobosanskog škriljavog gorja su paleozojski metamorfiti (kloritni i muskovitni škriljavci, filiti, kvarc-sericitni škriljavci s lećama rožnjaka i kvarcita), metarioliti i metapiroklastiti. Na paleozojskim naslagama nalaze se naslage gornjopermske i permsko-trijaske starosti dok je Srednjobosansko škriljavo gorje okruženo naslagama trijasa te donje i srednje jure. Sa sjeveroistočne strane, kompleks je okružen s neogensko–kvartarnim sedimentima koji pripadaju Zeničko-sarajevskom bazenu, dok ga sa sjeveroistočne strane okružuju Bosanske flišne formacije (Hrvatović, 2022). Srednjobosansko škriljavo gorje je na sjeveroistoku pokriveno neogenkim i kvartarnim sedimentima koji pripadaju Zeničko-sarajevskom bazenu, a na jugozapadu Bugojanskim neogenkim bazenom (Hrvatović, 2022).

Kompleks metamornih stijena Srednjobosanskog škriljavog gorja omeđen je donjotrijaskim sedimentima (potez Turbe, Kreševo, Tarčin i Bradina), trijaskim magmatskim stijenama (pluton kod Gornjeg Vakufa na planini Radovan i pluton gabra kod Jablanice) te gornjojurskim sedimentima Kalina (Vujnović, 1980; 1981; 1984).

#### **3.1. Litostratigrafske jedinice Srednjobosanskog škriljavog gorja**

Litostratigrafske jedinice Srednjobosanskog škriljavog gorja podijeljene su na sedam dijelova prema Hrvatoviću (2018; Slika 3-1):

- 1.) Metamorfni kompleks
- 2.) Formacija metariolita
- 3.) Formacija Vranica
- 4.) Formacija Kruščica
- 5.) Formacija crvenih klastita Voljevca
- 6.) Formacija evaporita i šupljikavih karbonata
- 7.) Formacija Travnik

Metamorfni kompleks sastoji se od različitih tipova stijena koje su karakterizirane iznimno izraženim stupnjem metamorfizma te su podijeljeni kompleksnim strukturnim odnosima. Protoliti metamornih stijena uglavnom su sedimentne stijene, tek u manjoj mjeri

magmatske stijene, kao što su: prekambrijsko-kambrijsko-ordovicijsko-silurski peliti, alevroliti, pješčenjaci i karbonati. Stijene metamorfnog kompleksa dominantno pripadaju facijesu zelenih škriljavaca, dok neki dijelovi mjestimično pripadaju epidotno-amfibolitskom facijesu. Metamorfni kompleks nalazi se na potpunom području Srednjobosanskog škriljavog gorja, od Fojnice na sjeveru preko Busovače, Viteza, Kreševa te Vranice (Hrvatović, 2022). Najstarije stijene u Srednjobosanskom škriljavom gorju prema Katzeru (1926) su kvarc-muskoviti, kloritni i epidotski škriljavci (između Busovače i Fojnice). Nadalje, Hrvatović (2015) navodi da su najstarije stijene metaklastiti i metabazalti proterozojske starosti (kod Busovače).

Formacija metariolita najzastupljenija je u Dinaridima. Ističu se metarioliti s dvije karakteristike – to su najveće pojave kiselih magmatskih stijena u paleozojskim kompleksima Dinarida te je uz njih vezan postanak najvećih količina mineralnih sirovina u Srednjobosanskom škriljavom gorju (Garašić i dr., 2015). Stijene su dominantno rioliti prekambrijsko-kambrijske i ordovicijske starosti nastali u facijesu zelenih škriljavaca. Formacija se proteže planinom Vranica, duž toka rijeke Kozice, na prijevoju između Kozice i Ivančice, na područjima planina Kruščice, Šćita i Rostova te kod Kreševa i Fojnice (Hrvatović, 2022).

Formacija Vranica diskordantno naliježe na proterozojske i paleozojske metamorfite, metariolite i metapiroklastite. Sastoji se od fosilifernih devonskih krednjaka i dolomita koji su djelomično metamorfozirani (Živanović, 1979; Hrvatović, 1999; 2015). Stijene sadrže različite vrste konodonata, stromatopora i koralja. U krednjacima kod Kreševa utvrđena je gornjodevonska starost konodonata (Živanović, 1975; Hrvatović i dr., 2006).

Formacija Kruščica sastoji se od breča, pješčenjaka, konglomerata, kvarcno-karbonatnih škriljavaca i grauvaka. Najstariji član formacije su breče Kruščice (planina po kojoj je formacija dobila ime) gornjokarbonske starosti prema Katzeru (1926), dok je prema Hrvatoviću (2022) starost definirana kao permska.

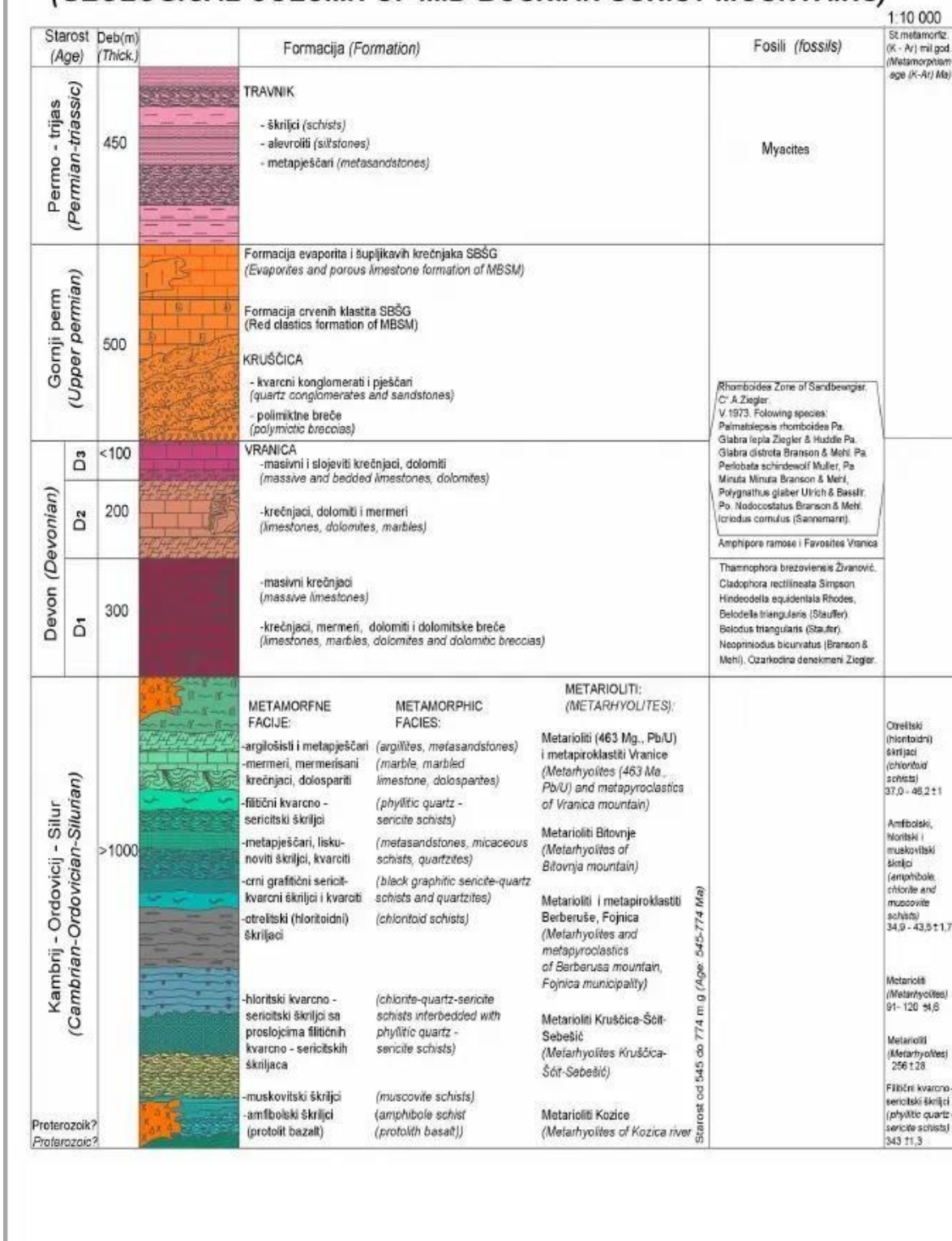
Formacija crvenih klastita diskordantno naliježe na različite vrste škriljavaca, kvarcita, metapješčenjaka kambrija i manjim dijelom preko devonskih vapnenačkih mramora i dolomita. Nalaze se u gornjem toku rijeke Vrbas. Dominantne stijene su crvene breče, kvarcni konglomerati, pješčenjaci i alevroliti.

Formacija evaporita i šupljikavih vapnenaca karakteristične su za područje Dinarida. U formaciji se nalazi permski gips s proslojcima ranodijagenetskog dolomita te ponegdje anhidrit u podini, a u krovini pjeskoviti i šupljikavi vapnenci na koje naliježu klastiti

permotrijaske starosti. Utvrđeno je da gips može sadržavati malo magnezita te pirita (Hrvatović, 2022).

Formacija Travnik građena je od alevrolita, pješčenjaka i šupljikavih vapnenaca. Starost formacije je oko granice perm-trijas, a starost je određena datiranjem fosilnog sadržaja. Formacija se nalazi na području Novog Travnika i Travnika.

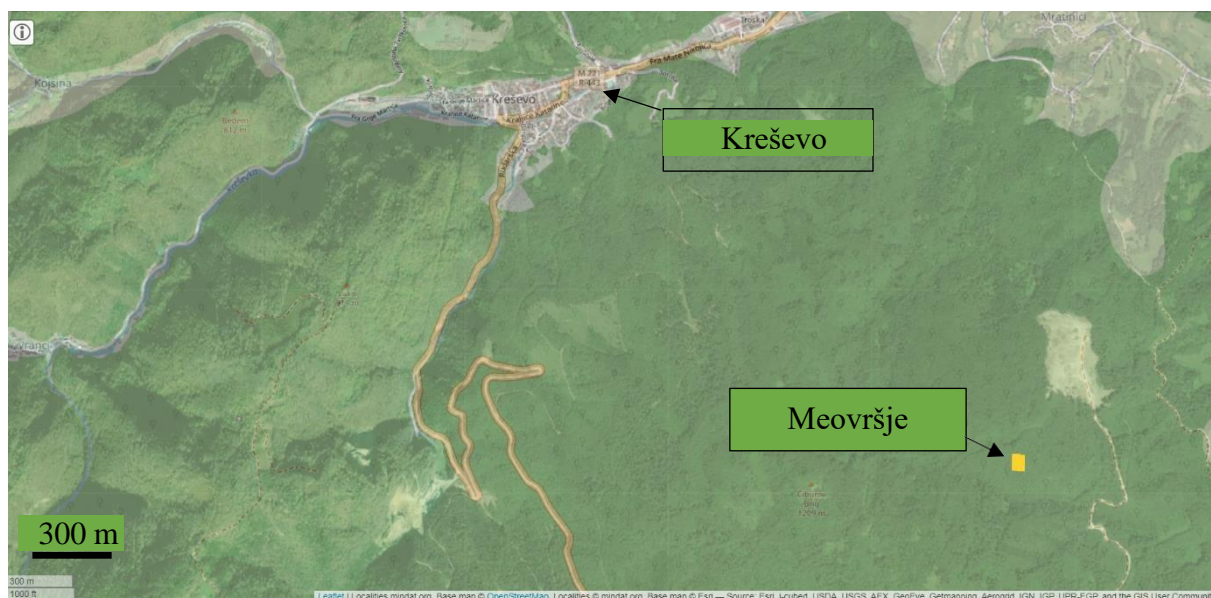
# GEOLOŠKI STUB SREDNJOBOSANSKOG ŠKRILJAVOG GORJA (GEOLOGICAL COLUMN OF MID-BOSNIAN SCHIST MOUNTAINS)



Slika 3-1. Geološki stup s prikazom odnosa litostratigrafskih jedinica Srednjobosanskog škriljavog gorja (Hrvatović, 2015)

#### 4. LOKALNI GEOLOŠKI POLOŽAJ MEOVRŠJA

Lokalitet Meovršje, mjesto uzorkovanja za potrebe ovog završnog rada, nalazi se 2,5 km jugoistočno od grada Kreševa (Slika 4-1). Meovršje je gorje dugačko 22 km te široko od 2 do 4 km te pripada širem dijelu rudnog ležišta Srednjobosanskog škriljavog gorja. Gorje se dominantno sastoji od naslaga dolomita devonske starosti (oko 300 m debljine) koji prekrivaju metamorfni kompleks (kloriti i muskovitni škriljavci, filiti, kvarciti i rožnaci). Unutar karbonatnog kompleksa nalaze se i slojevi rude barita koje su različitih sastava i oblika (u vidu proslojaka, baritna tijela u karbonatima, barit-kvarc žile ili barit-kvarca-fluorit žile). Od minerala, moguće je pronaći barit, koji je glavni mineral, 90-99%  $\text{BaSO}_4$  i oko 6%  $\text{SrSO}_4$ , kalcit, Hg-Sb tetraedrit, kvarc, pirit, fluorit i enargit. Akcesorni minerali uključuju halkopirit, sfalerit, antimonit, sericit, turmalin i rutil (Jelić, 1979).



Slika 4-1. Lokalni položaj gorja Meovršje

## 5. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRŽIVANJA

Područje lokaliteta Meovršje je prema Jeliću (1979) bogato baritom koji se gotovo monomineralno nalazi u vidu baritnih tijela, baritno-kvarcnih te baritno-fluoritnih žila. U baritno-fluoritnim žilama, fluorit je oktaedarskog habitusa što upućuje na to da je kristalizirao na temperaturama višim od 200 °C. Akcesorni minerali su halkopirit, sfalerit, antimonit, sericit, turmalin i rutil.

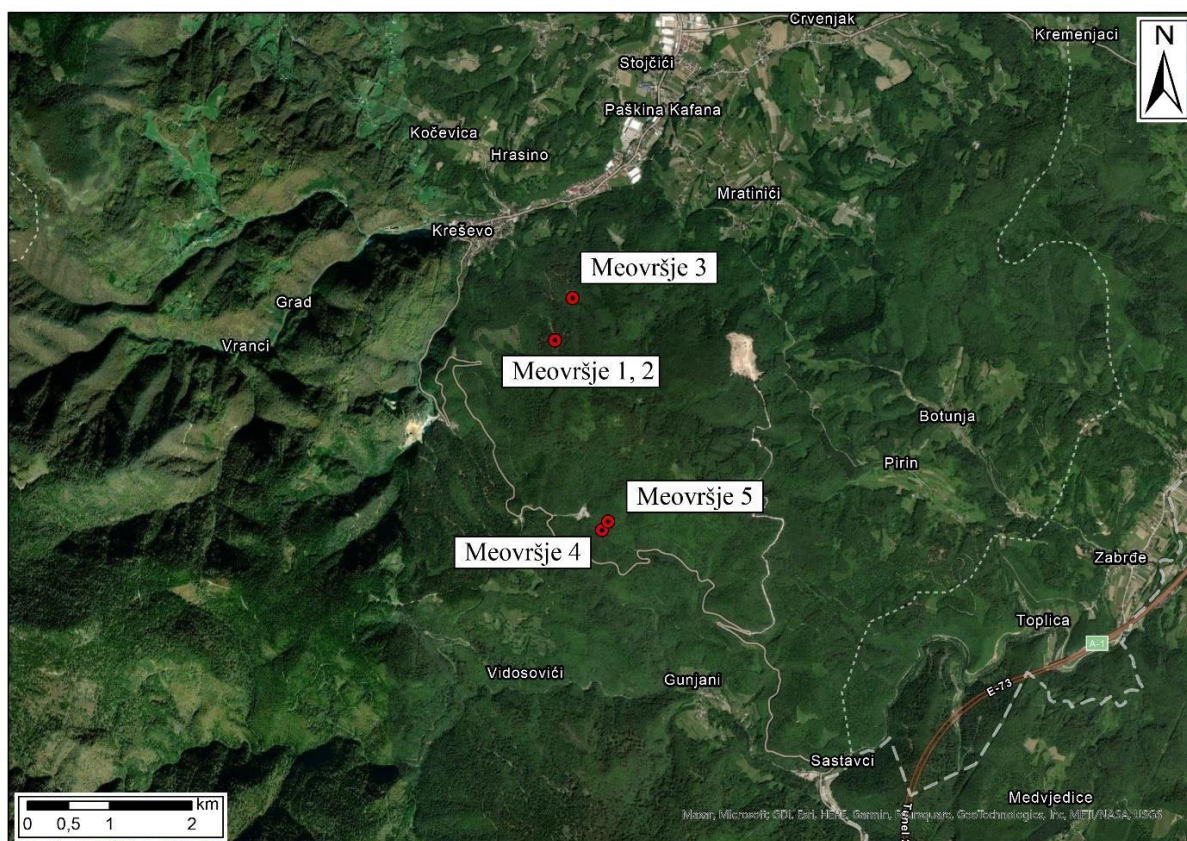
Palinkaš i Jurković (1994) spominju pojavu barita unutar dolomita devonske starosti unutar Srednjobosanskog škriljavog gorja. Tvrdi kako su rudonosni hidrotermalni fluidi bili nižih temperatura prilikom kristalizacije fluorita, između 200° i 310 °C. Autori su predložili da su fluoriti, bariti i kalciti nastali iz visoko zasićene slane otopine koja je vjerojatno nastala miješanjem zagrijane hidrotermalne otopine i vodom nastalom kao posljedica post-Variscijske faze u gornjem permu.

Također, 2020. godine, provedeno je istraživanje od strane Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta u Zagrebu uz potporu partnera iz Tuzle, Zenice i Prijedora pod naslovom „*Multifactor model for investments in the raw material sector*“. U rezultatima istraživanja došlo se do zaključka da je karakter ležišta Meovršje metasomatsko ili hidrotermalno ležište fluorita i barita. Ruda se nalazi diskordantno u vidu žila koje sadrže rudu. Fluoriti su uglavnom bezbojni, a mogu biti ljubičastih nijansi, dok su bariti bijeli, pločasti i ponekad onečišćeni smeđim primjesama primarnog dolomita. U baritu su evidentirani minerali tetraedrit, azurit te malahit.

## 6. MATERIJALI I METODE

### 6.1 Uzorkovanje

Prethodnim terenskim istraživanjem prikupljeni su brojni uzorci s lokaliteta Meovršje. Uzorkovanja su izvršena na planini Meovršje koja se nalazi 1 km zračne linije jugoistočno od Kreševa (Slika 6-1). Većina uzoraka prikupljena je iz zasjeka sa sjeverne, sjeverozapadne, jugozapadne i južne strane planine Meovršje iz vidljivih baritnih žila koje se protežu u matičnim dolomitnim stijenama te starog rudničkog hladišta. U sklopu izrade ovog završnog rada analizirano je šest uzoraka (Tablica 3-1).



**Slika 6-1.** Satelitska snimka područja Meovršja s lokacijama uzorkovanja



**Tablica 6-1.** Popis analiziranih uzoraka i provedenih analiza.

Oznaka uzorka	Stijena domačin	Mineralizacija	Makroskopska analiza	Mikroskopska analiza	Geokemijska analiza
M1	Dolomit	fluoritno-baritna uz pojave azurit/malahita i tetraedrita	+	+	+
M1/2			+	+	+
M2/3			+	+	+
M4		kvarc-azuritno-malahitna; tragovi As-sulfida?	+	+	+
M2/2		limonitizacija; prisustvo sekundarnog kalcita	+		
M2/1	/	fluoritna	+		

## 6.2. Metode istraživanja

Za potrebe ovog istraživačkog rada napravljena je makroskopska i mikroskopska analiza uzoraka, te je određen geokemijski sastav korištenjem prijenosnog rendgenskog fluorescirajućeg zračenja (pXRF) u pojedinoj točki uzorka. Pri tom se pojedinačno analizirala stijena domačin od mineralizacije.

Za potrebe makroskopskog ispitivanja korišten je Mohsov set igli za ispitivanje tvrdoće minerala s iglama tvrdoće od 2 do 9 na Mohsovoj ljestvici, lupa s povećanjem 10x te razrijeđena klorovodična kiselina (HCl; 3%-tna i 10%-tna) koja se koristi za utvrđivanje prisutnost kalcita ili dolomita u slučaju da uzorak sadrži karbonatne minerale.

Za potrebe mikroskopskog ispitivanja primijenjena je metoda mikroskopskog opažanja u polarizacijskim uvjetima korištenjem polarizacijskog mikroskopa. Navedenom metodom koja se temelji na prolasku polarizirane svjetlosti kroz mineral u ortogonalnim uvjetima, opažaju se providni minerali. Preparat se izrađuje na način da se odredi zanimljiv dio na makroskopskom uzorku nakon čega se pili te brusi na debljinu od 30 µm korištenjem niza

brusnih prahova. Poliranje započinje brušenjem grubim abrazivnim prahom granulacije 90 kako bi se ujednačile veće neravnine na pločici. Zatim se koristi prah granulacije 250 te na kraju prah granulacije 500 kojim se vrši fino poliranje pločice. Na kraju se brušeni dio stijene zalijepi na predmetno stakalce pomoću kanadskog balzama za koji je poznat točan indeks loma svjetlosti ( $n=1,537$ ).

Model petrografskog mikroskopa koji je korišten u svrhu mikroskopske analize je Leica DM EP s povećanjima 2.5x, 4x, 10x i 40x.

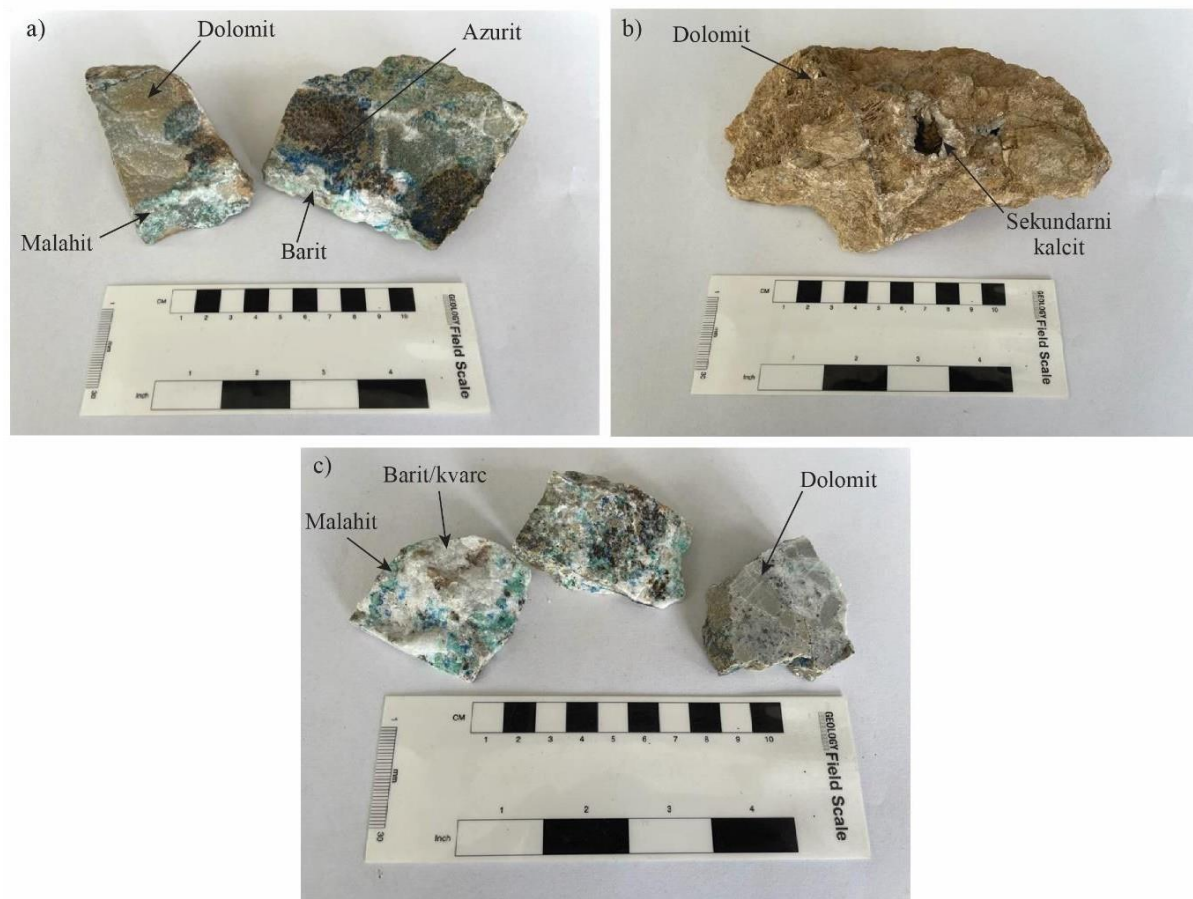
Nadalje, geokemijska analiza napravljena je korištenjem metode rendgenskog fluorescirajućeg zračenja korištenjem prijenosnog instrumenta Hitachi X-MET8000 Expert Geo (pXRF). Spomenuta rendgenska analiza spada u nedestruktivnu emisijsku tehniku. Uzorak se bombardira visokoenergetskim x-zrakama uslijed čega dolazi do izbacivanja elektrona iz unutarnjih ljusaka, a na njihova mjesta dolaze elektroni vanjskih ljusaka i pri čemu zrače rendgenske zrake karakteristične za određeni atom. Ovisno o izgledu i veličini spektra oslobođene energije može se kvantitativno odrediti kemijski sastav uzorka. Svaki uzorak je analiziran 5 puta kako bi se dobila srednja vrijednost mjerenja. Granice detekcije glavnih elemenata je 5 mg/kg dok je granica detekcije pojedinih elemenata u tragovima išla i do 100 mg/kg.

## 7. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U ovom dijelu prikazani su rezultati makroskopskih, mikroskopskih i geokemijskih istraživanja napravljenih na 6 uzoraka s lokaliteta Meovršja. Analize su podijeljene na opise stijene domaćina (dolomita), te pripadajuće mineralizacije.

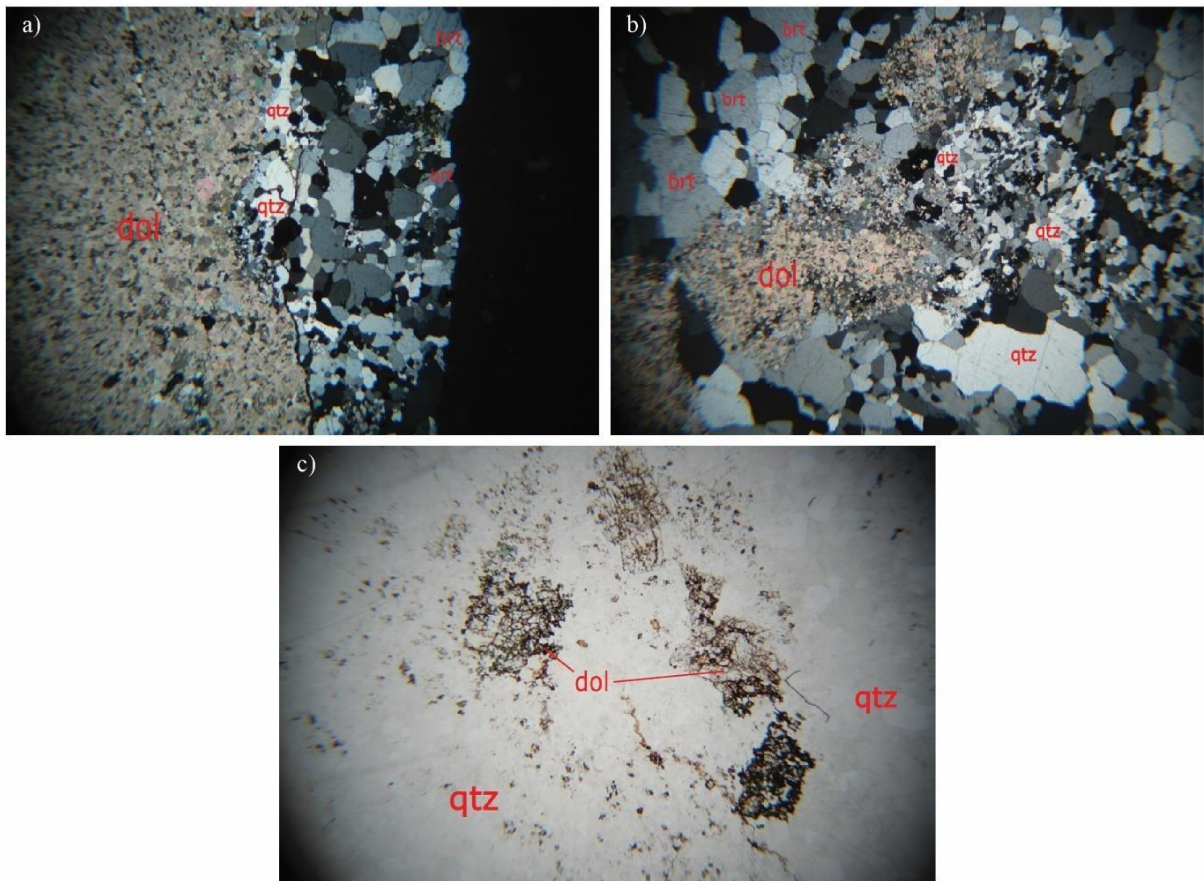
### 7.1. Stijena domaćin

**Dolomit** koji je primarna stijena u svim uzorcima u makroskopskim je analizama uglavnom homogene strukture sivih do smećkastih nijansi (Slika 7-1a i 7-1b). Dolomit je masivne strukture i različite svježine. U uzorku M 1 dolomit je čist i svjež, dok je u uzorcima M 1/2, M 2/2 i M 4 uočljivo površinsko trošenje dolomita (Slika 7-1b). Na određenim dijelovima trošnih uzoraka prepoznaje se izražena praškasta limonitizacija smeđe boje koja ostavlja tragove na prstima. Brećasta struktura koja se sastoji od uglatih klasta dolomita zapunjenih baritom i fluoritom najbolje je vidljiva na prepiljenoj površini uzorka M 2/3 (Slika 7-1c). Pukotine u kojima se nalazi Ba-F mineralizacija u dolomitu zauzima do 15% od ukupnog volumena dolomita. Većina uzoraka nije pokazala reakciju s 3% HCl, dok je samo uzorak M 2/2 reagirao s 3% HCl kiselinom, i to na dijelu koji je zapunjen sekundarnim kalcitom.



**Slika 7-1.** Makroskopski uzorci M 1, M 2/2 i M 2/3. a) Stijena domaćin dolomit sive boje s pojavama mineralizacije u obliku barita, azurita i malahita. Vidljive i moguće pojave piroluzita (tamnije mrlje); b) izrazito trošen dolomit smeđe boje s pojavama sekundarnog kalcita u šupljinama i c) dolomit sive boje s pojavama mineralizacije

Mikroskopskom analizom utvrđeno je da su zrna dolomita uglavnom trošna, visokih interferencijskih boja te rijetko imaju vidljivu kalavost po površini. Pojedina se zrna ističu različitim reljefom. Dimenzije zrna u pojedinim mikroskopskim preparatima značajno variraju, većinom u rasponu od 0,01 x 0,01 do 1 x 1 mm. Zrna dolomita su najčešće u direktnom kontaktu s kvarcom koji potiskuje dolomit prilikom kristalizacije. Kontakti su neravni, a zrna karbonata su manjih dimenzija tamo gdje se nalaze u kontaktu s kvarcom u usporedbi s netaknutim dijelom primarne stijene. Zastupljenost dolomita u pojedinim dijelovima preparata značajno varira. U zonama s izrazitom mineralizacijom udio dolomita iznosi svega 20 % od ukupnog volumena, dok u pojedinim dijelovima iznosi preko 75 %.



**Slika 7-2.** Mikrofotografije uzoraka M 1 i M 2/3. a) Kontakt dolomita s kvarcom. Vidljivo je smanjenje zrna dolomita kako idu prema kvarcu; b) ostaci primarnog dolomita okruženog s mineralizacijom u obliku kvarca i barita i c) trošni dolomit okružen kvarcom

## 7.2. Ba-F mineralizacija žilnog tipa

Ba-F mineralizacija u područja Meovršja sastoji se dominantno od barita i fluorita, a zatim kvarca, tetraedrita, azurita i malahita koji su zastupljeni u puno manjoj mjeri.

**Barit**, mliječno bijele boje, se u svim makroskopskim uzorcima pojavljuje u vidu žila u kojima je gust, uglavnom razvijenih formi kristala karakterističnog pločastog habitusa, dok se ponegdje nalazi u vidu gustih agregata (Slika 7-3a i 7-3c). Unutar mase barita uočavaju se pukotine koje su milimetarskih dimenzija i manje. U njima se mogu pronaći minerali azurit, malahit te mjestimično tetraedrit koji je uprskan u baritu. Dimenzije kristala barita iznose od 0,5 x 0,5 x 1 do 1,5 x 1,5 x 2 cm. Zastupljenosti u pravilu iznosi između 10 % do 40 % ukupnog volumena.

U mikroskopskim preparatima barit je sive interferencijske boje, visokog reljefa te često mrljaste površine. Oblici zrna barita variraju od alotromornih kružnih (npr. M 2/3) pa do hipidiomornih do idiomornih izduženih prizmatskih formi (npr. M 1/2; Slika 7-4a). Barit se uglavnom nalazi bliže središtu pukotine te vrlo često nije u direktnom kontaktu s

primarnim dolomitom, dok se često nalazi u kontaktu s fluoritom i kvarcom. Njihov kontakt je neravan i oštar. Dimenzije zrna u rasponu su od 0,5 do 1 mm, a zastupljenost iznosi od 5 % do 35 % ukupnog volumena preparata.

**Fluorit** se u makroskopskim analizama uočava kao prozirni mineral, alotriomorfni forme na prijelomu školjkastog loma (Slika 7-3b). Poput barita, nalazi se u žilama i prslinama unutar primarnog dolomita. Uzorak M 2/1 sastoji se od velikog broja fragmenata čistih fluorita koji su u potpunosti prozirni. Dimenzije kristala iznose od 0,5 x 0,5 x 0,5 do 1,5 x 1,5 x 1,5 cm. Fluorit je zastupljenosti od 15 % do 20 % od ukupnog volumena. Ističe se uzorak M 2/1 koji se sastoji od čistog fluorita.

U mikroskopskoj analizi, fluorit je alotriomornog habitusa te uglavnom poprima oblik pukotinskog prostora (Slika 7-4b). Po zrnima su vidljive sitne pukotine koje su ponegdje zapunjene azuritom ili malahitom. Na pojedinim zrnima vidljiva je slaba kalavost. Veličina zrna iznosi od 0,05 do 1,5 mm. Zastupljenost fluorita u mikroskopskim preparatima iznosi od 10 % do 45 % ukupnog volumena.

**Kvarc** se u makroskopskim uzorcima pojavljuje uglavnom u žilnim sustavima uz barit i dolomit (Slika 7-3c). Kvarc se prepoznaje po sivkastim alotriomornim kristalima, masnoga sjaja te su uglavnom svježi. Dimenzije kristala su od 0,5 x 0,5 x 0,5 do 1,5 x 1,5 x 1,5 cm. Ističe se uzorak M 4 koji se dominantno sastoji od kvarca raspoređenih između trošnih zrna primarnog dolomita. Zastupljenost kvarca u uzorcima iznosi od 2 % do 35 % ukupnog volumena.

U mikroskopskim preparatima uočavaju se zrna kvarca vrlo različitih dimenzija od 0,25 do 0,8 mm (Slika 7-4c). U većini preparata kvarc je unduloznog potamnjenja što ukazuje da je pretrpio određene tlakove u procesu metamorfoze. Također, zrna kvarca koja se nalaze između zrna primarnih dolomita su značajno sitnija od onih na izravnom kontaktu s dolomitom. To je izraženo u uzorcima M 2/3 i M 4. Zastupljenost varira od 3 % do 30 % ukupnog volumena.

**Tetraedrit** se pojavljuje u vidu agregata najčešće uprsanih unutar baritnih žila. Agregati su masivnih, tamnosivih do crnih nijansi boje. Dimenzije agregata su od 0,5 do 1,5 cm, a zastupljeni su od 1 % do 5 % ukupnog volumena.

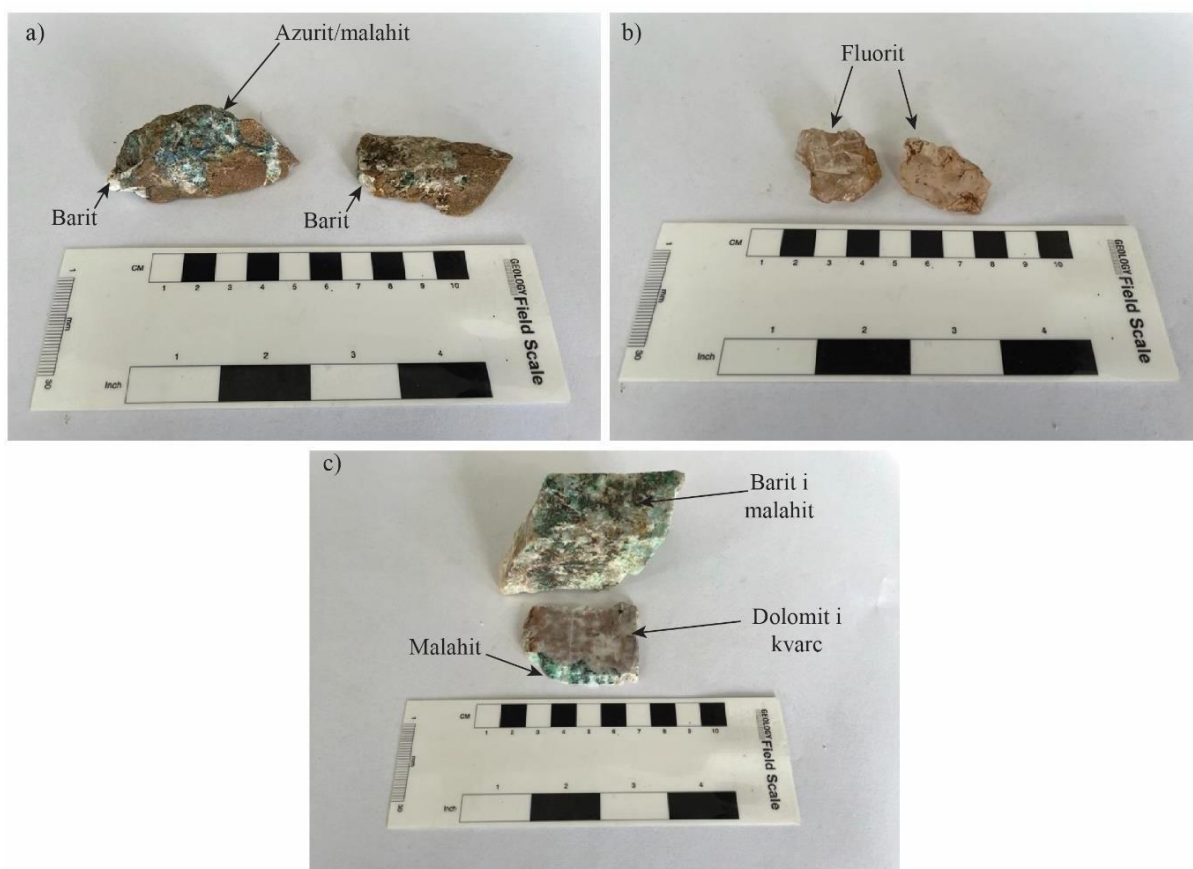
Tetraedrit je pod mikroskopom opaki mineral te se stoga uočava kao crne nakupine i pod polarizatorom i analizatorom (Slika 7-4d, e). Dimenzija su od 0,5 do 1 mm. Udio tetraedrita u preparatima iznosi od 1 % do 5 % ukupnog volumena.

**Azurit i malahit** se gotovo uvijek pojavljuju asociirani u uzorcima (Slika 7-3a i 7-3c). Oba se minerala prepoznaju na temelju karakterističnih boja, azurit modre i malahit zelene boje.

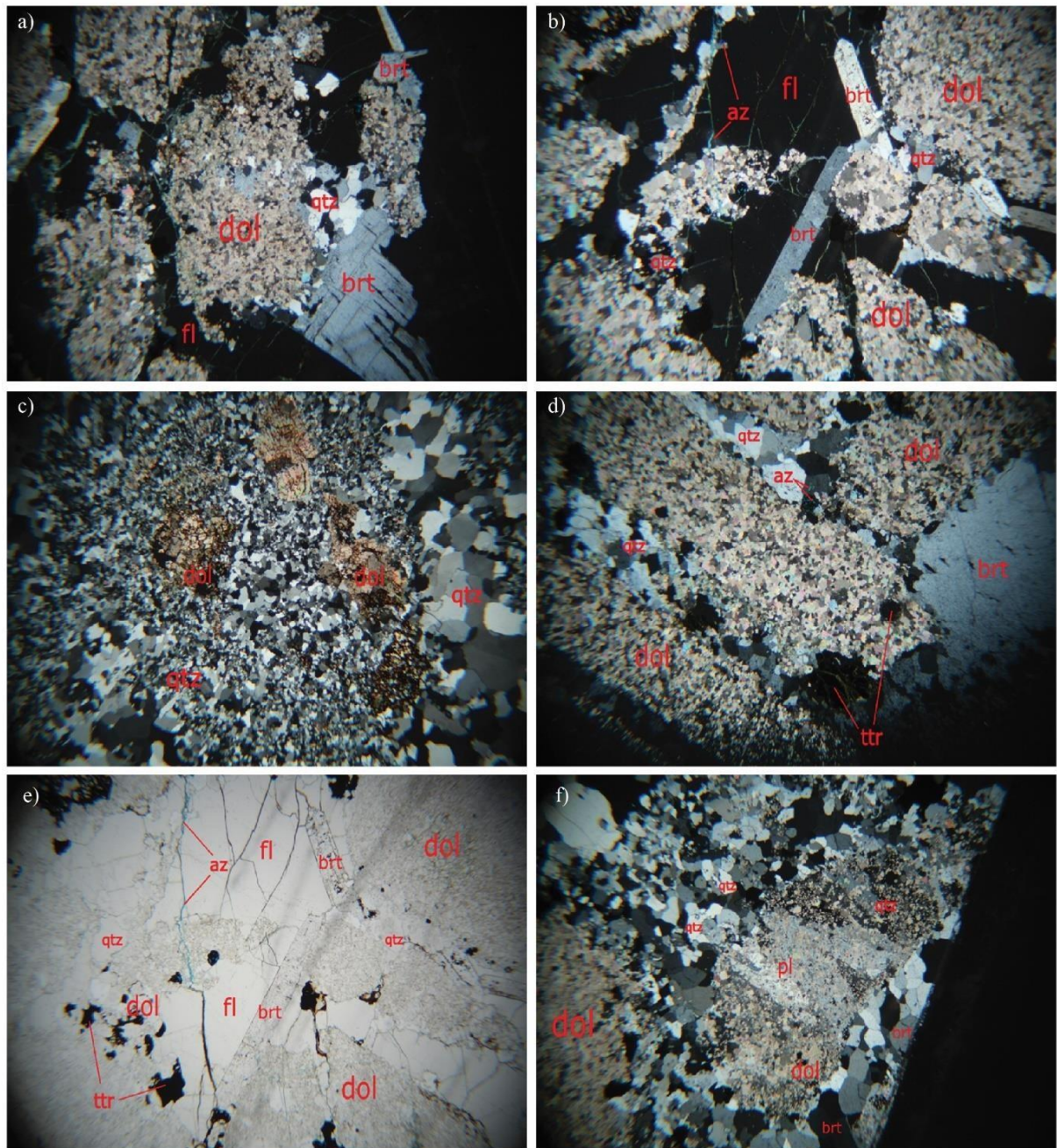
Na uzorcima se nalaze u vidu tankih prevlaka agregata ili ispunjavaju pukotine u dolomitu, baritu ili fluoritu. Dimenzije agregata su od 0,5 od 2 cm. Zastupljeni su u uzorcima sa 1 % do 4 % ukupnog volumena.

Azurit i malahit također pokazuju karakterističnu modru boju (azurit) odnosno zelenkastu boju (malahit) promatranjem pod polarizatorom u mikroskopu (Slika 7-4b, e). Najčešće se nalaze u žilicama unutar preparata. Dimenzije iznose oko od 0,05 do 0,5 mm. Zastupljeni su od 1 % do 3 % unutar preparata.

Uz navedenu mineralizaciju, na nekim dijelovima su vidljiva i izrazito trošena zrna plagioklasa na temelju vidljivih polisintetskih sraslačkih lamela (7-4f).



**Slika 7-3.** Makrofotografije mineralizacije unutar dolomita Meovršja. a) Uzorak M 1/2 s izraženom limonitizacijom smečkaste boje, bijeli barit, modri azurit te zelenkasti malahit. Na dijelovima uzorka postoje i manje pojave fluorita; b) fragmenti čistog, prozirnog fluorita i c) pojave baritno-azuritno-malahitnih mineralizacija unutar sivog dolomita



**Slika 7-4.** a) Karbonatni ostaci primarne stijene smečkastih i visokih interferencijskih boja, barit hipidiomorfnih formi sivih interferencijskih boja, kvarc sivih interferencijskih boja te izotropni fluorit koji ispunjava pukotine (N+); b) izduženi idiomorfni barit sivkasto-smečkastih interferencijskih boja i primarni karbonat. Međuprostor zapunjava fluoritna mineralizacija (N+); c) zrna kvarca različitih dimenzija koja okružuju trošeni primarni dolomit (N+); d) mineralizacija u obliku kvarca, barita, azurita i tetraedrita utisnuta u primarni dolomit; e) žilica ispunjena s plavim azuritom unutar prozirnog alotriomorfog fluorita te opaka zrna tetraedrita (N) i f) izrazito trošeno zrno plagioklasa okruženo sivim kvarcom i dolomitom (N+)



### 7.3. Rezultati geokemijske analize

#### 7.3.1. Geokemijska analiza stijene domačina

Točkastom analizom napravljeno je 5 geokemijskih analiza stijene domačina (Tablica 7-1). Geokemijski udjeli glavnih elemenata u skladu su s makroskopskom i mikroskopskom identifikacijom dolomita kao stijene domačina. Prosječno najviše udjele ima CaO, čije vrijednosti variraju od 18,48 do 50,06 mas. %. Uz njega je karakteristično povišen i udio MgO (10,38 – 33,99 mas. %). U pojedinim uzorcima značajno je povišen i udio SiO<sub>2</sub>, što ukazuje na prisutnost kvarca usko vezanog uz dolomit. Preostali glavni elementi unutar stijene domačina su većinom ispod 1 %. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pokazuje vrijednosti iznad 1 % (max. 4,95 mas. %) što se može povezati s pojavom površinske limonitizacije u dijelu uzoraka.

Udjeli elemenata u tragovima unutar stijene domačina su očekivano niži, međutim, i dalje pokazuju povišene koncentracije. Udjeli BaO unutar stijene domačina M1 su na jednom dijelu izrazito povišeni (22,57 mas. %) što možda ukazuje na proraštanje dolomita i barita. U ostalim uzorcima udio BaO varira između 2,21 i 8,26 %. Udjeli Sb (0,08 – 0,38 mas. %) i Cu (0,15 – 1,48 mas. %) ukazuju na manje pojave sulfidne mineralizacije i unutar stijene domačina. Udio SO<sub>3</sub> je povišen, te u pravilu prati povišene udjele BaO, Sb i Cu.

#### 7.3.2. Geokemijska analiza mineralizacije

Geokemijski udjeli glavnih oksida izmjereni su točkastom analizom unutar mineraliziranih zona uzoraka iz Meovršja (Tablica 7-1). Udio SiO<sub>2</sub> značajno varira, ovisno o tome je li točkastom analizom pogođen i kvarc. Vrijednosti mu tako variraju između 6,6 i 91,52 mas. %. Udio CaO (0,00 – 22,33 mas.%) i MgO (0,00 – 8,33 mas.%) vidljivo je niži nego u stijeni domačinu. Kod većine drugih glavnih oksida udjeli rijetko prelaze 1 mas. %. Ističe se udio MnO (5,22 mas. %) u uzorku M1 gdje je analizirana pojava dendrita piroluzita. Udjeli BaO očekivano su visoki, te im se vrijednosti kreću između 0,00 i 35,08 mas. %. Visoke vrijednosti BaO prate povišeni udjeli SO<sub>3</sub> (0,00 – 45,00 mas. %) i Sr (max. 20492,3 mg/kg = 2,05 mas. %), ukazujući na pojavu mineralizacije barita uz izomorfnu izmjenu Ba-Sr.

Značajno visoki udjeli bakra (Cu), antimona (Sb) te arsena (As) odgovaraju mineralima koji su determinirani makroskopskim i mikroskopskim analizama. Također, povišeni udjeli žive (Hg) (max. 3975,67 mg/kg=0.398 mas. %), cinka (Zn) (max. 4476,67 mg/kg=0,448 mas. %) i srebra (Ag) (max. 791,67 mg/kg=0.0792 mas. %) ukazuje na prisustvo tetraedrita koji u svoju strukturu može uklopiti navedene elemente u vidu zamjene na mjestu bakra. Udio antimona u zoni mineralizacije varira između 0,04 i 3,63 mas. %, dok kod bakra udjeli variraju između 0,06 i 19,09 mas. %. Zabilježeni su i visoki udjeli pojedinih elemenata u

tragovima, poput As (max. 6482,67 mg/kg) te Cr (max. 3165,67 mas. %) i Sr (max. 20492,3 mg/kg = 2,05 mas. %). Zapaža se vrlo visok udio zlata (Au) kojemu maksimalna vrijednosti iznosi 76 mg/kg što ukazuje na moguće rudonosne zone bogate PGE elementima na području lokaliteta Meovršja (Tablica 7-1). Ostali elementi u tragovima pokazuju značajno varijabilne udjele.

**Tablica 7-1.** Geokemijski rezultati pXRF analize. Glavni oksidi prikazani su u %, dok su pojedini elementi u tragovima (As, Sb i Cu) prikazani u %, a ostali u obliku mg/kg.

Ime uzorka	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	BaO	MnO	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Sb	Cu	As	Ag	Au	Cr	Zn	Sr	Zr	Hg
	%													mg/kg							
M1 dolomit 1	1,29	0	0,21	3,09	50,06	33,99	2,21	0,54	0	1,96	0,03	0,13	0,15	145,33	0	0	329	335,33	499,33	11	48
M1 dolomit 2	24,11	0,49	0,09	1,61	18,48	10,38	22,57	0,66	0,25	32,13	0	0,29	0,69	352,33	130	70	2572,33	437,67	12964	117	251,33
M1/2 dolomit	24,21	0	0,53	4,43	35,67	17,27	7,69	0,74	0	5,6	0	0,13	0,54	416	113	55	409	292	1677	36,33	224,67
M1/2 dolomit	11,05	0,1	0,02	4,6	43,02	19	8,26	0,81	0	9,68	0	0,38	1,48	840,33	151,67	59	716	658	2422,67	39	395,33
M2 dolomit	5,61	0,23	0,27	4,95	46,41	19,05	6,3	1,02	0	19,32	0	0,08	0,13	391,33	161	71,33	1257,33	339,33	6379,67	80	62,33
M1 azurit	6,69	0	1,85	4,13	22,33	8,33	13,84	5,22	0,26	4,61	0,13	1,79	19,09	3134	289	71,5	455	10755	4184,33	99	712,33
M1 sulfidi	18,62	0,27	0,76	2,32	6,49	3,37	23,8	0,35	0,31	40,92	0	3,63	11,74	6482,67	791,67	0	1570	6960	14219	145,67	3975,67
M2 mineralizacija	45,9	0,08	0,85	0,11	0,64	1,03	25,4	0,47	0,42	45	0	0,12	0,09	206	107,5	76	2896	130,33	13823,7	116,33	75,33
M2 sulfidi	21,19	0,1	1,2	0,4	1,34	2,1	35,08	1,17	0,4	39,86	0	0,81	9,36	2142,67	304,33	55	3165,67	4476,67	20942,3	225	1299
M4 mineralizacija	91,52	0	0,45	0,46	0,59	0,06	0	0,01	0	0	0,02	0,04	0,06	137,67	0	0	0	163,33	0	0	32,33
M4 malahit	79,71	0	1,23	0,53	0,99	0,2	0,04	1,14	0,31	1,63	0	0,11	6,39	505,33	0	0	0	2096,67	0	0	86,33
M4 sulfidi?	86,4	0	0,53	0,38	0,62	0	0,03	0,01	0,2	4,52	0	0,4	2,14	411	136,67	0	0	1169	0	0	703,33

## 8. RASPRAVA

Uzorci koji su analizirani u svrhu ovog završnog rada prikupljeni su s lokaliteta Meovršja koje se nalazi 2,5 km južno od Kreševa. Svi uzorci dio su metamorfnog kompleksa Srednjobosanskog škriljavog gorja.

Svih šest uzoraka M 1, M1/2, M 2/1, M 2/2, M 2/3 i M 4 je analizirano makroskopski, dok su mikroskopski analizirana četiri uzorka. Od uzorka M 2/1 i M 2/2 nisu izrađeni mikroskopski preparati iz razloga što se uzorak M 2/1 sastoji od presitnih fragmenata minerala fluorita, a uzorak M 2/2 nije imao dijelova koji bi bili zanimljivi za mikroskopiranje jer se sastoji samo od primarne stijene dolomita bez mineralizacije.

U mikroskopskoj analizi primarne stijene, klasti dolomita variraju u trošnosti i dimenzijama. Često su prilično dezintegrirana, dok je u pukotinama između klasta kristalizirala glavna mineralizacija. Makroskopskim promatranjem dolomita, stupanj trošnosti varira s uzorcima. Uzorci M 1/2 i M 2/2 sadrže najtrošnije primarnu stijenu što je vidljivo makroskopski po površini uzorka kao praškasta tekstura koja se trusi i boji. Riječ je o izraženom procesu limonitizacije. Limonitizacija je alteracijski proces u kojem dolazi do površinskog trošenja feromagnezijskih minerala ili zona koje sadrže željezovite komponente pri niskim temperaturama. Svi uzorci imaju slične boje primarne stijene dolomita koja je većinski sivih boja. Uvidom u geokemijsku analizu, zamjećuju se opravdano povišene koncentracije CaO, s vrijednostima od 18,48 do 50,06 mas. % te karakteristično povišen udio MgO od 10,38 do 33,99 mas. %, s obzirom na zastupljenost dolomita u uzorcima. Također, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pokazuje vrijednosti iznad 1 % (max. 4,95 mas. %) što je moguće povezati s pojavom površinske limonitizacije u dijelu uzoraka. Barit i kvarc su najzastupljeniji minerali u uzorcima. Barit se promatrano mikroskopski uvijek nalazi u vidu žila i pukotina te je hipidiomorfno do ponegdje i idiomorfno habitusa, a dimenzije zrna variraju. Makroskopski je gotovo uvijek razvijenih formi karakterističnog pločastog habitusa te se nalazi uglavnom u žilama unutar dolomitne stijene. Baritom bogati uzorci se ističu svojom težinom. Kvarc je, što se habitusa tiče, za razliku od barita uvijek nepravilnih zrna te vrlo često unduloznog potamnjenja što je vidljivo mikroskopski. Undulozno potamnjenje posljedica je visokih tlakova koje su zrna kvarca pretrpjela uslijed procesa metamorfoze. Kristalna rešetka je pritom iskrivljena što se manifestira kao undulozno potamnjenje promatrajući zrna kvarca mikroskopski. Također, velik raspon u veličini zrna ukazuje na usitnjavanje zrna zbog pojave tlačnog otapanja koja je posljedica tlačnih naprezanja unutar stijene. Kvarc se makroskopski uglavnom nalazi unutar pukotina te

na kontaktu s primarnim karbonatom i baritom. Mineral fluorit i tetraedrit sljedeći su minerali prema zastupljenosti. Fluorit se u mikroskopskim preparatima uočava kao ispuna preostalog međrznskog prostora te alotriomornog habitusa. Makroskopski se uočavaju prozirni kristali fluorita kao ispune žilnog tipa uz barit. Tetraedrit je rudni mineral tako da mikroskopski nije podložan promatranju. U makroskopskim uzorcima se pronalazi kao masivne nakupine u vidu agregata. Ponekad se prepoznaju formirani kristali oktaedara sitnih dimenzija, no često je bez vidljivih formi. Najuočljiviji minerali, ali najmanje zastupljeni su azurit i malahit koji se na prvi pogled ističu svojim karakterističnim bojama, plavom i zelenom. Azurit nastaje u oksidacijskoj zoni s povišenim udjelom bakra cirkulacijom vodenih otopina iz kojih kristalizira, najčešće u pukotinama ili površinski asociiran uz tetraedrit. Zbog svoje nestabilnosti, često se događa da azurit prelazi u malahit te se zato ta dva minerala često pronalaze zajedno. Oni se na svakom uzorku nalaze u vidu tankih prevlaka uglavnom po površini uzoraka.

Na hidrotermalne pojave upućuju i analize elemenata u tragovima. Točkasta analiza je uglavnom napravljena na mineraliziranom dijelu, ali na nekim uzorcima je analizirana i primarna stijena dolomit. Rezultati XRF analize slažu se s očekivanim udjelima određenih elemenata u ispitivanim uzorcima. Značajno visoki udjeli bakra (Cu) te antimona (Sb) i arsena (As) odgovaraju mineralima koji su determinirani makroskopskim i mikroskopskim analizama. Izuzetno visoka koncentracija bakra, žive (Hg), cinka (Zn) te srebra (Ag) ukazuje na prisutnost minerala tetraedrita ( $\text{Cu}_6[\text{Cu}_4(\text{Fe},\text{Zn})_2]\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ ) koji u svoju strukturu može uklopiti navedene elemente u vidu zamjene na mjestu bakra. Nadalje, minerali poput antimonita ( $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ), realgara ( $\text{As}_4\text{S}_4$ ) i auripigmenta ( $\text{As}_2\text{S}_3$ ) nisu evidentirani u uzorcima stoga je vjerojatno tetraedrit glavni razlog povišenih udjela antimona, koji se dominantno i nalazi u kemijskom sastavu tetraedrita, ali i arsena te cinka koji se često nalaze u vidu primjesa (Hudson Institute of Mineralogy, 1993).

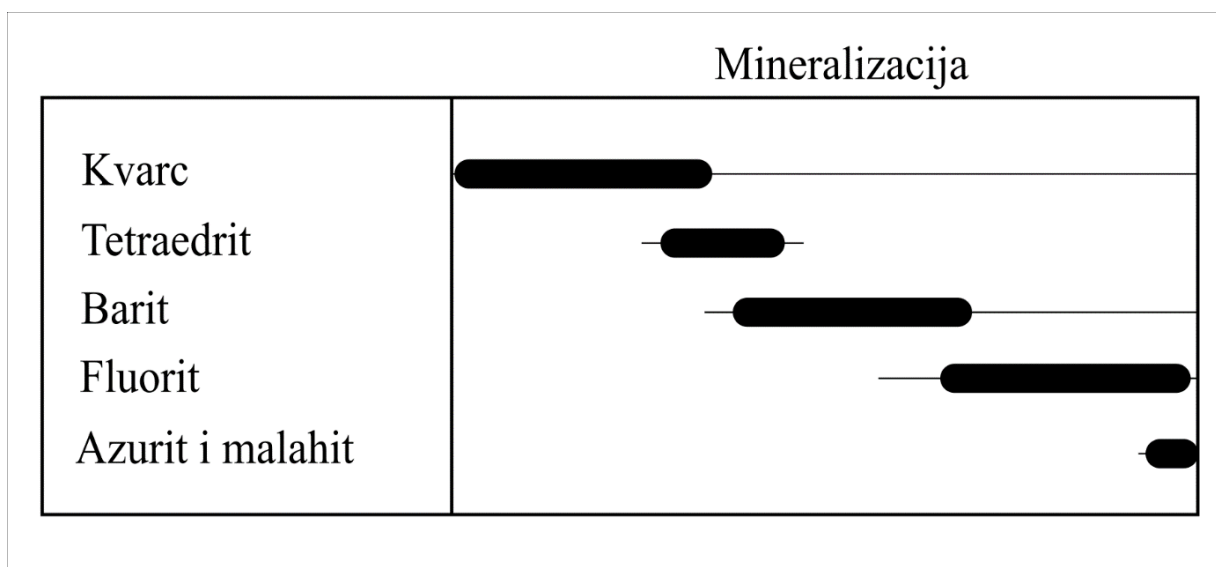
Iz tablice je uočljiv i visok udio stroncija (Sr), što nije neobično s obzirom da se  $\text{Sr}^{2+}$  može zamijeniti s  $\text{Ba}^{2+}$  te se na taj način ugraditi u kristalnu rešetku barita, prilikom čega nastaje mineral celestin. Također,  $\text{Sr}^{2+}$  ima sposobnost ugrađivanja u strukturu kalcita umjesto  $\text{Ca}^{2+}$ . Elementi poput stroncija pripadaju skupini LILE (*eng. large ion lithophile elements*) te ih karakterizira velik ionski radijus što im onemogućava primarno vezanje pa je moguće naknadno vezanje takvih elemenata. Takvi elementi su često transportirani hidrotermalnim otopinama te su podložni promjeni koncentracija tijekom hidrotermalnih alteracija (MIT OpenCourseWare, 2013).

Za razliku od LILE, postoje i HFSE (*eng. high-field-strength elements*) u koju pripada cirkonij (Zr) čija je veća zastupljenost očitana u nekoliko uzoraka. HFSE su rezistentni na

alteracije i metamorfne procese stoga su korisni u razumijevanju uvjeta prije alteracija i metamorfoze (MIT OpenCourseWare, 2013)

Elementi kao što su rubidij (Rb) i kobalt (Co) su elementi u tragovima, te su srebro (Ag) i zlato (Au) ponegdje viših koncentracija. Zlato se posebno ističe u pojedinim uzorcima zbog izuzetno visokih udjela, i do 76 mg/kg. Živa (Hg) se u dva uzorka ističe s udjelom većim od 1000 mg/kg što ukazuje na mogućnost postojanja minerala cinabarita (HgS) (Jurković, 2011). Također, u uzorku M 4 je prisutno trošno stanje primarne stijene koje je u ovom slučaju bolje vidljivo mikroskopski gdje alteriranih i dezintegriranih zrna karbonata ima jako malo, a potisnuta su kristalizacijom kvarca raznih dimenzija. Kada se pogleda raspored navedenih minerala unutar preparata, moguće je odrediti njihov razmještaj s obzirom na primarnu dolomitnu stijenu. Matična stijena je s vremenom bivala sve više raspucana te su nastale pukotine omogućile cirkulaciju hidrotermalnih otopina iz kojih je započela precipitacija minerala. Uz stijenske dolomita u mikroskopskim se preparatima prepoznaje kvarc što ukazuje da je prvi nastajao. Nakon kvarca, nastavljaju se zrna barita između kojih se često uočavaju opaki tetraedriti čiji položaj u preparatu varira te ih je moguće opaziti između kvarca. Mineral fluorit se uglavnom nalazi u prostoru pukotina te u međuzrnskom prostoru između barita. Kao posljednji minerali u nizu, azurit i malahit se pojavljuju kombinirano dominantno u vidu prevlaka na makroskopskim uzorcima, dok u mikroskopskim preparatima kao ispune žilica već kristaliziranih barita, fluorita i kvarca. S obzirom na navedeno, može se utvrditi kristalizacijski niz mineralne sukcesije. Prema obliku i dimenzijama zrna, vrlo je vjerojatno da je kristalizacijski niz započeo pojavom kvarca koji se nalazi uz rubove dolomita. Nakon ili za vrijeme nastanka kvarca nastajao je tetraedrit, nakon kojeg započinje formiranje barita s obzirom na izdužena i dobro razvijena zrna. Fluorit koji ispunjava preostali međuzrnski prostor je vjerojatno počeo kristalizirati pred kraj formiranja barita ili nakon njega. Oksidacijski produkti trošenja u vidu azurita i malahita, s obzirom na dominantnu pojavu u vidu prevlaka su zadnji formirani. Stoga bi kristalizacijski niz navedenih minerala na temelju dostupnih analiza bio sljedeći:

kvarc -> tetraedrit -> barit -> fluorit -> azurit i malahit.



**Slika 8-1.** Pojednostavljeni prikaz redoslijeda mineralne sukcesije

## 9. ZAKLJUČAK

U sklopu ovog završnog rada istraživane su stijene s područja planine Meovršje nedaleko od Kreševa. Uzorci istraživanih stijena pripadaju kompleksu Srednjobosanskog škriljavog gorja koje se pružaju od Taračina na jugoistoku pa do Gornjeg Vakufa na sjeverozapadu te su stijene uglavnom paleozojske starosti dok su stijene s Meovršja devonske starosti.

Unutar karbonatnog kompleksa sačinjenog dominantno od dolomita devonske starosti, nalazi se baritno-fluoritna mineralizacija karbonatnog kompleksa.

Može se zaključiti da je dolomit, stijena domaćin, nositelj mineralizacije te je uglavnom trošne površine s limonitiziranim zonama i dezintegriranim zrnima u većini analiziranih uzoraka, sivih do smečkastih boja. U mikroskopskim preparatima klasti su različitih dimenzija. Na temelju geokemijskih rezultata zaključuje se da se dolomit sastoji dominantno od magnezija i kalcija te sadrži primjese željeza zbog čega se posljedično uočava limonitizacija na površini. Što se tiče dijela mineralizacije, minerali barita i fluorita koji su najzastupljeniji i najvrjedniji minerali, u stijeni domaćinu se pronalaze u vidu žila i pukotina što ukazuje da su nastali kombinacijom hidrotermalnih i metasomatskih procesa. Bariti su bijeli, masivni, razvijenih pločastih formi, dok su fluoriti uglavnom prozirni, heksaedarskih formi. Od ostalih minerala, javlja se kvarc koji je u pojedinim uzorcima dominantan mineral. Pojava unduloznog kvarca u mikroskopskim preparatima je indikacija nekadašnjih većih tlakova koje su zrna kvarca pretrpjela. Tetraedrit, te sekundarni minerali azurit i malahit najčešće su nastali uz tetraedrit.

Geokemijskom analizom dobivene su visoke koncentracije bakra i antimona što je očekivano s obzirom da se radi o mineralu tetraedritu koji sadrže te elemente. Također, treba istaknuti visoke koncentracije srebra te posebice zlata koje su značajno više od uobičajenih u zemljinoj kori. To bi moglo upućivati da postoje zone koje su posebno obogaćene s PGE elementima te da je u budućnosti moguća njihova ekstrakcija. Zapažene su povišene koncentracije cinka i arsena što su sve elementi koji se vezuju uz druge metale u njihovim rudama, najviše uz tetraedrit. Također, u dva uzorka je utvrđena povišena koncentracija žive koja potječe iz tetraedrita, no može implicirati i na postojanje minerala cinabarita.

Jedan od zadataka ovog rada bio je odrediti niz mineralne sukcesije determiniranih minerala na temelju mikroskopske analize njihovih habitusa, njihovih međusobnih odnosa i kontakata te mjestima nastanka. Prvi mineral u nizu bio bi kvarc, zatim tetraedrit, barit potom fluorit te na kraju azurit i malahit, vjerojatno istovremeno.

Na kraju, može se zaključiti da je ovo hidrotermalno-metasomatsko ležište u kojem se nalaze vrijedni i korisni minerali, prvenstveno za Europu, zadovoljavajućih karakteristika. Ležište ima



potencijala postati izuzetno isplativo ako je suditi na temelju dobivenih XRF analiza te ako se na pravi način pristupi eksploataciji. Naravno, uvijek postoji rizik od potencijalnih štetnih utjecaja na okoliš, ali s odgovarajućom dozom opreza i poštivanjem ekoloških standarda te smjernica, moguća je sigurna opskrba svijeta mineralnim sirovinama.

## 10. LITERATURA

BOROJEVIĆ ŠOŠTARIĆ, S., MARKELJ, A., JAŠAREVIĆ, E; HAINDL, A. (2022) *The geological potential of antimony, bauxite, fluorite, and magnesite of the Central Dinarides (Bosnia and Herzegovina): an exploration and exploitation perspective*. *Geologia Croatica*, 75, str. 269-287.

BRANISAVLJEVIĆ M., KOPAČ Z., MERKULOV G., TEOFANOVIĆ S. (1953) *Baritoza*. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 4(3), str. 307-308.

DOPUĐA, B. (2008) *Periodni sustav elemenata*. URL: <http://www.pse.pbf.hr/index.html>

GARAŠIĆ V., JURKOVIĆ J., LUGOVIĆ B., & HRVATOVIĆ H. (2015) *Petrology and first U-Pb Zircon Age of Metarhyolite from the Vranica Mt., The Mid-Bosnian Schist Mountains*. *Knjiga sažetaka - Abstracts Book*// Horvat, Marija ; Wacha, Lara (ur.) Zagreb: Hrvatski geološki institut 2015, str. 95-96.

HRVATOVIĆ, H., ALJINOVIĆ, D., KOLAR-JURKOVŠEK, T. i JURKOVŠEK, B. (2006) *Sedimentološke i biostratigrafske karakteristike profila Bosansko Grahovo (Vanjski Dinaridi, Bosna i Hercegovina)*. V: *Zbornik sažetaka*., str. 41-42. 2. Savjetovanje geologa Bosne i Hercegovine sa međunarodnim učešćem.

HRVATOVIĆ, H., (1999) *Geološki vodič kroz Bosnu i Hercegovinu*. Zavod za geologiju, Posebno izdanje geološkog glasnika, knjiga 25 , 203 str. Sarajevo.

HRVATOVIĆ, H. (2015) *Srednjobosansko škriljavo gorje – strukturni model*. Federalni zavod za geologiju. 1. Kongres geologa BiH, Tuzla, Bosna i Hercegovina.

HRVATOVIĆ, H., (2018) *Metamorfni kompleks Srednjobosanskoga škriljavog gorja*, Posebno izdanje Geološkog Glasnika – knjiga 30., 153 str., Sarajevo.

HRVATOVIĆ, H. (2022) *Geološki vodič kroz Bosnu i Hercegovinu*. Sarajevo: Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine.

JELIĆ, M. (1979) *Florit*. U ČIČIĆ, S. (ur.): Mineralne sirovine Bosne i Hercegovine: Ležišta nemetala, Vol. 1/2., str. 243-244.

KATZER, F. (1926) *Geologija Bosne i Hercegovine*. 527 str., Sarajevo.

PALINKAŠ, L.A., JURKOVIĆ, I. (1994) *Lanthanide Geochemistry and Fluid Inclusion Peculiarities of the Fluorite from the Barite Deposits South of Kresevo (Bosnia and Herzegovina)*. *Geologia Croatica*, 47 (1), 103-115.

VUJNOVIĆ, L., (1980) *Osnovna geološka karta M 1:100000 list Bugojno L 33-143*. Institut za geologiju Sarajevo. Savezni geološki zavod. Beograd.

VUJNOVIĆ, L. (1981) *Tumač za Osnovnu geološku kartu M 1:100000 list Bugojno L 33-143*. Institut za geologiju Sarajevo. Savezni geološki zavod. 59. str., Beograd.

VUJNOVIĆ, L., (1984) *Paleogeografska i tektonska evolucija centralnobosanskog škriljavog gorja*. Studija, 149. FSD Federalni zavod za geologiju, Sarajevo.

ŽIVANOVIĆ, M., MILIVOJEVIĆ, R. (1975) *Tumač za Osnovnu geološku kartu M 1:100000 list Zenica 33-144*. Institut za geološka istraživanja Sarajevo. Savezni geološki zavod. 61 str., Beograd.

ŽIVANOVIĆ, M., (1979) *Naslage centralnobosanskog paleozoika (Vranica)*. *Geologija Bosne i Hercegovine*, knj, I – paleozojske periode. Institut za geologiju Sarajevo, 55-67. Sarajevo.

#### **Web izvori:**

Hudson Institute of Mineralogy (1993) *Mindat.org - Mines minerals and more*:  
<https://www.mindat.org/> (3.9.2023.)

MIT OpenCourseWare, *Trace-Element Geochemistry, Lecture Notes 5* (2013) -  
<https://ocw.mit.edu/> (5.9.2023.)