

# Mineraloške, petrološke i geokemijske karakteristike stijena sa živinom mineralizacijom na dijelu III horizonta u rudniku žive Idrija, Slovenija

---

Bal, Mariana

Master's thesis / Diplomski rad

2015

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:169:616382>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-21**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Diplomski studij geologije

MINERALOŠKE, PETROLOŠKE I GEOKEMIJSKE KARAKTERISTIKE STIJENA SA  
ŽIVINOM MINERALIZACIJOM NA DIJELU III HORIZONTA U RUDNIKU ŽIVE  
IDRIJA, SLOVENIJA

Diplomski rad

Mariana Bal G 62

Zagreb, 2015

## **ZAHVALJUJEM...**

*...mentoru prof.dr.sc. Goranu Durnu na brojnim stručnim savjetima, ukazanoj pomoći, te strpljenju i potpori tijekom cjelokupne izrade diplomskog rada.*

*...doc.dr.sc. Stanku Ružičiću, na ukazanoj pomoći pri terenskom radu, mineraloškoj interpretaciji, grafičkoj obradi diplomskog rada i općenitoj podršci.*

*...doc.dr.sc. Urošu Barudžiji na pomoći pri mikroskopiranju i izradi mikroskopskih fotografija korisnim sugestijama i primjedbama.*

*...Nevenu Tadeju, dipl.ing.geo., na ukazanoj pomoći tijekom interpretacije i obrade rendgenskih snimaka*

*...svim ostalima kolegama s 3.kata i drugi koji su mi pomogli pri izradi i stručnim savjetima.*

*...svima mojim voljenima koji su direktno ili indirektno pridonijeli izradi ovog rada i bili mi bezuvjetna podrška tokom cijelog studija.*

MINERALOŠKE, PETROLOŠKE I GEOKEMIJSKE KARAKTERISTIKE STIJENA SA ŽIVINOM  
MINERALIZACIJOM NA DIJELU III HORIZONTA U RUDNIKU ŽIVE IDRİJA, SLOVENIJA

MARIANA BAL

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Zavod za mineralogiju, petrologiju I mineralne sirovine  
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

Sažetak

Cilj ovog diplomskog rada bio je napraviti geološku jamsku kartu dijela III horizonta u rudniku žive Idrija te utvrditi mineraloške, petrološke i geokemijske karakteristike iskartiranih stijena. Tijekom izrade geološke karte izuzeto je ukupno 10 uzoraka stijena i dva uzorka materijala iz rasjednih zona. Na tim uzorcima provedene su mineraloške analize primjenom rentgenske difrakcijske analize, petrološke analize primjenom polarizacijskog mikroskopa (mikropetrografska determinacija) te su analizirani glavni elementi, elementi u tragovima i rijetke zemlje (REE). Primjenom polarizacijskog mikroskopa mikropetrografski su determinirani svi tipovi kartiranih stijena i to: silit do laminirani silit/šejl, srednjezrnati pješčenjak tipa kvarcnog arenita, ranodijagenetski dolomit tipa dolomikrit sa fosilima i tipa dolobiosparit, brečirani i metamorfozirani pješčenjak do milonitna breča i brečirani ranodijagenetski dolomit. Glavne mineralne faze u uzorcima karbonskog škriljavca, gredenskog pješčenjaka i bazalnog pješčenjaka su kvarc i kaolinit dok su tinjčasti minerali i pirit prisutni kao znatno ili malo zastupljene mineralne faze. U uzorcima gredenskog pješčenjaka uz prethodno navedene mineralne faze kao znatno zastupljena mineralna faza utvrđen je i dolomit. Ranodijagenetski brečirani dolomiti za razliku od anizičkog dolomita kao malo zastupljenu mineralnu fazu sadrži i kaolinit. U rasjednoj zoni između gredenskog pješčenjaka i anizičkog dolomita utvrđeni su gips i rozenit koji su nastali procesima trošenja primarnih mineralnih faza. Mineralizacija sa cinabaritom nalazi se u: (a) rasjednim zonama, (b) na kontaktu anizičkog dolomita i bazalnog pješčenjaka i (c) brečiranom ranodijagenetskom dolomitu. U uzorcima iz rasjednih zona utvrđene su najviše vrijednosti za: Ba, Co, Ni, Rb, V, W, Mo, As, Cu, Pb i Zn. Uzorci u kojima je glavna sulfidna mineralna faza cinabarit sadrže samo povišene vrijednosti As. Navedeno ukazuje na drugačiju mobilnost elemenata uz rasjedne zone. Brečirani ranodijagenetski dolomiti imaju i do 10 puta veću HREE u odnosu na anizičke dolomite. To jasno pokazuje da je tijekom mineralizacije došlo i do remobilizacije REE. U odnosu na kompozit sjevernoameričkih šejlova teškim lantanidima obogaćeni su gredenski pješčenjaci, bazalni pješčenjaci i svi uzorci dolomita. Za sada nemamo jasno objašnjenje zašto je u ovim stijenama došlo do obogaćenja na HREE.

Ključne riječi: geološka jamska karta, mikropetrografska determinacija, mineralni sastav, geokemija, rudnik žive Idrija, Slovenija.

Diplomski rad sadrži: 84 stranica, 8 tablica, 55 slika, 2 priloga i 22 reference.

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta  
Pierottijeva 6, Zagreb

Voditelj: Prof. dr. sc. Goran Durn

Ocjenjivači: Prof. dr. sc. Goran Durn  
Doc. dr. sc. Stanko Ružičić  
Doc. dr. sc. Uroš Barudžija

Datum obrane: 30. rujna 2015.

MINERALOGICAL, PETROLOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF ROCKS WITH  
MERCURY MINERALIZATION IN THE III HORIZON IN IDRİJA MERCURY MINE, SLOVENIA

MARIANA BAL

Thesis completed in: University of Zagreb  
Faculty of Mining, Geology and Petroleum engineering  
Institute of Mineralogy, Petrology and Mineral deposits,  
Pierottijeva 6, 10 000Zagreb

Abstract

The aim of this master thesis was to create a geological map of a section in the III horizon in Idrija Mercury Mine and determine mineralogical, petrological and geochemical characteristics of the mapped rocks. During the preparation of the geological map a total of 10 rock samples and two samples of material from the fault zones were taken for further analysis. On these samples we performed mineralogical analysis using the X-ray diffraction analysis, petrological analysis using the polarizing microscope (micropetrographic determination) and analysed the main elements, trace elements and rare earth elements (REE). By using a polarizing microscope we determined micropetrographic characteristics of mapped rock types as follows: siltstones to laminated siltstones/shales, medium grained quartz arenite, early diagenetic dolomite which is classified as dolomicrite with fossils and dolobiosparite, metamorphosed breccia sandstones/mylonite breccia and early diagenetic dolomite breccia. The main mineral phases in samples of Carbon shale, sandstones and basal sandstones are quartz and kaolinite. Secondary mineral phases in these rocks are micaceous minerals and pyrite. In samples of Permian Groden sandstone in addition to above mentioned mineral phases we also found dolomite as a main mineral phase. Contrary to Anizian dolomite, early diagenetic dolomite contains kaolinite as a minor mineral phase. In the fault zone between Permian Groden sandstone and Anizian dolomite we found gypsum and rozenite; minerals that originated from weathering of primary mineral phases. Mineralization with cinnabar is located in: (a) fault zones, (b) the contact zone between Anizian dolomite and basal sandstones and (c) early diagenetic dolomite breccia. The highest value of Ba, Co, Ni, Rb, V, W, Mo, As, Cu, Pb and Zn were determined in samples from the fault zones. We found increased values of As in samples in which the main mineral sulphide phase is cinnabar. Above mentioned implies a different mobility of elements along fault zones. Early diagenetic dolomite breccia has up to 10 times higher  $\Sigma$ REE compared to Anizian dolomite. This clearly shows that during the mineralization there has been a remobilisation of REE. In relation to the composite of North American shales Permian Groden sandstones, basal sandstones and all dolomite samples are enriched in heavy lanthanides. So far we have no clear explanation why these rocks have been enriched in HREE.

Keywords: geological map, micropetrographic determination, mineral composition, geochemistry, Mercury Mine Idrija, Slovenia.

Thesis contains: 84 pages, 8 tables, 55 figures, 2 enclosures and 22 references

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering,  
Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: PhD Goran Durn, Full Professor

Reviewers: PhD Goran Durn, Full Professor  
PhD Stanko Ružičić, Assistant Professor  
PhD Uroš Barudžija, Assistant Professor

Date of defense: September 30, 2015.

## SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	3
2.1. POVIJEST I RUDARENJE	4
2.2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA	7
3. OSNOVE GEOLOGIJE LEŽIŠTA IDRIJA	10
3.1. LITOSTRATIGRAFSKI RAZVOJ JEDINICA	15
4. METODE TERENSKIH ISTRAŽIVANJA	21
4.1 METODE LABORATORIJSKIH ISTRAŽIVANJA	21
4.1.1 Priprema uzoraka	21
4.1.2 Mikroskopiranje	21
4.1.3 Rendgenska difrakcija na prahu	22
4.1.4 Inducirana spregnuta plazma-masena spektrometrija (ICP-MS)	23
5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA	24
5.1. REZULTATI TERENSKIH ISTRAŽIVANJA IZNAD RUDNIKA	24
5.2. REZULTATI TERENSKIH ISTRAŽIVANJA U RUDNIKU	31
5.5 KEMIJSKE ANALIZE UZORAKA	58
5.5.1 Distribucija glavnih elemenata u uzorcima	58
5.5.2 Distribucija elemenata u tragovima, ukupnog ugljika i sumpora	62
5.5.3 Distribucija elemenata rijetkih zemalja	69
6. DISKUSIJA	74
7. ZAKLJUČAK	82
8. LITERATURA	84

## POPIS SLIKA

Slika 2.1. Karta Idrije i okolnog područja ( <a href="http://www.google.hr/maps/Idrija">www.google.hr/maps/Idrija</a> ) .....	3
Slika 2.2. Grad Idrija .....	4
Slika 2.3. Prikaz starog načina rada u rudniku (Antonijev rov) i muzej grada Idrije.....	6
Slika 2.4. Ulaz u Antonijev rov; prikaz starog načina rada u rudniku (Antonijev rov) .....	6
Slika 2.5. Antonijev rov koji je otvoren za turiste .....	7
Slika 2.6. Prikaz plana grada Idrije i podzemnih radova u rudniku (Mrak, 1765).....	9
Slika 3.1. Sintetski stratigrafski stup Idrijskog ležišta (preuzeto iz: Lavrič i Spangenberg, 2003).....	11
Slika 3.2. (a) Prikaz geološke karte Idrije i (b) legenda litostratigrafskih jedinica Idrije (preuzeto iz: Eržen, 2010) .....	17
Slika 5.1. Prikaz terenskih točaka izmjerenih GPS-om .....	25
Slika 5.2. T1- donjoskitski pješčenjak .....	26
Slika 5.3. T2- ladinički sivi dolomitni konglomerat .....	27
Slika 5.4. T3- leće donjeskitskog oolitnog vapnenca u donjoskitskom pješčenjaku .....	27
Slika 5.5. T3- leće donjeskitskog oolitnog vapnenca u donjoskitskom pješčenjaku; prikaz leće izbliza .....	28
Slika 5.6. T4- karbonski škriljavac.....	29
Slika 5.7. T4- karbonski škriljavac u kontaktu sa donjoskitskim pješčenjakom.....	29
Slika 5.8. T5– gredenski pješčenjak.....	30
Slika 5.9. Račvanje dvaju rasjeda, prvi segment, lijevi bok i strop, 12 m, na lijevo od rasjeda vidimo anizički dolomit, a desno gredenski pješčenjak .....	33
Slika 5.10. Orudnjenje u anizičkom dolomitu, prvi profil, desni bok, 3 m.....	34
Slika 5.11. Anizički dolomit, prvi profil, desni bok, 10 m.....	35
Slika 5.12. Epsomit pronađen u anizičkom dolomitu, drugi profil, desni bok, 3 m .....	35
Slika 5.13. Kontaktna zona s rasjedima s ispunom pješčenjaka, gline, praha i organske materije, drugi segment, strop, 12 m.....	36
Slika 5.14. Brečirani dolomit, mlađi rasjed, drugi segment, lijevi bok, 25 m.....	37

Slika 5.15. Brečirani dolomit, mlađi rasjed, njegovo prostiranje u hodniku, drugi segment, lijevi bok i strop, 25-30 m .....	37
Slika 5.16. Brečirani dolomit, stariji rasjed kojeg presijeca mlađi rasjed vidljiv na slikama 5.14 i 5.15, drugi segment, desni bok 27-30 m .....	38
Slika 5.17. Fotografija ispoliranih pločica uzoraka ID 1, ID 2, ID 3, ID 5, ID 6, ID 7, ID 8, ID 9 I ID 10.....	41
Slika 5.18 Mikrofotografije uzorka ID 1-SILTIT do LAMINIRANI SILTIT/ŠEJL; a –s analizatorom, b – bez analizatora .....	42
Slika 5.19. Mikrofotografije uzorka ID 2 –SREDNJEZRNASTI PJEŠČENJAK; a - s analizatorom, b –bez analizatora.....	43
Slika 5.20 Mikrofotografije uzorka ID 3 -SREDNJEZRNASTI PJEŠČENJAK; a - s analizatorom, b –bez analizatora.....	44
Slika 5.21 Mikrofotografije uzorka ID 5 (bez analizatora) RANODIJAGENETSKI DOLOMIT; a – heterogena struktura ID 5, b – fosilni ostatci.....	45
Slika 5.22. Mikrofotografija uzorka ID 6 – RANODIJAGENETSKI DOLOMIT .....	46
Slika 5.23 Mikrofotografije uzorka ID 7 KONTAKT DOLOMITA i PJEŠČENJAKA; a - s analizatorom, b –bez analizatora .....	47
Slika 5.24 Mikrofotografije uzorka ID 8 –BREČIRANI I METAMORFOZIRANI PJEŠČENJAK do MILONITNA BREČA; a - s analizatorom, b –bez analizatora .....	48
Slika 5.25 Mikrofotografije uzorka ID 9- SILTIT do LAMINIRANI SILTIT/ŠEJL, a - s analizatorom, b –bez analizatora.....	49
Slika 5.26 Mikrofotografije uzorka ID 11 - BREČIRANI RANODIJAGENETSKI DOLOMIT; a - s analizatorom, b –bez analizatora.....	50
Slika 5.27 Mikrofotografije uzorka ID 12-BREČIRANI RANODIJAGENETSKI DOLOMIT; a - uzorak ID 12 s analizatorom, b – uzorak ID 12 bez analizatora.....	51
Slika 5.28. Rendgenska difrakcijska slika uzorka 4672; Legenda: TM-tinjčasti minerali, K-kaolinit, Kv-kvarc, P-pirit .....	54
Slika 5.29. Rendgenska difrakcijska slika uzorka 4673; Legenda: TM-tinjčasti minerali, K-kaolinit, Kv-kvarc, P-pirit, D-dolomit.....	55
Slika 5.30. Rendgenska difrakcijska slika uzorka 4675; Legenda: TM-tinjčasti minerali, K-kaolinit, Kv-kvarc, P-pirit, D-dolomit, G-gips, R-rozenit.....	55
Slika 5.31. Rendgenska difrakcijska slika uzorka 4678; Legenda: K-kaolinit, Kv-kvarc, D-dolomit .....	56



Slika 5.32. Rendgenska difrakcijska slika uzorka 4681; Legenda: TM-tinjčasti minerali, K-kaolinit, Kv-kvarc, P-pirit, G-gips, R-rozenit, B-basanit .....	56
Slika 5.33. Rendgenska difrakcijska slika uzorka 4683; Legenda: K-kaolinit, Kv-kvarc, D-dolomit, G-gips, P-pirit .....	57
Slika 5.34 Distribucija SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO i MgO u uzorcima .....	61
Slika 5.35 Distribucija Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> i K <sub>2</sub> O u uzorcima .....	61
Slika 5.36 Distirbucija Na <sub>2</sub> O, TiO <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> i MnO u uzorcima .....	62
Slika 5.37. Distribucija Ba u uzorcima.....	63
Slika 5.38 Distribucija Sr, V, Zr, Zn i Hg u uzorcima .....	66
Slika 5.39 Distribucija Ni, Rb i Cu u uzorcima .....	66
Slika 5.40 Distribucija Ga, Sc, Nb, Th, Pb u uzorcima.....	67
Slika 5.41 Distribucija TOT/S u uzorcim.....	67
Slika 5.42 Distribucija Hg u uzorcima .....	68
Slika 5.43 Distirbucija Hg, TOT/S i Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	68
Slika 5.44. Hondritski normalizirane krivulje za pješčenjake, karbonski škriljavac i uzorke iz rasjednih zona.....	70
Slika 5.45. Hondritski normalizirane krivulje za dolomite .....	70
Slika 5.46. Krivulje pješčenjaka, karbonskog škriljavca i uzoraka iz rasjednih zona normaliziranih na kompozit sjevernoameričkih šejlova (NACS) .....	71
Slika 5.47. Krivulje dolomita normaliziranih na kompozit sjevernoameričkih šejlova (NACS) .....	71

## POPIS TABLICA

Tablica 5.1 Opis stijena pronađenih na površini terena .....	24
Tablica 5.2. Determinacija stijena u hodniku rudnika.....	32
Tablica 5.3 Prikaz minerala mikroskopiranih na determiniranim uzorcima .....	40
Tablica 5.4 Semikvantitativni mineralni sastav uzoraka 4672 do 4683.....	52
Tablica 5.5 Distribucija glavnih elemenata u uzorcima .....	60
Tablica 5.6 Distribucija elemenata u tragovima u uzorcima.....	65
Tablica 5.7.Distribucija elemenata rijetkih zemalja u uzorcima .....	72
Tablica 5.8.parametri distribucije REE u uzorcima (u tekstu poglavlja 5.3.3 objašnjene su kratice korištene u tablici; vrijednosti $\Sigma$ REE, $\Sigma$ LREE i $\Sigma$ HREE u ppm ).....	73

## 1. UVOD

Živa (*lat. hydrargyrum* -tekuće srebro) je poznata još od 6.stoljeća prije Krista, a prvi pisani dokazi o ovoj kovini potječu od Aristotela. Još je u vrijeme starog Egipta, po zapisima pronađenim u grobnicama, bio poznat proces amalgamiranja (1. Postupak dobivanja zlata i srebra iz ruda njihovim otapanjem u živi; 2. Prevlačenje prostih kovina plemenitima s pomoću žive u kojoj su plemenite kovine otopljene.). U kasnijim je fazama razvoja čovječanstva bila korištena i u medicinske svrhe, kao kozmetika, lijek protiv mnogih bolesti, dok je u nekim dijelovima svijeta živa bila poznata kao eliksir života. Upotreba joj je raznolika, a možda nama najpoznatiji proizvod koji sadrži živu jest toplomjer (barometri, manometri, termometar). Osim toga upotrebljava se i kao katoda kod elektrolize (klor-alkalne); nalazimo ju u tlakomjerima, baterijama, kvarcnim svjetiljkama, živinim žaruljama, koristi se za izradu plombi, pesticida, dezinfekcijskih sredstva i sl.

Zajedno sa cinkom i kadmijem, živa tvori II B skupinu PSE. To je jedini metal u prirodi koji se pri normalnim uvjetima nalazi u tekućem stanju. Najvažnije odlike žive su njena izrazito halkofilna svojstva i velika mobilnost kao posljedica niske točke taljenja. U svom prirodnom ciklusu živa se nalazi u  $\text{Hg}^0$ ,  $\text{Hg}^{2+}$  i  $\text{Hg}^+$  oksidacijskim stanjima. Najčešći kemijski oblici žive su: elementarna živa ( $\text{Hg}^0$ ) s visokim pritiskom para i niskom topivošću u vodi; dvovalentna anorganska živa ( $\text{Hg}^{2+}$ ) sa snažnim afinitetom prema mnogim anorganskim i organskim ligandima, prvenstveno onima koji sadrže sumpor; metil-živa ( $(\text{CH}_3)\text{Hg}^+$ ) te dimetil-živa ( $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$ ). Metil-živa otporna je na degradaciju u prirodnoj sredini, obogaćuje se u živim organizmima i može prolaziti kroz važne biološke barijere.

Najveće količine žive u prirodi nalazimo u mineralima cinabaritu ( $\text{HgS}$ ) i levingstonitu ( $\text{Hg}(\text{Sb}_4\text{S}_7)$ ). Žarenjem cinabarita na zraku dobiva se živin (II) oksid koji se pri visokim temperaturama disocira na elementarnu živu u obliku pare i kisik. Kondenzacijom dobivamo tekuću živu, no pri procesu može doći do prelaska dijela para u prah (stupu), a ne u tekućinu, koja se sastoji od 80% žive, a ostalo su živine soli, leteća prašina, čađa i katran. Prešanjem iz praha ili destilacijom para dobivamo čistu živu (95-98% Hg), a obradom se može dobiti živa čistoće 99,9% .

U gradu Idrija (Slovenija) živa se počela rudariti odmah po pronalasku 1490. godine.. Povijest i tradicija u Idriji razvijali su se uz rudarenje jer je većina stanovništva bila zaposlena

u rudniku i oko njega. Kako je rudarenje žive u Idriji uznapredovalo, mnogi znanstvenici su se počeli zanimati za ležište i rudnik. Prvi geološki zapisi datiraju iz 16.stoljeća, a kasnije su se različiti znanstvenici bavili temom geološkog ležišta žive Idrije, njenim nastankom i okolnim područjem. U kasnim će poglavljima biti nešto više o daljnjim istraživanjima u Idriji.

U sklopu predmeta „Istraživanje ležišta mineralnih sirovina (ILMS)“ provodi se terenska nastava u ležištu žive Idrija. Ove se terenske vježbe provode još od 1991.godine pa sve do danas. Uz predavanja o ležištu na terenu se izvodi geološka prospekcija iznad samog rudnika, dok u rudniku studenti izrađuju geološku kartu hodnika. Također se od nedavno uz istraživanja u rudniku radi i šlihoвање u rijeci Idrijici. Mnoge su generacije studenata sudjelovale u prikupljanju podataka. Pri izradi karte na terenu u rudniku nastala je i ideja o izradi ovog diplomskog rada. Cilj je bio istražiti mineraloške i sedimentološke karakteristike stijena u rudniku žive Idrija na horizontu na kojem se izvode vježbe u sklopu nastave ILMS-a. Uzorkovanje je izvršeno u rudniku. Za analizu je rađena rendgenska difrakcija na prahu, kemijska analiza elemenata u vanjskom laboratoriju te je rađeno mikroskopiranje pomoću polarizacijskog mikroskopa. Također je terenskim istraživanjem izrađena karta podzemlja u rudniku pri čijoj se izradi u obzir uzeo pozamašan broj podataka skupljen tijekom godina te je u obzir uzeta i analiza uzoraka. Osim istraživanja u rudniku rađena je i geološka prospekcija terena iznad ležišta gdje su determinirane glavne površinske pojave stijena na 5 lokacija.

## 2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Grad Idrija središte je istoimene općine u zapadnoj Sloveniji (Slike 2.1. i 2.2.). Rudnik i grad smješteni su 50 km zapadno od Ljubljane u pokrajini Primorskoj. Zapadni i istočni dio općine su planinski, planina Trnovski Gozd pruža se na zapadu, a planina Javornik na istoku općine. Idrija se nalazi u regiji Cerkno-Škofja Loka koja je dio prijelazne zone između Alpa i Jadranskog mora, odnosno pripada dijelu Južnih Alpi koje se protežu od sjeveroistočne Italije u Sloveniju do Triglava čiji je velik dio uključen u Nacionalni park Triglav. U središnjem dijelu općine nalazi se dolina rijeke Idrijice koja je pritoka rijeke Soče, a grad se nalazi na 310 m nadmorske visine (Slika 2.1).



Slika 2.1. Karta Idrije i okolnog područja ([www.google.hr/maps/Idrija](http://www.google.hr/maps/Idrija))



Slika 2.2. Grad Idrija

## 2.1. POVIJEST I RUDARENJE

Povijest i rudarenje vezani uz grad Idriju odavno su poznati; tako se i o samom pronalasku žive kao sirovine prenosi davna legenda o njezinom otkriću. Ona govori kako je u Idriji živu otkrio Škafar, uljevajući vodu iz bunara u kantu. Dok je izvlačio kantu činila mu se teža no inače, pokušavajući ju ponijeti primijetio je kako je za čistu vodu koju inače nosi težina zaista prevelika, a boja drugačija. Ta neobična pojava ga je zainteresirala te se odlučio otići u Škofju Loku i podijeliti svoje otkriće s tamošnjim poznavateljima. Po dolasku pred znane znanstvenike u gradu su mu potvrdili kako je riječ zaista o novoj rudi u Idriji te kako je zanimljivi pronalazak živa. Legenda kao takva se zadržala do danas no prvi su zapisani pronalasci nešto drugačiji i datiraju iz 1490. godine gdje je zabilježen pronalazak kapljica žive u škriļjavcu što je rezultiralo počecima rudarenja. S iskapanjima sirovine u skromnim količinama nastavilo se sve do 1508. godine. Kasnijim su iskapanjima i istraživanjima pronađene bogate cinabaritne žile, pune ovom traženom sirovinom, iz kojih su se počele vaditi veće količine žive.

Godine 1575. sada već razvijeni rudnik došao je pod upravu austrijske vlade, koja ga je posjedovala sve do 1918. U to vrijeme je rudarenje žive modernizirano, a izgrađene su i visoke peći za ispaljivanje rude i pumpe za crpljenje vode. Rudnike su krajem 17. i početkom 18. stoljeća kratko okupirali Francuzi. Grad se poslije francuske okupacije polako stabilizirao i doživio je najbolje godine neposredno prije Prvog svjetskog rata kada rudnici stagniraju te prelaze u talijansko vlasništvo. Po završetku Drugog svjetskog rata, Idrija postaje dio Jugoslavije s čime je i započela posljednja modernizacija rudnika. Rudnik je za eksploataciju žive zatvoren 80-tih godina 20. stoljeća, kada je vrijednost žive pala na burzi te se hodnici rudnika od tada polagano saniraju i zatvaraju. Dio rudnika preuređen je i otvoren za turiste koji na taj način imaju uvid u povijest rudarenja na ovom području.

Najveće količine žive u svijetu pronađene su u Almadenu u Španjolskoj, a druge po redu svjetske rezerve nalaze se upravo u Idriji (Mlakar,1974.). Sve do danas cjelokupna svjetska proizvodnja žive je 800,000 tona pri čemu je 13% izvađeno iz Idrije. Čak 50% sveukupne eksploatirane žive na svijetu izvađeno je u Almadenu (280,000 tona) i Idriji (105,000 tona). Zbog toksičnosti i opadanja cijene žive na tržištu oba rudnika su zatvorena za eksploataciju te su preinačeni u turističke atrakcije (Slike 2.3, 2.4 i 2.5). 2012.godine rudnik Idrija upisan je u UNESCO-v popis mjesta svjetske baštine u Europi te su ga svrstali zajedno sa rudarskim gradom Almadenom pod zajednički naziv „Baština žive“.

Sa povećanim rudarenjem žive u Idriji počinje se zbog velike potražnje ove sirovine na tržištu zlata i srebra. U starijim industrijskim postupcima iz jalovine se pomoću žive pridobivalo zlato i srebro pomoću postupka amalgamiranja. Sirovina bi se drobila, a zatim bi slijedio postupak obrade živom i vodom gdje bi dio rude pri miješanju stvorio amalgam zlata u vodi otopljene rude. Amalgam bi se nakon toga podvrgnuo destilaciji, pri čemu se živa odstrani zagrijavanjem i predestilira (regenerira kondenziranjem u hladioniku), a prestalo zlato ostaje u uređaju za destilaciju. Osim izrazite toksičnosti, najveći nedostatak rada sa živom jest nepotpuno izdvajanje zlata pa ne dolazi do potpunog iskorištenja rude.

Danas rudnik više nije aktivan te je u fazi likvidacije. Rudnik se zapunjava vodom te se svakih 5 godina vrši monitoring ležišta. U ležištu se nalazi 15 horizonata, ima ukupno oko 700 kilometara hodnika (rudnih i istraživačkih) i prostire se 400 m po dubini. Rudnik je do svog 9-og horizonta zapunjen vodom, a planirano je zapunjenje do 4-og horizonta. U centru grada nalazi se Antonijev rov koji je najpoznatiji ulaz u rudnik, a danas se koristi u turističke

svrhe (Slika 2.5). Osim cinabarita i samorodne žive postoji još niz drugih minerala koji se mogu pronaći u rudniku poput epsomita, melanterita, idrijalita itd.

Živa je jedini poznati metal koji je pri sobnoj temperaturi u tekućem stanju. Gustoća žive je  $13560 \text{ kg/m}^3$  pa se može zaključiti da 1L žive ima masu 13,56 kg. U Idriji se živa ulijevala u boce od 2,5 litara. Primjena žive je svestrana pa se tako koristila u medicini, kod istraživanja zlata i srebra, u zubarstvu, kozmetičkoj industriji, vojnoj industriji, poljoprivredi itd.



Slika 2.3. Prikaz starog načina rada u rudniku (Antonijev rov) i muzej grada Idrije



Slika 2.4. Ulaz u Antonijev rov; prikaz starog načina rada u rudniku (Antonijev rov)





Slika 2.5. Antonijev rov koji je otvoren za turiste

## 2.2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Na području Idrijskog rudnika počelo se sa istraživanjima odmah nakon otkrića žive 1490.godine pa stoga najraniji geološki zapisi datiraju već iz 16.stoljeća gdje su Kircher (1664), Pope (1665), Browne (1669) i Valvasor (1689) objavili prve tiskane zapise o rudniku i cinabaritnoj rudi. Godine 1754. u rudnik dolazi prvi školovani liječnik Joannis Antonius Scopoli koji je svoj interes za prirodne znanosti pa tako i o Idrijskom rudniku zabilježio u knjizi diskusije „De Hydrargyro Idriensi Tentamina Physico-Chymico-Medica“. Ova knjiga je služila kao podloga prvoj geološkoj karti šireg područja Idrije koju je izradio Jožef Mrak 1765.godine (Slika 2.6) te se ovo dvoje autora smatraju prvim geolozima koji su se bavili Idrijskim geološkim pitanjima. O Idrijskim stijenama, geologiji područja rudnika i o široj okolici pisali su i mnogi drugi znanstvenici onoga doba kao Jacob Feber (1774), Mucha (1780), Dolomieuja (1785), a nove važne podatke o Idrijskom rudniku i njegovim stijenama dao je Balthasar Hacquet koji se 1781. godine posebno posvetio isključivo Idriji te pronađenim različitim rudama žive i opisima novih mineraloških istraživanja i minerala te je s njim i počelo razdoblje geoloških studija o Idriji.

U 19.stoljeću također imamo niz autora koji se bave geološkom procjenom Idrijskog rudnog područja. Geolog Boué (1835) pokušao je odrediti apsolutnu starost stijena koje je svrstao u paleozoik. Nakon njega niz autora bavilo se datiranjem starosti stijena te njihovim dokumentiranjem i litološkim sastavom. U knjizi „Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebung von Idria in Krain“ Lipold (1874) postavlja temelje paleontologije, stratigrafije,

litologije i tektonike idrijskog podzemlja, a za njim slijede istraživanja o geološkim odnosima u podzemlju, daljnjoj razradi paleontologije, stratigrafije i litologije te detaljno proučavanje slojeva Skita (Kossmat, 1898) i područja rudnika te okoline što je rezultiralo izradom mnogih geoloških karata i opisa. Mnoga su djela iz ovog razdoblja bila neobjavljena no služila su kao dobar temelj za daljnja terenska istraživanja i kao zapis koji je poslužio novim generacijama.

Berce je 1953. godine kartirao Idrijsku jamu te je svojim mineraloškim istraživanjima upotpunio strukturnu analizu, a 1960. pokušao je objasniti podjelu ladinijskih slojeva pa pri rekonstrukciji uvodi naziv pseudogrödenski slojevi. Nove i jedinstvene poglede na Idrijsko podzemlje postavlja Mlakar koji je u svojim djelima na temelju izdašnih istraživanja i kartiranja površine i podzemlja dokazao razčlambu gornjo permskih slojeva, detaljno analizirao srednje trijasko stijene, opisao je položaj noritsko-retskih dolomita na krednoj podlozi i postavio s time osnove za daljnje proučavanje kompleksne strukture.

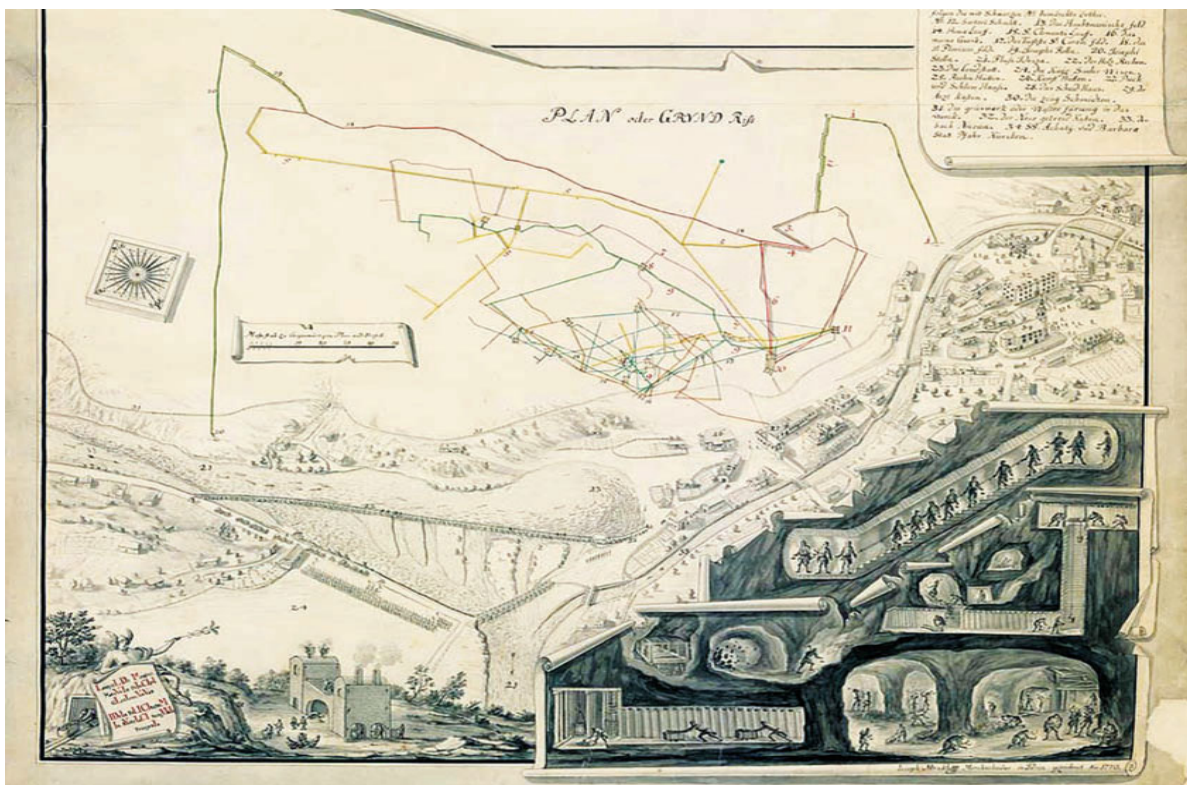
S Drovenikom 1971. godine Mlakar objavljuje raspravu o genetskim i strukturnim posebnostima Idrijskog područja. Mlakareve nalaze dopunio je Čar te je pisao o daljnjem razvoju teorija o starosti slojeva te je razvio dalje strukturu i građu podzemlja. Placer (1973) nadopunjuje Mlakareve teorije i interpretacije o građi ležišta te se bavi rekonstrukcijom tektonskog jarka i tektonskim uvjetima. Drovenik i dr. (1975) objavljuju raspravu o petrografskim i mineralnim značajkama ležišta te se dalje bave sedimentološkim raspravama i opisuju stijene tektonskog jarka. Zbog ekoloških razloga obustavljeno je vađenje žive iz rudnika pa je u Idriji Čar (1980) dao opsežan opis dosadašnjih istraživanja i moguće prijedloge za daljnja istraživanja mineralnih sirovina.

Prekretnica u razumijevanju događanja u srednjetrojaskoj tektonici koja je pridonijela današnjem tektonskom izgledu ležišta u svom doktorskom radu predstavlja Placer (1982) te se izdaje i rasprava o rijetkim elementima u stijenama (Čadež i dr., 1981). Sedimentološkim istraživanjima o srednjetrojaskim stijenama u različitim dijelovima tektonskog jarka objašnjen je njihov nastanak te je rekonstruirana morfologija idrijskog tektonskog jarka (Čar, 1985). Nadalje su bila istraživana sedimentološka stajališta koja su vezana uz profile napravljene uz Idrijsko ležište, te su obavljena geokemijska istraživanja. Razmišljanja o nastanku gornjoanizijskih dolomita iznad srednjetrojasko erozijske diskordancije daje Čar (1989) te kasnije govori o nastanku srednjetrojasko erozijske diskordance u idrijskoj jami (Čar, 1990). O nastanku živinog orudnjenja u gruben naslagama govore Drovenik i dr., (1990). O

hidrogeološkim značajkama saznajemo u djelu „Vodno bogatstvo Visokega krasa“ (Janež,1997).

U Idrijskom je ležištu barit dokazan još 1891.godine a njegovu genezu su obrazložili Čar i dr. (2002), a istraživanjima o izotopima ugljika, kisika i sumpora su Lavrič i Spangenberg (2002) otvorili poglavlje o geokemijskim i geotermalnim karakteristikama idrijske rude.

70-tih godina prof.dr.Anton Ramovš počinje koristiti izraz „idrijska geološka škola“ koji se do danas zadržao pri čemu se u okviru ovog naziva osvrtao na geologe koji su se bavili iznimno kompliciranom građom Idrijskog ležišta i koji su svojim radovima doprinijeli njezinom shvaćanju. Tako su svi predhodno navedeni autori ušli u naziv geologa idrijske geološke škole zaslužni za otkrivanje cjelokupne geološke baštine Idrije.



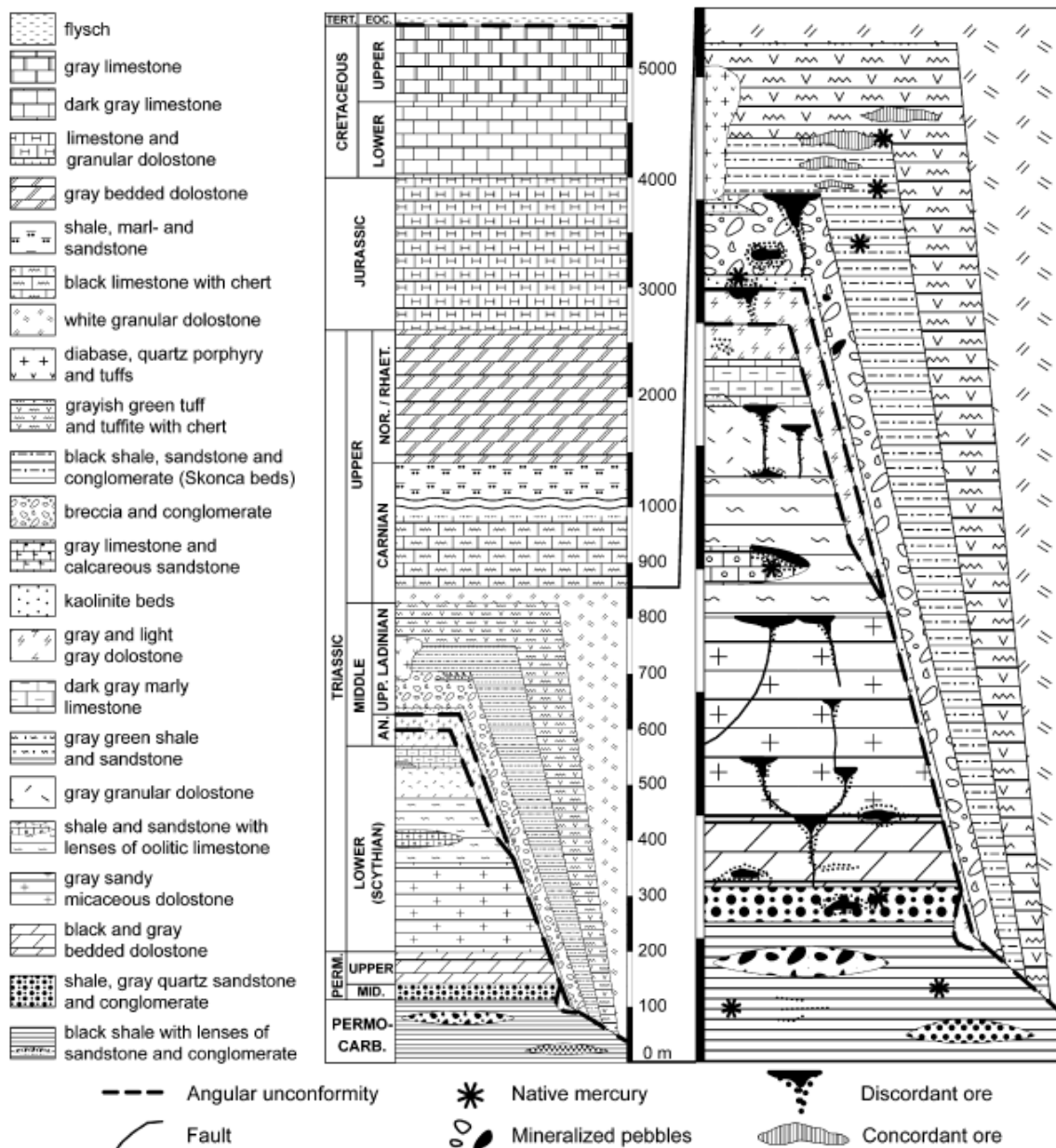
Slika 2.6. Prikaz plana grada Idrije i podzemnih radova u rudniku (Mrak, 1765)

### 3. OSNOVE GEOLOGIJE LEŽIŠTA IDRIJA

Niskotemperaturna Pb-Zn ležišta u karbonatnim stijenama (primjer: Mežica; Sv. Jakov na Medvednici) te sedimentno-ekshalativna (sedex) Fe, Mn, Ba, polisulfidna i Hg ležišta (primjer: Vareš; **Idrija**; Tršće u Gorskom Kotaru) nalaze se na rubu Jadransko-Dinaridske karbonatne platforme. Idrija i druga navedena ležišta razvijena su unutar vulkansko-sedimentne serije s naknadnim naizmjeničnim taloženjem karbonata od kasnog perma do razdoblja kasnog trijasa (Mioč, 2001).

Ležište Idrija nalazi se u sjeverozapadnim vanjskim Dinaridima, 50 km SZ od Ljubljane; osim rudnog ležišta Idrija postoji ležište Ljubevč koje nije komercijalno jer sadrži manji postotak rude (0.2 tež.%). Ležište Idrija je drugi po veličini rudnik žive u svijetu (iza Almadena u Španjolskoj) i sastoji se od 15 rudnih tijela koja se prostiru vertikalno 360 m (od +330 do -33 m); ima 15 horizonata i sadržaj žive u ležištu je od 17 do 0.3 tež. % Hg u rudi. S eksploatacijom se prestalo 1988. godine; a izrudareno je 12.7 Mt rude sa 145 000 t Hg od 1490 godine.

Rudu žive u ležištu Idrija pronalazimo u gornjokarbonskim glinenim škriljcima (koji sadrže leće kvarcnih pješčenjaka), permskim groden pješčenjacima, u gornjo permskim i niže trijaskim dolomitima, škriljavim siltitima i oolitnim vapnencima u anizičnim dolomitima, ladiničkim dolomitnim konglomeratima i mlađim stijenama gornje skonce koje sadrže plitkomorske sedimente i piroklastite (Slika 3.1).



Slika 3.1. Sintetski stratigrafski stup Idrijskog ležišta (preuzeto iz: Lavrič i Spangenberg, 2003)

Za vrijeme otvaranja i zatvaranja sredozemnog oceana Tethysa razvile su se različite geotektonske jedinice od SZ na JI odnosno od Jadranske mikroploče pa sve do sjeveroistočne Europe. Orogenetske kompresije u Dinaridima proizlaze iz podvlačenja Jadranske ploče pod Europsku ploču (Neubauer i dr., 2000), što je uzrokovalo nastajanje velikih navlačnih kompleksa. U početku otvaranja Tethysa za vrijeme trijasa došlo je do velikih pomaka te se stvaraju mnoga velika rudna ležišta obogaćena živom, uključujući veliko ležište Idrija, te manja ležišta kao što su Tršće i Draževiči. Geološku strukturu planinskog lanca Idrije-Cerkno opisao je Čar (2010). Ležište Idrija nalazi se u zapadnoj Sloveniji, smješteno je unutar serije

sedimentnih stijena navlake Trnovo. Sedimentne stijene dio su Slovenske karbonatne platforme koja je tijekom faze interkontinentalnog riftovanja u srednjem trijasu (ladinik) dubokim rasjedima (pravac pružanja I-Z) razlomljena na nekoliko blokova. S riftovanjem je povezan efuzivni (dijabaz, pillow-lave, kvarc porfiri) i eksplozivni (tuf i tufiti) bimodalni vulkanizam.

Idrijska struktura bila je aktivna od ranog skita do ranog karnika i razvila se u gornjem dijelu dome u približno 1 km širokom i 5 km dugačkom abortiranom riftu. Rift je od sedimentacijskih bazena na sjeveru i jugu odijeljen horstovima, a mogući uzroci nastanka dome su ili uzdizanje uslijed ekstenzijske tektonike ili utiskivanje lakolita.

Tijekom ladinika aktivni su subvertikalni rasjedi (I-Z i S-J) uz koje su vertikalni pokreti i 900 m, posljedica toga je opetovano uzdizanje i površinsko trošenje. Kao posljedica dva srednje trijaska regresivno/transgresivna ciklusa nastala je tektonsko-erozijska diskordancija s maksimalnim rasponom od permokarbonske do gornjeg trijasa.

Intenzivna tektonska aktivnost u pratnji s vulkanskom aktivnošću dovela je do taloženja konglomerata i piroklastičnih stijena, a potom singenetskog taloženja rude. Uz nastavak sedimentacije, korito postaje pliće i na kraju biva pokriveno močvarnim sedimentom. Fosilni ostaci flore i faune dokazi su bočate močvarne okoline. Isprekidana vulkanska aktivnost proizvodi tufove, tufite i rožnjake u čijim se slojevima nalaze i leće alteriranih bazaltni tokova (Placer i Čar, 1977). Do sredine trijasa stijene se razvijaju u plitkomorskom okolišu kada dolazi do velikih pomaka u zemljinoj kori i područje ispresijecaju mnogi rasjedi. Srednjotrijaskom tektonikom stvaraju se tektonske grabe sa južnim i sjevernim pragom, a kako tektoniku prati vulkanizam nastaju tufovi i tufiti u močvarama koji su glavni uzrok nastanka singenetskog ležišta žive.

Idrijsko ležište obuhvaća oko 5500 m sedimentnih i vulkanskih stijena od permokarbonske do eocena, od kojih je najdonjih 800 m mineralizirano. Orudnjena zona sadrži konkordantnu i diskordantnu mineralizaciju. Konkordantna rudna tijela su nastala tijekom sedimentacije gornjeladiničkih organskom materijom bogatih Skonca naslaga i tufa. Ona su stratiformna ili lećasta, do 100 m dugačka i do 0.5 m debela i pokazuju sinsedimentacijske strukture. Nekoliko generacija diskordantnih žilica unutar konkordantnih rudnih tijela pripisuju se procesima postmineralizacijskih deformacija i remobilizaciji. Diskordantna rudna tijela asocirana su sa rasjednim zonama unutar naslaga permokarbonske do gornjeladiničke starosti javljaju se kao žice, ispunjenja (*eng. open-space fillings*), potiskujukarbonatne stijene

ili karbonatnicement u klastičnim stijenama vertikalno se prostiru i više od 100m i, ovisno od pozicije, završavaju na kontaktu s manje permeabilnim litostratigrafskim jedinicama srednjeg trijasa kao pločasta tijela (desetkometara široka i preko 100 m dugačka). Posebno se izdvaja "Karoli" rudnotijelo koje je jedino smješteno uz glavnu "feeder" zonu (Urbanovec-Zovčan i Karoli rasjedi). Smješteno je u olistostromi ladiničke starosti i nastalo je hidrotermalnom impregnacijom nelitificiranih sedimenta. Idrijske mineralizirane stijene bile su zahvaćene sa dvije epizode Alpskih deformacija. Usljed tektonskih pokreta u starijem Tercijaru nastaje sinklinalna struktura s osi sinklinale koja je koso ( $112^\circ$ ) u odnosu na pružanje Idrijskog grabena (I-Z). Regionalno navlačenje (SSI-JJZ) preokrenulo je sinklinalu, presjeklo ležište horizontalno u tri jedinice, dislociralo ih oko 30 km prema JJZ. Tijekom navlačenja, najdonja jedinica je zaostala i danas se vjerojatno nalazi SSZ od Idrije. Tektonski pokreti u mlađem Tercijaru presjekli su ležište desnim SZ-JI "strike-slip" rasjedima (rasjedi s pomakom po pružanju) u blokove, i izmjestili ih subhorizontalno i do 2 km. U to vrijeme dio ležišta podijeljen je uzduž Idrijskog rasjeda u ležišta Idrija i Ljubevč, dok su drugi dijelovi uzdignuti i erodirani

Veliki utjecaj na rudno ležište bio je razvitak Idrijskog rasjeda koji je i danas aktivan (Placer i Čar, 1977.). Za vrijeme srednjeg trijasa dolazi do kontinentalnog riftovanja koje zahvaća i centralni dio današnje Slovenije. Pri tome nastaje nekoliko kilometara široko tektonsko korito, a uz ovaj događaj se na južnom dijelu počeo paralelno formirati Idrijski rasjed nekoliko kilometara širok i desetak kilometara dugačak koji je aktivan i danas. Tijekom srednjeg i gornjeg trijasa, uz djelovanje stresa, nastaju daljnji rasjedi. Pukotine nastale tijekom djelovanja ovih rasjeda napravile su put duž kojeg su živine pare krenule prema gore. Na putu prema površini smanjivala se temperatura i tlak te su se pare počele kondenzirati i akumulirati u pukotinama tektonski razlomljenih stijena duž rasjeda. Djelovanjem daljnjeg stresa na ovom području došlo je do stvaranja novih pukotina koje su zatim promijenile tok živinih para kroz sediment. Otopine žive su ispunile pukotine pješčenjaka i silita u najnižim dijelovima sedimentnih slojeva.

U karbonskim silitima živu pronalazimo u prirodnom obliku, a pukotine pronađene u nakupinama pirita sadrže male količine žive. U karbonskim slojevima jako je malo žive vezano uz cinabarit što upućuje na nedostatak sumpora u ovom razdoblju jer je kao posljedica intenzivne tektonske aktivnosti uz Idrijski rasjed tijekom srednjeg trijasa došlo do ekstezivnog vulkanizma i pri tome je i potaknuto otpuštanje sumpora. Pretpostavlja se da je tijekom ovog procesa vulkanizma velik dio žive reagirao sa sumporom stvarajući cinabarit (Mlakar i

Drovenik, 1971), a za njime je slijedila kratka hidrotermalna faza koja je u rasjedni sistem dovela druge sulfidne minerale. Analize izotopa pokazale su da je manji dio sulfida magmatskog porijekla, a da je veći dio sedimentnog porijekla (Palinkaš i dr., 2004). Jedna od mogućnosti bila je da su izvor sumpora gipsne i anhidritne leće koje nalazimo u gornjopermskim dolomitima (u kojem su također nađena bogata cinabaritna orudnjenja). Drugi nositelj sumpora vjerojatno su ugljikovodici, prisutni u promjenjivim količinama u sedimentnom slijedu trijasa (Lavrič i dr., 2003). U Ladiniku je došlo do najintezivnije mineralizacije s dva uzastopna priljeva rudne otopine.

Tijekom oligocena i miocena rasjedanjem uzduž zone Idrijskog rasjeda dolazi do novih tektonskih izmjena u naslagama. Paleozojske, trijaske i kredne naslage boranjempostaju navlaka mlađim krednim i eocenskim stijinama. Kao rezultat rudno ležište je dovedeno u vertikalni inverzni položaj. Tijekom alpske orogeneze u miocenu ležište je navlačenjem došlo u poziciju današnjeg gornjeg dijela prevrnute sinklinale pri čemu je jedna trećina ležišta ostala u dubokim slojevima ispod rasjeda (Čar, 2010). Tijekom gornjeg tercijara i djelom u kvartaru jedan dio ležišta je presječen Idrijskim rasjedom te je premješten 2.5 km prema jugoistoku (Mlakar i Drovenik, 1971).

U rudnom ležištu Idrija dokumentirana je mineralizacija nastala kombinacijom metasomatskih, epigenetskih i singenetsko sedimentno-eshalativnih procesa. Ležište se formiralo tijekom dvije faze u Ladiniku (Mlakar i Drovenik, 1971; Drovenik i Pleničar, 1980; Drovenik i dr., 1990). U prvoj fazi došlo je do mineralizacije najstarijih naslaga (karbon, perm) te naslaga skita i anizika, dok se druga faza podudara s pojavama rudnih otopina i nastankom skonca naslaga te ladiničkih piroklastičnih naslaga (Liopold, 1874). Cinabarit je u prvoj fazi impregnirao stijene mineralizacijom pora i pukotina duž rasjednih zona formirajući breče i žilni tip rude. U sedimentnim sekvencama korozivne rudne otopine su rastapale kalcit koji je onda metasomatski zamijenjen cinabaritom tijekom mineralizacije. Nakon ovih procesa, nastala su bogata rudna ležišta, zamjenjujući slojeve oolitičnog vapnenca koji se nalazio u proslojcima manje propusnih donjo trijaskih glinenih škriljavaca. Drugu fazu karakterizira porast regionalnog geotermalnog gradijenta nastalog tijekom regionalnog vulkanizma u neposrednoj okolini rudnog ležišta. Stvoren je novi sustav rasjeda pa ponovno reaktivirana mineralizacija starijih ležišnih stijena (Kosmat, 1911).

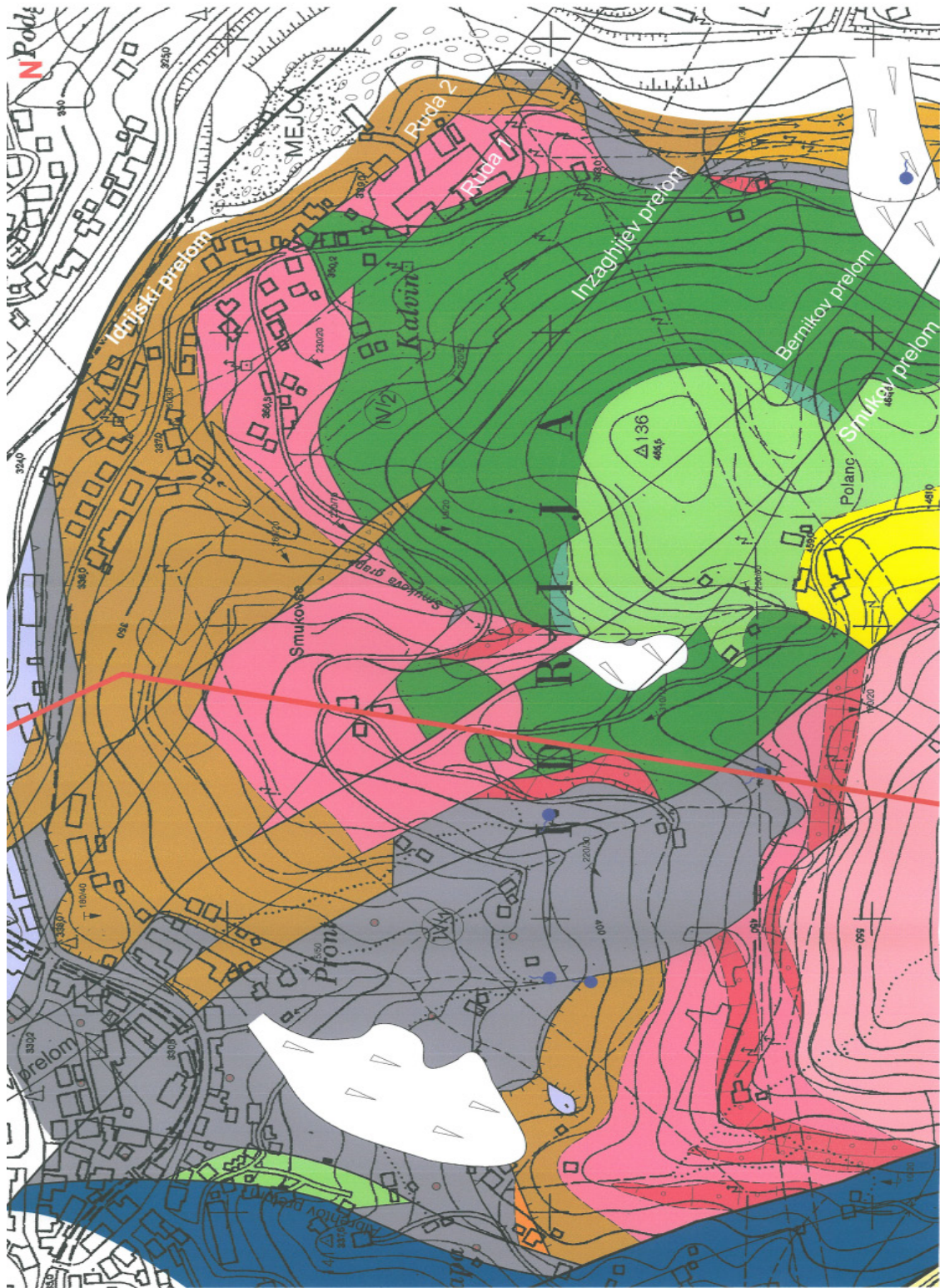


Epigenetske rude formirale su se kristalizacijom cinabarita u novo stvorenim pukotinama duž rasjeda. U istom procesu metasomatski su stvorene rude na mjestima gdje se nalaze leće gipsa, anhidrita i kalcita. Ova zamjena je najefikasnija duž slojeva vapnenca koji leže ispod nepropusnih slojeva škriljaca. Duž novostvorenih puteva u sedimentu otopine žive su prošle do bazena ispunjenog sedimentom koji se nalazi na području Idrijskog rasjeda. Nastale otopine koje su prolazile kroz sediment reagirale su sa slobodnim sumporom te su nastale rude mikrokristalastog sedimentnog cinabarita.

### 3.1. LITOSTRATIGRAFSKI RAZVOJ JEDINICA

Opis litostratigrafskih jedinica napisan je prema Geološkoj karti mjesta Idrija - rudnik živega srebra Idrija (Eržen, 2010) (Slika 3.2).

Na geološkoj karti Idrije nalazimo naslage karbonske, permske, trijaske, kredne i kvartarne starosti. Na karti nalazimo mnoštvo rasjeda za čiju posljedicu imamo zamršenu tektonsku sliku područja. Krećući od Idrijskog rasjeda na sjeveroistočnom djelu karte niz je većih rasjeda (Ruda 2, Ruda 1, Inzaghijev rasjed, Bernikov rasjed i Smukov rasjed) između kojih vidimo niz manjih što mlađih što starijih rasjeda. Nastavno u tekstu daje se prikaz naslaga u Idriji, od najstarijih do najmlađih.



**GEOLOŠKA KARTA MESTA IDRİJA**  
 Rudnik živega srebra Idrija, d.o.o.-v likvidaciji  
 Uroš Eržen, maj 2010



KREDA	KQVARTAR	HOLOGEN		Nasip			
		SPODNJA		Rečne naplavine - aluvij			
S	A	ZGORNJI	NORJ in RETJ		Svetlo sivi plastnati dolomit		
			KARNJ	CORDEVOL		Črni plastnati apnec z roženci	
		SREDNJI		LADINJ		Sivo zeleni tuf in tufit z roženci	
			FASBAN - LANGOBARD		Sivi apnec z roženci		
		T		R	SPODNJI	BKT	
			SEISERSKE PL.				Sivi oolitni apnec
IČAMPILSKE PL.					Apnenčevosjudnati glinavec, meljevec in peščenjak		
			Sivi peščenosjudnati dolomit				
PERM	SREDNJI	ZGORNJI		Črni in sivi plastnati dolomit			
		GRÖDENŠKE PL.		Sivi kremenov peščenjak in konglomerat			
KARBON				Črni skrilavi glinavec, meljevec, peščenjak in konglomerat			

	Diskordanca		Srednjetriasni prelom
	Meja nariva med Koševniško in Čekovniško vmesno lusko		Različno močni terciarni prelomi
	Meja nariva med Idrjsko in Tičensko notranjo narivno grudo		Pogreznjen blok ob terciarnem prelomu
	Meja nariva znotraj Tičenske notranje narivne grude		Normalna meja
	I. Koševniška vmesna luska		2025 Smer vpada in vpad normalnih plasti
	II. Čekovniška vmesna luska		23015 Smer vpada in vpad inverznih plasti
	IVa Idrjska notranja narivna gruda		Vrtča
	IVb Tičenska notranja narivna gruda		Rob aktivnega plazua
			Živosrebrovo orudjenje - cinabarit in samorodno živo srebro
			°S 38 Inklinometriška vrtna
			Stalen izvir
			Občasen izvir
			Brezno
			Požiralnik

**LEGENDA**  
 RUDNIK ŽIVEGA SREBRA  
 IDRİJA, d.o.o. - v likvidaciji  
 Uroš Eržen, maj 2010

terenske vaje idrija 20. - 21. maj 2010

Slika 3.2. (a) Prikaz geološke karte Idrije i (b) legenda litostratigrafskih jedinica Idrije (preuzeto iz: Eržen, 2010)

## KARBON

Najstarije stijene na ovom području su karbonske starosti. Na sjeverozapadnom dijelu karte prevladavaju karbonske naslage odvojene rasjedima od naslaga trijasa, a na naslagama karbona zapadno na karti (Slika 3.2.a i b) vidimo naslage kvartara. Uz to dio naslaga karbona uočavamo na sjevernom dijelu Idrijskog rasjeda. Jedino gdje možemo vidjeti pronalazak orudnjenja cinabaritom i živom na karti vidimo upravo u karbonskim naslagama.

Pronalazimo tamnosive škriljavce, siltite, pješčenjake i konglomerate. Orudnjenja živom i cinabaritom u stijenama karbonske starosti najviše su zastupljene u konglomeratima. Kvarc se u karbonskim konglomeratima nalazi u obliku leća čije dimenzije mogu dostizati i do nekoliko metara, a nalazimo ih u erozijskom kanalu idrijskog rudnog tijela. Silit i slojevi pješčenjaka mogu biti vrlo tanki i dobro laminirani dok se u samim silitima mogu pronaći tanki ulošci laminiranog sitnozrnatog pješčenjaka i konglomerata. U svim karbonskim stijenama pronalazimo veću ili manju količinu tinjaca te kristale pirita. Sitnozrnate stijene karbonske starosti su bogate organskim ostacima pa npr. u pješčenjacima pronalazimo ostatke biljaka što i upućuje na to da su ove stijene nastale u prodeltnim uvjetima. Škriljavost koju pronalazimo u karbonskim stijenama dokaz je o izrazitim tektonskim pomacima koji su utjecali na ovo područje i rasjedanja. To je i razlog zašto nisu ustanovljene točne veličine debljina slojeva ovih stijena.

## PERM

Permske naslage na karti (Slika 3.2.a i b) Idrije nalazimo na sjevernom dijelu u izmjeni s karbonskim i trijaskim naslagama ispresijecane rasjedima. Starije stijene donjeg perma nazvane grodenski slojevi naliježu na karbonske stijene te su zastupljene sivim kvarcnim pješčenjacima i konglomeratima, dijelom bez i dijelom sa glinovitim vezivom. U donjem dijelu nalazimo krupnozrnate konglomerate, u višim dijelovima sitnozrnate kvarcitre pješčenjake, a dalje se pješčenjaci izmjenjuju s glinastim škriljancima. Pješčenjaci su sivi ili zbog veziva blago crveni te se prijelaz može prepoznati i po bojama.

Mlađe stijene gornjeg perma predstavljene su crnim i sivim slojevitim dolomitima s fosilnim ostacima. Oni su i ujedno najstarije paleontološki dokazane stijena na području. Na tamnim slojevima naliježu nešto svjetliji dolomiti.

## TRIJAS

Trijaske naslage na karti ( Slika 3.2.a i b)ne predstavljaju pravi slijed naslaga pronađen na Idrijskom području. Na karti su vidljive naslage donjeg trijasa, te ne vidimo naslage anizičkih dolomita čija je zastupljenost velika na širem području i u jami no vidimo ostale naslage iste starosti te naslage gornjeg trijasa. Bit će prikazane stijene koje nalazimo na karti. Trijaske naslage zauzimaju centralni i jugozapadni dio karte, ispresijecane su svim većim rasjedima te ih pronalazimo i razdvojene transgresivnim granicama i u tektonskim oknima.

Naslage donjeg trijasa su skitske starosti i dijelimo ih na seiske (induanij) i campilske (olenekij). Obilježene su pojavom dolomita pa su tako prve najstarije naslage sivog donjeskitskog tinjčastog dolomita, škriljavog oolitnog vapnenca, gline i pješčenjaka koje postupno prelaze iz gornjopermskih naslaga. Nalazimo i breče, sivi dolomit s terigenim primjesama te naslage koje upućuju na prijelazne zone u kojima imamo prisustvo i dolomita i pješčenjaka. Naslage mlađeg skita predstavljene su sivim ooidnim vapnencem. Kampilske naslage nalazimo istaložene normalno na ooidne vapnence mlađeg skita; u jugozapadnom dijelu karte vidimo kako se naslage normalno nastavljaju jedne na druge dok u južnom dijelu karte nalazimo kontakt donjeg i gornjeg trijasa. Gornjoskitske naslage predstavljene su pojavom sivog zrnatog dolomita.

Anizijske naslage Idrijskog područja srednjetrijaske su starosti, predstavljene su svjetlosivim dolomitom i sivim zrnatim dolomitom ( ne vidimo ih na karti).

Anizijske naslage na Idrijskom području i okolici jako su rasprostranjene te ih nalazimo u debelim slojevima. Srednjetrijaske naslage u svojim valuticama i proslojcima sadrže ostatke aniziskog dolomita. Tako nalazimo najstarije ladinijske naslage sivog vapnenastog dolomitnog konglomerata; mlađe su naslage sivog vapnenca s rožnjakom, ove su naslage nazvane i skonca naslage; a najmlađe naslage ladinija su sivi i zeleni tufovi i tufiti. Skonca naslage bogate su organskom materijom. Srednjetrijaske naslage na karti vidimo u centralnom dijelu karte između rasjeda Ruda 2 pa sve do rasjeda Smukov i dalje. Smukov rasjed dio je naslaga doveo u dodir s karbonskim naslagama.

Gornjotrijaske naslage su naslage karnija te norija i reta. Najstarije naslage karnija su bijeli do svjetlo sivi zrnati dolomiti na koje naliježu mlađi crni slojeviti vapnenci s rožnjacima. Također u naslagama gornjeg trijasa nalazimo različite klastične stijene s

ulošcima crnog vapnenca koji je nešto mlađeg postanka u kojima su nađeni fosilni ostaci. Kao najmlađe stijene gornjeg trijasa nalazimo svjetlo sive slojevite vapnence. Gornjotrijaske naslage na karti uočavamo u južnom dijelu karte između donjotrijaskih i srednjotrijaskih naslaga u području između rasjeda te u zapadnom dijelu u kontaktu s karbonom i starijim naslagama trijasa.

## KREDA

Kredne naslage na Idrijskom području dijelimo na donjokredne i gornjokredne naslage. Naslage donje krede predstavljene su tamnosivim ponekad smeđkastim bituminoznim vapnencima u kojima se nalaze leće sivog zrnatog dolomita, a naslage gornje krede sivim do svijetlosivim (ponekad bijelim) rudistnim vapnencom. Na području opisanom našom kartom ( Slika 3.2.a i b) vidimo isključivo tamnosive bituminozne vapnence gornje krede. Isključivo na istočnom dijelu karte uz Idrijski rasjed te u vršnim istočnim dijelovima ostalih velikih rasjeda u kontaktu s karbonskim, permskim i trijaskim naslagama.

## KVARTAR

Diskordantno na gornjokrednom rudistnom vapnencu leže najmlađe naslage Idrije. Predstavljene su vapnencem, kvarcnim pješčenjacima, zelenosivim siltitima, sivim laporom i konglomeratima (kvarcno-vapnenasti). Na karti (Slika 3.2.a i b) su vidljive aluvijalne riječne naplavine te deluvijalne naslage. Na jugoistočnom dijelu karte vidimo kvartarne naslage istaložene na gornjokrednim naslagama. Također su kvartarne naslage uočene u obliku tektonskog okna u naslagama karbona na zapadnom dijelu prikaza geološke karte Idrije.

## 4. METODE TERENSKIH ISTRAŽIVANJA

U okviru geološke prospekcije terena koji se nalazi iznad idrijskog ležišta, uz korištenje geološke karte (Slika 3.2.a i b) pronađene su i determinirane prethodno opisane stijene. Nakon upoznavanja stijena na površini terena, provedena je geološka prospekcija dijela III horizonta s ciljem izrade geološke jamske karte.

Nakon izrade detaljne geološke jamske karte pristupili smo izuzimanju uzoraka. Na izuzetim uzorcima provedena je kemijska i mineraloška analiza, te su isti istraženi primjenom polarizacijskog mikroskopa.

### 4.1 METODE LABORATORIJSKIH ISTRAŽIVANJA

#### 4.1.1 Priprema uzoraka

Predobrada za daljnju analizu sastoji se od sušenja i mrvljenja. Od svakog od 12 uzoraka s terena odlomljen je dio te osušen na zraku u laboratorijskim uvjetima. Dio svakog pojedinačnog uzorka izuzet je za daljnje analize a preostali dio je spremljen. Uzorci su usitnjavani na manje komade geološkim čekićem te su kasnije usitnjeni do finog praha u ahatnom tarioniku. Kako ne bi došlo do kontaminacije uzoraka svaki je posebno označen i spremljen u vrećice.

Za mikroskopska istraživanja izrađeni su mikroskopski preparati uzoraka. Dio uzorka uzet za izradu mikroskopskog preparata reže se na manji dio te jednu stranu izravnavamo i poliramo s brusnim prahom te se zalijepi na objektno stakalce. Potom se uzorak stanjuje grubim brušenjem, a nakon toga finim brušenjem na debljinu 0,02-0,03 mm. Nakon toga se preparati boje i prekrivaju pokrovnim stakalcem.

#### 4.1.2 Mikroskopiranje

Određivanje mineraloško-petrografskih značajki (mineralni sastav, strukturno-teksturna svojstva, geneza) svih vrsta stijena u uzorcima te fotografije i analize uzoraka su napravljene pomoću Polarizacijskog mikroskopa Leica, tip DMLSP. Fotografije mikroskopiranih uzoraka, te specifičnih dijelova uzoraka napravljene su pomoću kamere Leica, tip DC 100.

#### 4.1.3 Rendgenska difrakcija na prahu

Određivanje mineralnog sastava sedimenta metodom rendgenske difrakcije na prahu određeno je na maloj količini suhog uzorka koji je samljeven u fini prah pomoću ahatnog tarionika. Uzorci su snimani rendgenskim Phillipsovom difraktometrom s  $\text{CuK}\alpha$  zračenjem. Dobivene difrakcijska slika ispitivanog uzorka uspoređuje se s difrakcijskim slikama pojedinačnih standardnih uzoraka ili se izmjerene vrijednosti  $d$  i  $l$  uspoređuju s difrakcijskim podacima za prah pojedinačnih kristalnih tvari u Powder Diffraction File (PDF).

Za kvalitetnu analizu većinom je potrebno monokromatsko rendgensko zračenje točno određene valne duljine. Obično se radi s  $\text{K}\alpha$  zračenjem. Da bi se uklonile ostale valne duljine rabe se metalni filtri koji apsorbiraju nepoželjni dio spektra, kao i kristalični monokromatori (optičke rešetke), obično grafitni. Metalni filtar apsorbira sve zračenje čija je valna duljina ispod apsorpcijskog praga tog metala. Izbor materijala za filtar ovisi o metalu od kojeg je načinjena anoda u rendgenskoj cijevi, i bira se tako da mu apsorpcijski prag bude nešto ispod valne duljine  $\text{K}\alpha$  linije.

Polikristalični praškasti uzorci u današnje se vrijeme većinom analiziraju instrumentom difraktometrom. Uzorak se rotira goniometrom čime se mijenja upadni kut zračenja. Rotacijom se mijenja difrakcijski kut, difraktirano zračenje, odnosno njen intenzitet, mjeri se detektorom. Dobiveni električni signal se pojačava i šalje na pisač ili danas na računalo, čime nastaje difraktogram, grafički prikaz ovisnosti intenziteta difraktiranog zračenja o difrakcijskom kutu. Instrument bilježi kut zakretanja brojača, koji je jednak  $2\theta$ . Svaki kristalični materijal ima svojstveni difraktogram: položaji difrakcijskih maksimuma ovise o geometriji kristalne ćelije, a njihov intenzitet o broju, vrsti i položaju atoma u njoj. Dvije različite tvari ne mogu dati isti difraktogram, pa ako su dva difraktograma identična znači da su i oba uzorka identična. To je i temelj kvalitativne rendgenske analize, tj. identifikacije nepoznatih kristalinih uzoraka.



#### 4.1.4 Inducirana spregnuta plazma-masena spektrometrija (ICP-MS)

Analize su napravljene u ACME Analytical Laboratories u Vancouveru u Kanadi. Na prahu su determinirani glavni elementi, elementi u tragovima i elementi rijetkih zemalja (REE). Masena spektrometrija s induktivno spregnutom plazmom (ICP-MS) je tehnika u kojoj se induktivno spregnuta plazma koristi kao ionizacijski izvor, a detekcija se vrši masenom spektrometrijom. Kod ICP-MS instrumenta koristi se maseni spektrometar visoke rezolucije, koji kombinacijom fizičkog ograničavanja snopa iona prolaskom kroz usku pukotinu različitih dimenzija, te specifične konstrukcije MS (dvostruko fokusiranje u elektrostatskom i magnetskom polju) omogućuju znatno preciznije fokusiranje izotopa i korištenje različite rezolucije. Instrument karakterizira visoka osjetljivost, velik linearni raspon i mogućnost paralelnog određivanja 50 elemenata. Inducirana spregnuta plazma-masena spektrometrija je tip masene spektrometrije vrlo visoke osjetljivosti i sposobnosti determiniranja metala i nekih nemetala u koncentracijama manjim od 1 ppt (part per trilion).

Postupak je sljedeći: uzorak se u obliku otopine ili finog aerosola uvodi u plazmu argonovih atoma temperature do 10 000 K. Pri tom svi atomi i molekule prelaze u ionsko stanje, te se zatim uvode u maseni spektrometar kroz ulaznu pukotinu. Pomoću sustava elektrostatičkih leća ioni se ubrzavaju i fokusiraju u zraku. Zraka zatim ulazi u maseni analizator gdje se ioni separiraju s obzirom na omjer masa/naboj na temelju svoje putanje u oscilirajućem električnom polju proizvedenom u analizatoru. U određenom trenutku analizator propušta samo ione s određenim omjerom mase i naboja koji stižu do detektora, te na taj način mjeri koncentraciju nekog elementa.

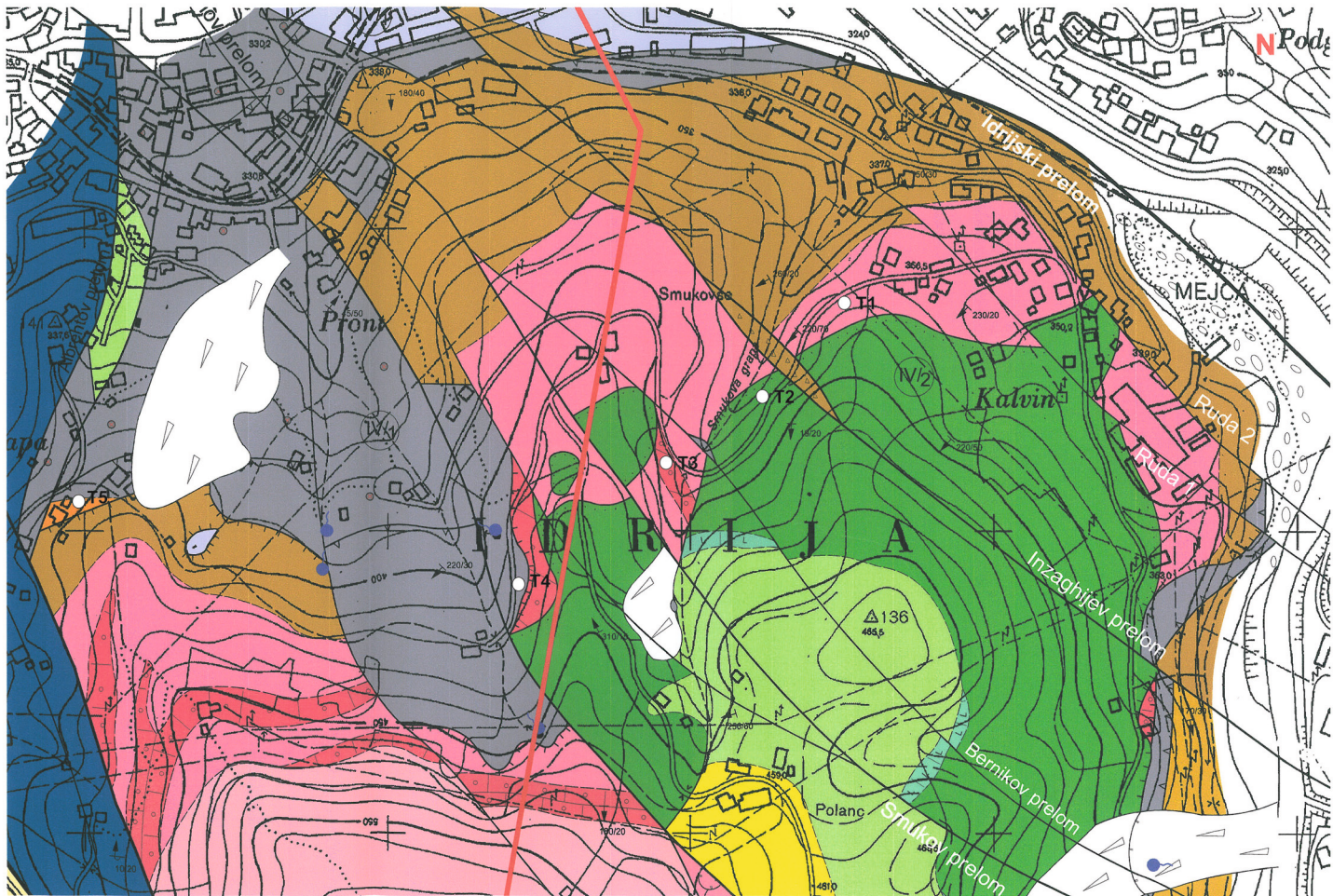
## 5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

### 5.1. REZULTATI TERENSKIH ISTRAŽIVANJA IZNAD RUDNIKA

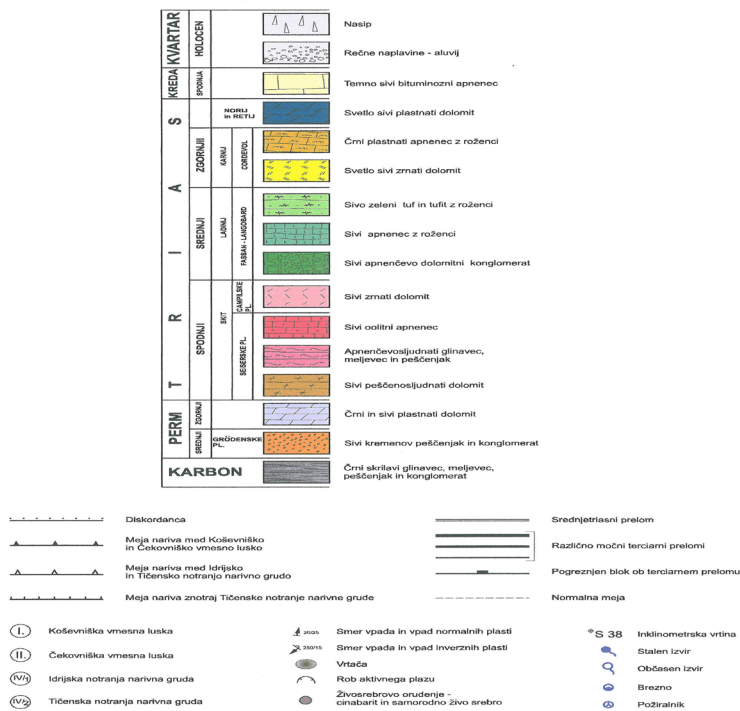
Prije ulaska u rudnik izvršena je geološka prospekcija područja na površini iznad samog rudnog ležišta gdje su na terenu determinirane glavne površinske pojave stijena na 5 lokacija. Njihove pozicije utvrđene su primjenom GPS uređaja i označene na geološkoj karti (Slika 5.1). U tablici 5.1 su opisane pronađene stijene.

Tablica 5.1 Opis stijena pronađenih na površini terena

<b>Broj točke</b>	<b>Opis stijene</b>
<b>Točka 1</b>	Donjoskitski pješčenjak
<b>Točka 2</b>	Ladinički sivi dolomitni konglomerat
<b>Točka 3</b>	Leće donjeskitskog oolitnog vapnenca u donjoskitskom pješčenjaku
<b>Točka 4</b>	Karbonski škriljavac; kontakt
<b>Točka 5</b>	Gredenski pješčenjak



**GEOLOŠKA KARTA MESTA IDRİJA**  
 Rudnik živega srebra Idrija, d.o.o.-v likvidaciji  
 Uroš Eržen, maj 2010



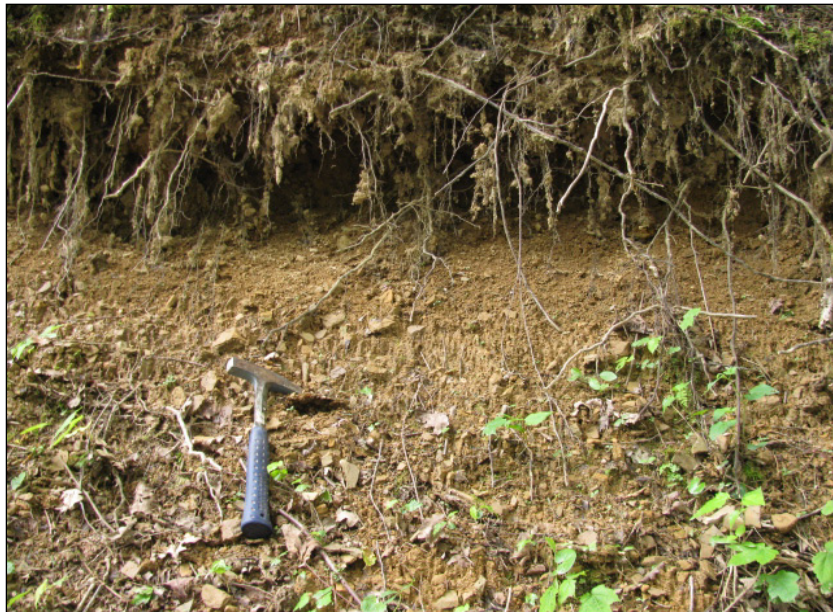
**LEGENDA**  
 RUDNIK ŽIVEGA SREBRA  
 IDRİJA, d.o.o.-v likvidaciji  
 Uroš Eržen, maj 2010

terenske vaje Idrija 20.-21. maj 2010

Slika 5.1. Prikaz terenskih točk izmjenih GPS-om

Izdanci se mogu vidjeti na mjestima usjeka ceste, prekriveni su vegetacijom, a debljine slojeva ne mogu se odrediti već je na mjestima gdje su vidljivi izdanci izvršena determinacija. Na terenu su glavne zastupljene stijene pješčenjaci u kojima pronalazimo leće vapnenca i dolomita. Kontakti vidljivi na slikama dokaz su zamršene tektonske slike koju vidimo iz geološke karte Idrije (Slika 5.1).

Na točki 1. nalazimo donjoskitski pješčenjak. Materijal je svjetlo žute do svjetlo smeđe boje, sitnozrnat i rastresit (Slika 5.2). Prostire se na širem proučavanom području te je obogaćen organskom materijom.



Slika 5.2. T1- donjoskitski pješčenjak

Na 2. točki nalazimo ladinički sivi dolomitni konglomerat. Stijena je gusto pakirana, sive do svijetlosive boje (Slika 5.3). U litostratigrafskom smislu predstavlja stijenu koja pripada sivim vapnenačko dolomitnim konglomeratima.



Slika 5.3. T2- ladinički sivi dolomitni konglomerat

Točka 3. predstavlja leće donjeskitskog oolitnog vapnenca u donjoskitskom pješčenjaku (Slika 5.4). Oolitni vapnenac pronazimo na terenu kao leće u donjoskitskom pješčenjaku koji je vidljiv i na točki 1, svjetlo žute do svjetlo smeđe boje, sitnozrnat i rastresit. Donjoskitski oolitni vapnenac vidimo na slici 5.5. kao leću. Svjetlo sive je boje, gusto pakiran i vidimo



jasno fosilne ostatke.

Slika 5.4. T3- leće donjeskitskog oolitnog vapnenca u donjoskitskom pješčenjaku



Slika 5.5. T3- leće donjeskitskog oolitnog vapnenca u donjoskitskom pješčenjaku; prikaz leće izbliza

Na točki 4. utvrdili smo karbonski škriljavac koji predstavlja najstariju stijenu s ovog područja. Škriljavac je tamno smeđe do gotovo crne boje, srednjezrnat i u površinskom dijelu rastresit. Na slici 5.6. vidljiv je karbonski škriljavac, dok je na slici 5.7. jasno vidljiv kontakt donjoskitskog pješčenjaka (predhodno opisanog u T1 i T3) s karbonskim škriljavcem.



Slika 5.6. T4- karbonski škriljavac



Slika 5.7. T4- karbonski škriljavac u kontaktu sa donjoskitskim pješčenjakom

Točka 5. predstavlja gredenski pješčenjak svjetlo smeđe boje. Pješčenjak je srednjezrnat i rastresit. (Slika 5.8)



Slika 5.8. T5– gredenski pješčenjak



## 5.2. REZULTATI TERENSKIH ISTRAŽIVANJA U RUDNIKU

U rudniku je kartirano 50 metara hodnika koji se nalazi na II horizontu smještenom 120 metara od površine terena. Izrađena je jamska geološka karta na način da su kartirani strop i bokovi hodnika te je u konačnici sačinjena karta (prilog 1 i 2). Zapaženi su tipovi stijena i kontakti između pojedinih tipova stijena (npr. rasjed, diskordancija) te strukturni elementi (pukotine, rasjedi). Obzirom na izraženu tektoniku i brojnost rasjeda različitih starosti, pokušali smo prepoznati rasjede i obzirom na njihovu relativnu starost (mlađi i stariji rasjedi). Točkastom metodom uz pomoću geološkog čekića izuzeto je 12 uzoraka za daljnju analizu iz lijevog i desnog boka hodnika. Uzorci su spremljeni u vrećice kako bi se izbjegla kontaminacija i miješanje te su označeni terenskim brojevima. Navedenim uzorcima u laboratoriju su pridruženi laboratorijski brojevi (4672-4683). U tablici su predstavljene uzorci s determinacijom stijena te je opisan svaki položaj uzimanja u hodniku.

Tablica 5.2. Determinacija stijena u hodniku rudnika

Laborat orijska oznaka	Determinacija	Položaj u hodniku rudnika	Položaj u hodniku rudnika u m	Rasjedna zona	Mlađi/stariji rasjedi prisutni
4672	Karbonski škriljavac	Desni bok	17 m	-	+
4673	Gredenski pješčenjak	Desni bok	16 m	-	+
4674	Gredenski pješčenjak	Desni bok	15 m	-	+
4675	Rasjedna zona (kontakt između gredenskog pješčenjaka i anizičkog dolomita)	Desni bok	13 m	+	+
4676	Anizički dolomit	Desni bok	10 m	-	+
4677	Anizički dolomit	Desni bok	8 m	-	+
4678	Dolomit u kontaktu s pješčenjakom (orudnjeni dolomit)	Desni bok	3 m	-	+
4679	Bazalni pješčenjak	Desni bok	5 m	-	+
4680	Tamni uložak u bazalnom pješčenjaku	Desni bok	5 m	+	+
4681	Rasjedna zona (kontakt između bazalnog pješčenjaka i brečiranog dolomita)	Desni bok	13 m	+	+
4682	Brečirani dolomit	Lijevi bok	16 m	-	+
4683	Brečirani dolomit	Lijevi bok	25 m	-	+

Na jamskoj karti hodnika na III horizontu u rudniku žive Idrija prikazana su dva segmenta hodnika, jedan dužine 20 metara (20-0 m) i drugi dužine 30 metara (0-30 m) (prilog 1). Uzorci sa oznakama od 4672 do 4678 izuzeti su u prvom segmentu hodnika (20-0 m), a uzorci s oznakama od 4679 do 4683 izuzeti su u drugom segmentu hodnika (0-30 m)(prilog 1 i 2).

Prvi segment započinje od 20-og metra, prva jedinica koju pronalazimo je karbonske starosti predstavljena je tamnim sivim škriljavcem (uzorak 4672). Dalje prelazimo u gredenske naslage (uzorci 4673, 4674) svjetlije smeđe boje u kojima pronalazimo pješčenjake i gline. Na prijelazu, između 17- og i 16- og metra nailazimo na granicu naslaga karbona i perma. Na 14- om metru započinje izražena rasjedna zona (Slika 5.9), crne ispune, gdje je kontakt dvaju jedinica (uzorak 4675), naslaga gredena i anizika.



Slika 5.9. Račvanje dvaju rasjeda, prvi segment, lijevi bok i strop, 12 m, na lijevo od rasjeda vidimo anizički dolomit, a desno gredenski pješčenjak

Oko 11- og metra započinju naslage srednjeg trijasa predstavljene sivim zrnatim anizičkim dolomitom (uzorci 4676 i 4677). Naslage anizičkog dolomita prostiru se sve do 0 og metra prvog segmenta te ga vidimo i na početku drugog profila gdje je jasna granica sa idućom jedinicom. U dolomitu vidimo stariji rasjed koji je presječen djelovanjem mlađih

rasjeda, teško je utvrditi njihove smjerove i njihovo se pružanje nastavlja u druge hodnike, anizički je dolomit jako tektoniziran te je teško utvrditi daljnje rasjede. Oko 3 metra pred kraj hodnika nailazimo na orudnjenu zonu (Slika 5.10) s mogućim nakupinama cinabarita i pirita u naslagama anizičkog dolomita koji je u kontaktu s naslagama pješčenjaka (uzorak 4678).



Slika 5.10. Orudnjenje u anizičkom dolomitu, prvi profil, desni bok, 3 m

Drugi segment započinje 0- im metrom te je izravno nastavak prvog segmenta s anizičkim naslagama dolomita (Slika 5.11) koje u gornjem dijelu sadrže orudnjenje cinabaritom i piritoma nalazimo i epsomit (Slika 5.12).



Slika 5.11. Anizički dolomit, prvi profil, desni bok, 10 m



Slika 5.12. Epsomit pronađen u anizičkom dolomitu, drugi profil, desni bok, 3 m

Nastavljaju se naslage srednjeg trijasa predstavljene bazalnim pješčenjakom (uzorak 4679) koji je od prijašnjih naslaga trijasa odvojen manjim starijim rasjedom. Na 5 metru nailazimo na rasjednu zonu uz koju prijanja zona tamne ispune u bazalnom pješčenjaku (uzorak 4680) koja se nastavlja na kontaktnu zonu prijelaza između pješčenjaka i brečiranih dolomita srednjeg trijasa.

Između 10 og i 15 metra u kontaktnoj zoni bazalnog pješčenjaka i brečiranih dolomita nalazimo zanimljivu strukturu presijecanja rasjeda gdje je vidljiv pomak starije nastalog rasjeda uz mlađi rasjed kojemu se struktura nastavlja u gornji hodnik. Iz rasjedne zone izuzet je uzorak (4681) koji predstavlja zonu između starijeg i mlađeg rasjeda. Naslage determinirane u ovom području su prijelazne naslage između bazalnog pješčenjaka i brečiranih dolomita okarakterizirane velikim blokovima brečiranih dolomita zdrobljenih tektonskim pokretima uloženim u materijal koji se nalazi između blokova. Materijal koji služi kao vezivo u tektoniziranom rascjepu (Slika 5.13) sastoji se od pješčenjaka, gline, praha i organske materije, a vidljive su i pojave epsomita i cinabarita.



Slika 5.13. Kontaktna zona s rasjedima s ispunom pješčenjaka, gline, praha i organske materije, drugi segment, strop, 12 m

Od 15 metra pa do kraja drugog segmenta nailazimo na naslage ladiničkih brečiranih dolomita. Na 25 metru uočavamo početak mlađeg rasjeda (Slika 5.14) koji se nastavlja do 30 metra i ide dalje (Slika 5.15), a stvara zanimljivu strukturu jer presijeca na 27 metru desnog boka hodnika veći stariji rasjed koji nestaje u kontaktu s mlađim (Slika 5.16). Osim tog kontakta mlađi rasjed se na stropu sastaje s starijim rasjedom (iscrtkano crveno prikazan na

profilu) koji je prije presjekao još stariji rasjed. Uzorak uzet iz rasjednutog područja (4683) determiniran je kao brečirani dolomit.



Slika 5.14. Brečirani dolomit, mlađi rasjed, drugi segment, lijevi bok, 25 m



Slika 5.15. Brečirani dolomit, mlađi rasjed, njegovo prostiranje u hodniku, drugi segment, lijevi bok i strop, 25-30 m



Slika 5.16. Brečirani dolomit, stariji rasjed kojeg presijeca mlađi rasjed vidljiv na slikama 5.14 i 5.15, drugi segment, desni bok 27-30 m



### 5.3 REZULTATI MIKROPETROGRAFSKIH ANALIZA

Na terenu su prikupljeni reprezentativni uzorci stijena, od kojih su načinjeni mikroskopski preparati, koji su potom mikropetrografski analizirani, opisani, determinirani i fotodokumentirani. U tablici 5.3. su prikazani minerali koji su utvrđeni u uzorcima. Također su prikazani laboratorijski brojevi uzoraka (4672-4683) , oznake mikroskopskih preparata (ID 1 do ID 12) s iznimkom uzoraka 4675 i 4681, od kojih nije bilo moguće napraviti valjani mikroskopski preparat. Prikazane su i ispolirane pločice nekih uzoraka (5.17).

Tablica 5.3 Prikaz minerala mikroskopiranih na determiniranim uzorcima

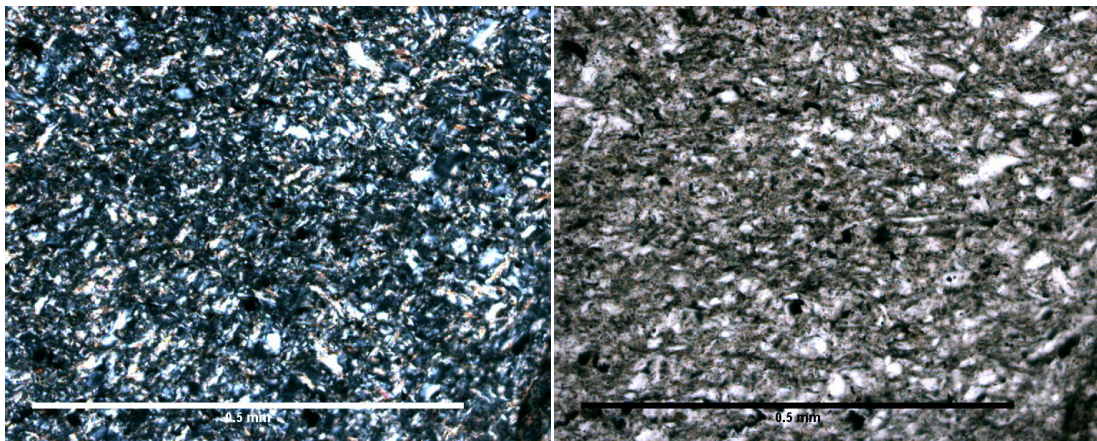
Lab. oznaka	Mikr. prepa rat	Determinacija uzorka na terenu	Determinacija mikroskopskog preparata	kvarc	tinjci	opaki min.	fosilni ostatci	cin abarrit	pirit
4672	ID 1	Karbonski škriljavac	silit do laminirani silit/šejl.	+	+	+			+/-
4673	ID 2	Gredenski pješčenjak	srednjeznasti pješčenjak	+		+			
4674	ID 3	Gredenski pješčenjak	srednjeznasti pješčenjak	+		+			
4676	ID 5	Anizički dolomit	dolomit				+	+	+
4677	ID 6	Anizički dolomit	dolomit				+		
4678	ID 7	Dolomit u kontaktu s pješčenjakom (orudnjeni dolomit)	kontakt dolomita i pješčenjaka					+	
4679	ID 8	Bazalni pješčenjak	brečirani pješčenjak	+					+
4680	ID 9	Tamni uložak u bazalnom pješčenjaku	silit do laminirani silit/šejl	+	+				+
4682	ID 11	Brečirani dolomit	brečirani ranodijagenetski dolomit	+			+		
4683	ID 12	Brečirani dolomit	brečirani ranodijagenetski dolomit				+		



Slika 5.17. Fotografija ispoliranih pločica uzoraka ID 1, ID 2, ID 3, ID 5, ID 6, ID 7, ID 8, ID 9 I ID 10

## UZORAK ID 1

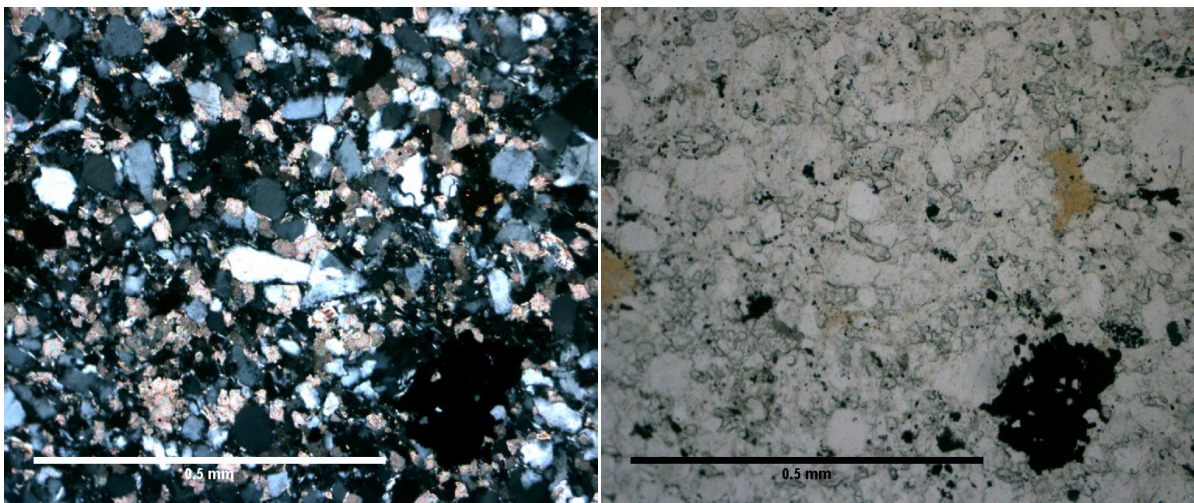
Uzorak ID 1 predstavlja tamnu, klastičnu, sitnozrnastu sedimentnu stijenu, uzorkovanu iz desnog boka hodnika. Zrna su dobro sortirana i gusto pakirana te su djelomice subparalelno orijentirana. Uočavamo dobro sortirana sitna zrna kvarca te tinjce. Unutar sitnozrnaste osnovne mase kvarca i tinjaca, uočavaju se i pojedinačna zrna crnih opakih minerala, najvjerojatnije pirita (5.18 a). Bez analizatora (Slika 5.18 b) uočava se relativno srednja sortiranost zrna, i navedene crne, opake minerale. Stijena se sastoji od pretežito zrna kvarca i čestica veličine manjih od 0,063 mm pa je svrstavamo u sitnozrnate, pelitne sedimente, a prema klasifikaciji Pottera i dr.svrstavamo ovu stijenu u siltite. Stijena je determinirana kao SILTIT do LAMINIRANI SILTIT/ŠEJL (Tišljar, 2004). Ova je stijena prijelazni litološki član između taložina pijesaka i sitnozrnastih glinovitih sedimenta, taložen u mirnoj slabo pokretljivoj vodenoj sredini.



Slika 5.18 Mikrofotografije uzorka ID 1-SILTIT do LAMINIRANI SILTIT/ŠEJL; a –s analizatorom, b – bez analizatora

## UZORAK ID 2

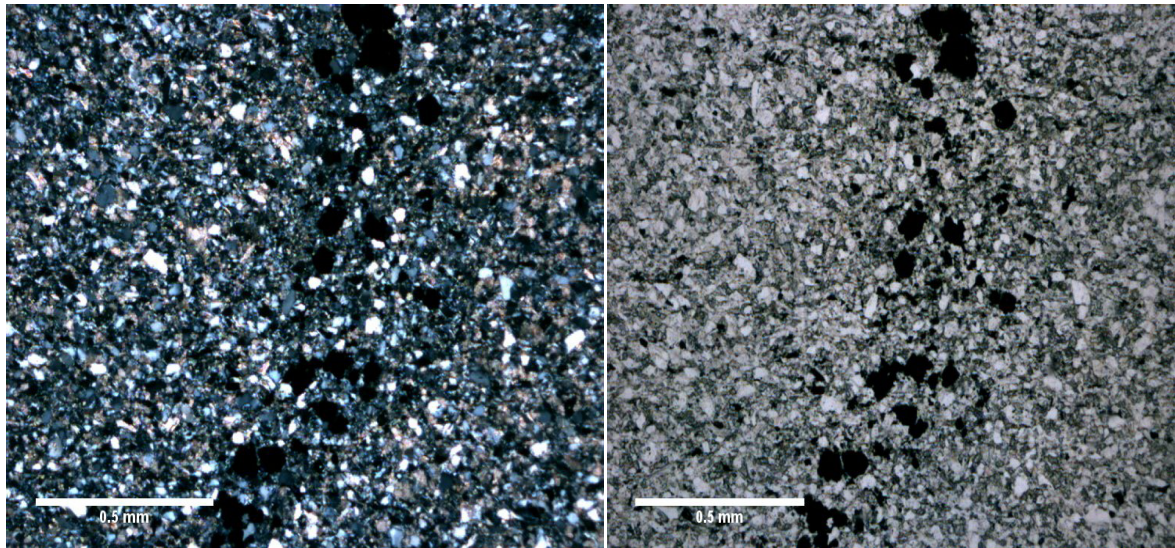
Uzorak ID 2 predstavlja svijetlu, klastičnu, srednjeznastu sedimentnu stijenu, uzorkovanu iz desnog boka hodnika. Na mikrofotografijama (Sl. 5.19 a, b) se mogu uočiti s kvarcna zrna i karbonatno vezivo te manje ili veće nakupine crnih, izotropnih minerala. Klasti su uglavnom kvarcna zrna, srednje sortirana i srednje zaobljena, te se podređeno uočavaju i odlomci stijena, uglavnom kvarcita. Tinjci nisu uočeni u preparatu. Stijena je srednje gusto pakirana, s točkastim i eventualno tangencijalnim kontaktima među klastima. Prema veličini zrna stijenu smo svrstali u pješčenjake (0.063-2 mm). U uzorku smo primijetili kako se stijena sastoji pretežno od kvarcnih zrna uz manje od 15 % matriksa što ga svrstava u arenite, a činjenica da su zrna pretežno kvarca svrstava ovu stijenu u kvarcne arenite. Klasifikacija na temelju međusbnog udjela kvarca, odlomaka stijena, feldspata i matriksa odrađujemo prema Pettijohnu i dr. Stijena je dakle determinirana kao SREDNJEZRNASTI PJEŠČENJAK tipa KVARCNOG ARENITA (Tišljara, 2004). Sedimentološki to su pješčenjaci visokog stupnja petrološke zrelosti.



Slika 5.19. Mikrofotografije uzorka ID 2 –SREDNJEZRNASTI PJEŠČENJAK; a - s analizatorom, b –bez analizatora

### UZORAK ID 3

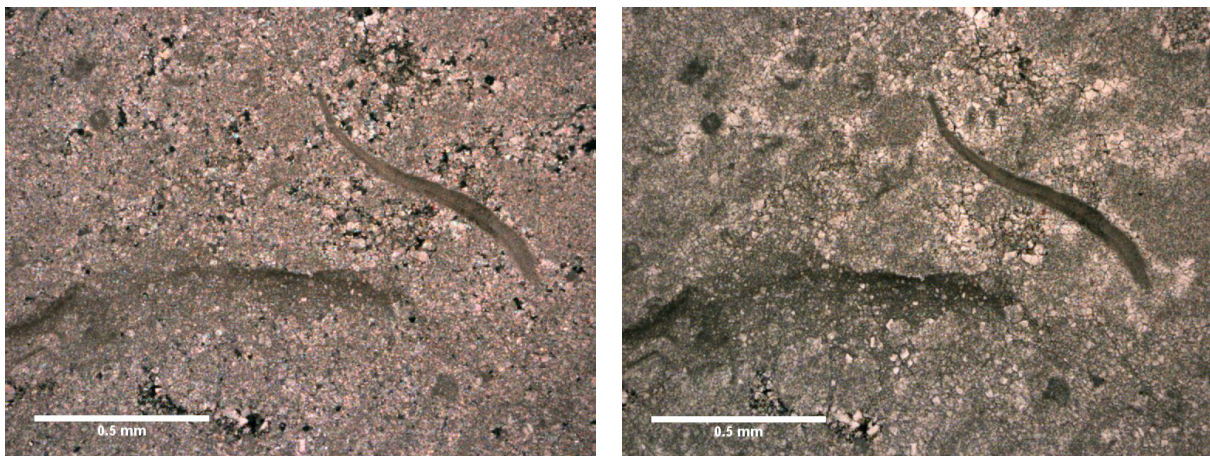
Uzorak ID 3 predstavlja svijetlu, sitnozrnastu stijenu, uzorkovanu iz desnog boka hodnika. Mikrofotografije (Sl. 5.20 a, b) pokazuju pješčenjak s kvarcom i karbonatnim cementom te s manjim ili većim nakupinama crnih, izotropnih minerala. Nema tinjaca. Klasti su uglavnom kvarcna zrna, dobro sortirana i srednje zaobljena. Ovaj uzorak se, od uzorka ID 2 razlikuje po tome što ima sitnozrnastiju strukturu. Pješčenjak je gusto pakiran s točkastim i eventualno tangencijalnim kontaktima među klastima. S obzirom da je uzorak ID 3 prema svojem sastavu i strukturi kao i uzorak ID 2 sastavljen od pretežno kvarcnih zrna s manjim postotkom matriksa koristit ćemo istu klasifikaciju. Stijena je determinirana kao SREDNJEZRNASTI PJEŠČENJAK tipa KVARCNOG ARENITA (Tišljar, 2004). Sedimentološki to su pješčenjaci visokog stupnja petrološke zrelosti.



Slika 5.20 Mikrofotografije uzorka ID 3 -SREDNJEZRNASTI PJEŠČENJAK; a - s analizatorom, b –bez analizatora

## UZORAK ID 5

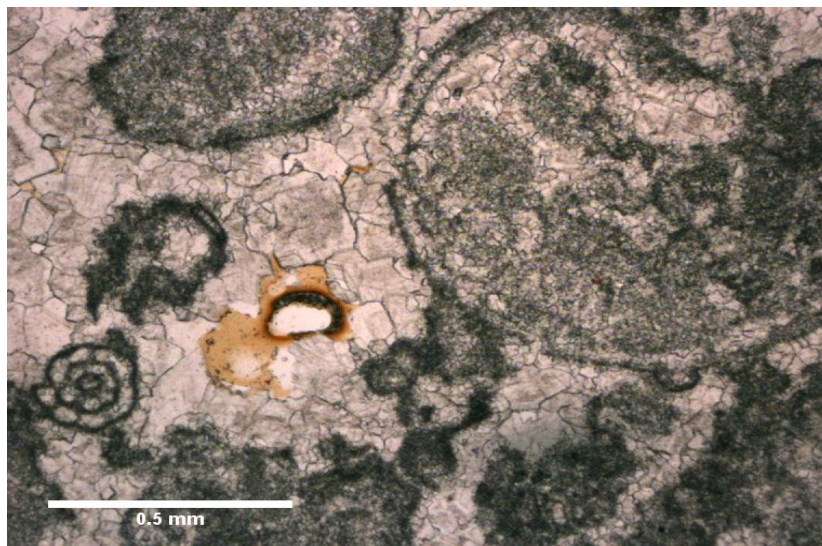
Uzorak ID 5 predstavlja svjetlu sitnozrnastu karbonatnu stijenu, uzorkovanu iz desnog boka hodnika. Na mikrofotografijama (Sl. 5.21 a, b) uočavamo kristalastu, sitnozrnastu, hipidiomorfnu strukturu dolomita. Primarnu strukturu uočavamo diskretnim zonama, u kojima su uklopljena i crna zrna izotropnih minerala, vjerojatno pirita i/ili cinabarita. Uočavamo i fosilne ostatke školjkaša s tankim ljušturama (Sl. 5.21 a), koji predstavljaju ostatke primarne strukture vapnenca. Sitnozrnasta struktura omogućava potpuno očuvanje primarnih teksturnih i strukturnih značajki vapnenačkog taloga i nakon njegove potpune ranodijagenetske dolomitizacije. Također na ranu dolomitizaciju upućuju ostaci fosila školjkaša. Zbog zadržavanja primarnih strukturnih komponenata vapnenačkih taloga kod opisa primjenjujemo Folkovu klasifikaciju strukturnih tipova vapnenaca uz prefiks dolo. Kod uzorka ID 5 uočavamo strukturu tipa intrasparit pa je stijena determinirana kao RANODIJAGENETSKI DOLOMIT tipa DOLOINTRASPARIT (Tišljarić, 2001). Ove stijene nastaju tijekom sedimentacijskih procesa ili ubrzo nakon njih.



Slika 5.21 Mikrofotografije uzorka ID 5 (bez analizatora) RANODIJAGENETSKI DOLOMIT; a – heterogena struktura ID 5, b – fosilni ostatci

## UZORAK ID 6

Uzorak ID 6 predstavlja svijetlu, sitnozrnastu stijenu, uzorkovanu iz desnog boka hodnika. Na mikrofotografiji (Slika 5.22. ) vidimo sitnozrnasti, hipidiomorfni dolomit, kod kojega uočavamo ostatke primarne strukture vapnenca. U nakupinama po cijelom uzorku vidimo crna zrna koja ukomponirano imaju ostatke primarne strukture. Osim nakupina minerala uočavamo i različite dolomitizirane fosile (foraminifere, puževe). U nakupinama crnih, opakih minerala uočavamo i epigenetska orudnjenja cinabaritom ili piritom, kao i kod uzorka ID 5. Stijena je primarno bila tipa vapnenac grejnston do radston, što nam govori međusobna zrska potpora te karbonatni cement između pora (prema Tišljar, 2001), koji je potom ranodijagenetski dolomitiziran. Vapnenac tipa grejnston do radston klasificirana je prema Dunhamovoj klasifikaciji i primjenjuje se pri makroskopskim opisima vapnenca i opisuje vapnenac sastavljen od zrna s međusobnom potporom, a između njih je izlučen cement. Kao i kod uzorka ID 5 vidimo ostatke primarne strukture vapnenca te fosilne ostatke što nas upućuje na ranodijagenetski dolomit. Primjenjujemo Folkovu klasifikaciju strukturnih tipova vapnenaca uz prefiks dolo pri čemu se u ovom uzorku u odnosu na prethodni vidi veći broj fosilnih ostataka pa struktura više nalikuje biosparitu. Stijena je determinirana kao RANODIJAGENETSKI DOLOMIT tipa DOLOBIOSPARIT (Tišljar, 2001).Ove stijene nastaju tijekom sedimentacijskih procesa ili ubrzo nakon njih.

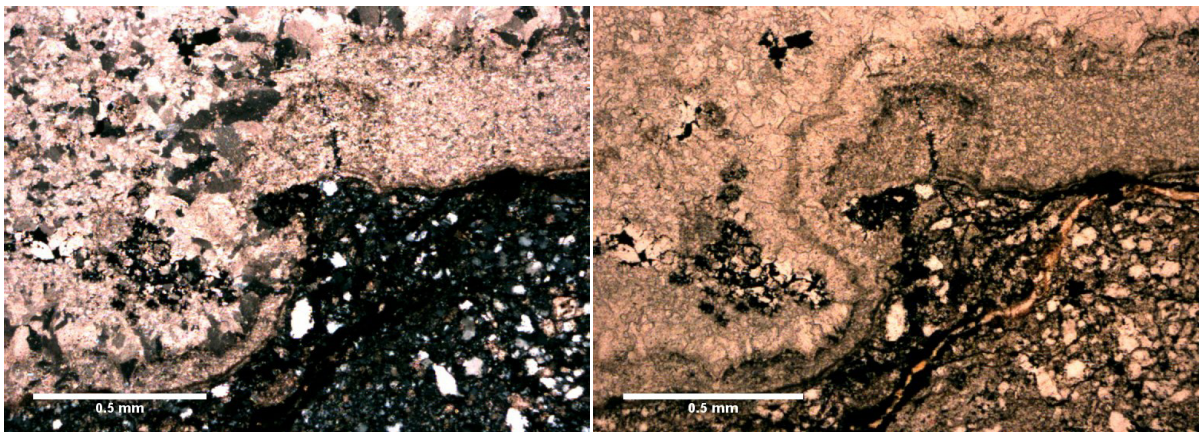


Slika 5.22. Mikrofotografija uzorka ID 6 – RANODIJAGENETSKI DOLOMIT



## UZORAK ID 7

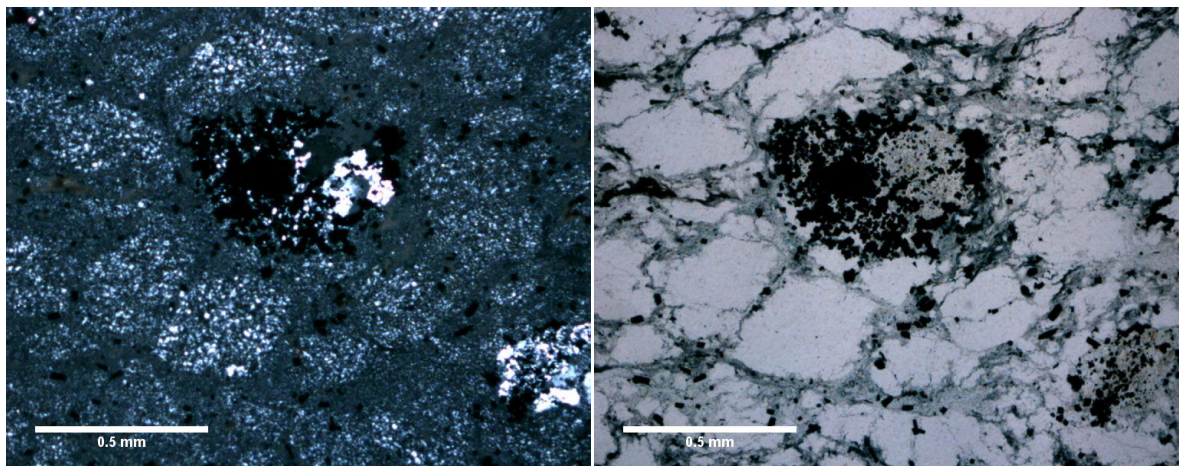
Uzorak ID 7 predstavlja svijetlu, sitnozrnastu karbonatnu stijenu (dolomit), uzorkovan u kontaktu s klastičnom, srednjezrnastom stijenom (pješčenjacom) iz desnog boka hodnika. Na mikrofotografijama vidimo sitnozrnasti hipidiomorfni dolomit, kod kojega ne uočavamo primarnu strukturu (Slika 5.23 a i b) . U nakupinama po cijelom uzorku vidimo crna zrna koje imaju ukomponirane minerale crvenkaste boje, vjerojatno cinabarit. Jasno vidimo kontakt dolomita i pješčenjaka te se na tom kontaktu vide žilice, koje su zapunjene tamnosmeđim mineralima. U djelu uzorka u kojem vidimo pješčenjaka je sitnozrnast, s pojedinim klastima malo većih dimenzija te i u tom dijelu uočavamo tamne uklopke. Pješčenjaka koji je vidljiv u ovom uzorku je vrlo sličan (vjerojatno identičan) brečiranom pješčenjaku, opisanom u sljedećem uzorku (ID 8), gdje ga nalazimo kao klaste u sitnozrnastoj breči. Stijena je determinirana kao KONTAKT DOLOMITA i PJEŠČENJAKA (Tišljarić, 2001).



Slika 5.23 Mikrofotografije uzorka ID 7 KONTAKT DOLOMITA i PJEŠČENJAKA; a - s analizatorom, b –bez analizatora

## UZORAK ID 8

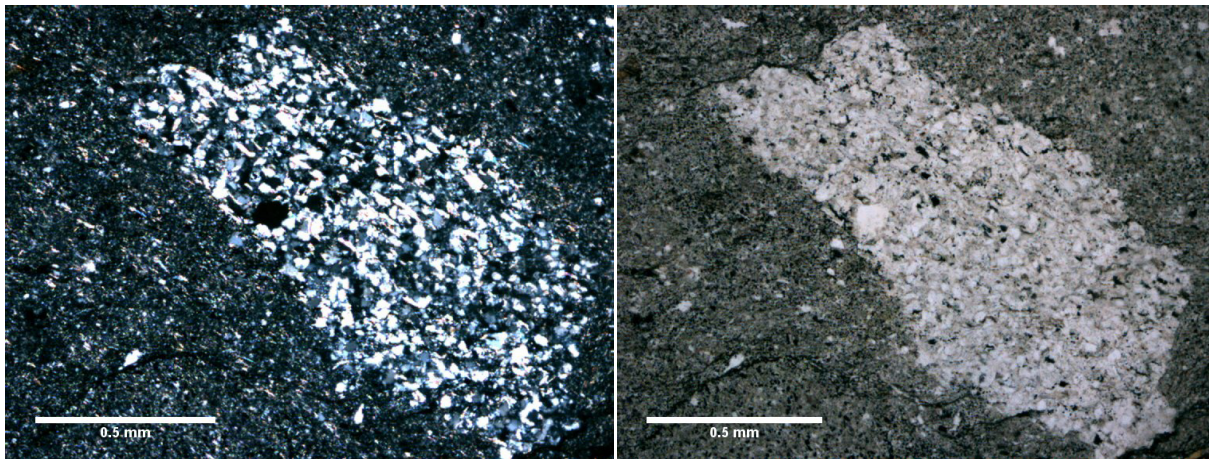
Uzorak ID 8 predstavlja svijetlu stijenu, brečolikog izgleda, uzorkovanu iz desnog boka hodnika. Nastala je od klasta istog tipa opisanog u prethodnom uzorku. To su klasti pješčenjaka, koji izgledaju djelomice metamorfozirani. Struktura je obilježena klastima veličine sitnozrnastih breča do krupnozrnastih pješčenjaka, a izgleda da je uzorak nastao brečiranjem *in situ*. Građa je nodulasta, a između klasta ima dosta nakupina tamnih izotropnih minerala, vjerojatno pirita (Sl 5.24 a). Stijena je nastala uslijed kompakcije rožnjaka ili kvarcita. I u pojedinim klastima također uočavamo rudne minerale (Sl 5.24 b). Stijena je determinirana kao BREČIRANI I METAMORFOZIRANI PJEŠČENJAK do MILONITNA BREČA (Tišljar, 2001). Ovakva stijena nastaje u zonama rasjedanja, intezivnog tektonskog drobljenja i milonitizacije.



Slika 5.24 Mikrofotografije uzorka ID 8 –BREČIRANI I METAMORFOZIRANI PJEŠČENJAK do MILONITNA BREČA; a - s analizatorom, b –bez analizatora

## UZORAK ID 9

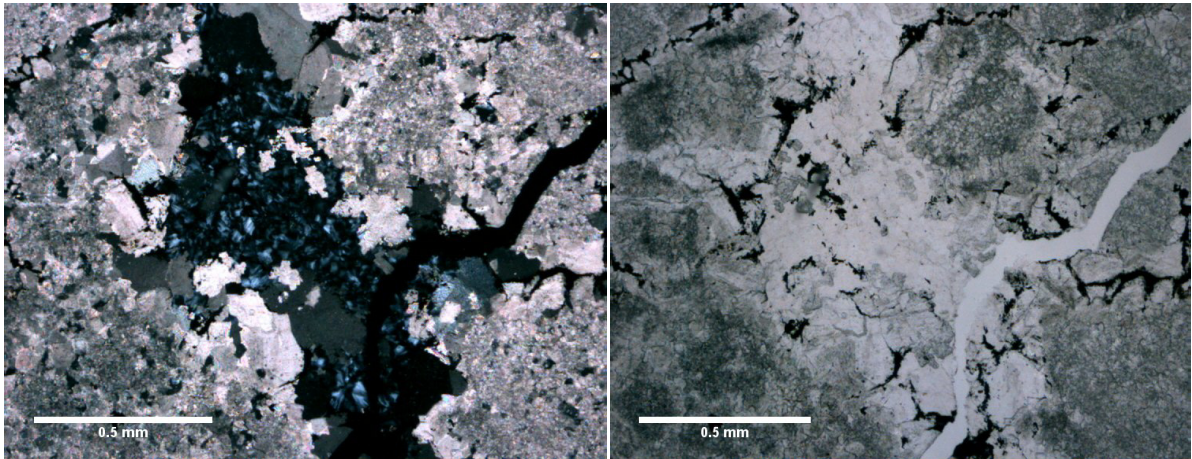
Uzorak ID 9 predstavlja tamnu, sitnozrnastu stijenu uložak u pješčenjaku, koji slični tamnom, zrnastom siltitu (Slika 5.25 a i b), uzorkovanu iz desnog boka hodnika. Mikrofotografije uzorka upućuju na istu strukturu kao i kod uzorka ID 1 te vidimo iste klaste tinjaca i kvarca no lošije je sortiran i sitnozrnastiji od uzorka ID 1. Ovdje vidimo više nakupina crnih minerala te se po uzorku vidi kako je orudnjen i dobro imegriran rudnim mineralima. U većim klastima pješčenjaka vidimo strukture koje su izuzetno prožete „kockicama“ vjerojatno minerala pirita. U jednom dijelu uzorka nalazi se uklopak identičan uzorku ID 8 koji vidimo prikazanog na slikama. U sitnozrnastom pješčenjaku nalazimo uklopke šejlova („škriljavaca“) što vjerojatno predstavlja dio rasjednog materijala. Stijena se sastoji od pretežito zrna kvarca i čestica veličine manjih od 0,063 mm pa je svrstavamo u sitnozrnate, pelitne sedimente, a prema klasifikaciji Pottera i dr. svrstavamo ovu stijenu u siltite. Stijena je determinirana kao SILTIT do LAMINIRANI SILTIT/ŠEJL kao i uzorak ID 1 (Tišljarić, 2004). Ova je stijena prijelazni litološki član između taložina pijesaka i sitnozrnastih glinovitih sedimenta, taložen u mirnoj slabo pokretljivoj vodenoj sredini.



Slika 5.25 Mikrofotografije uzorka ID 9- SILTIT do LAMINIRANI SILTIT/ŠEJL, a - s analizatorom, b –bez analizatora

## UZORAK ID 11

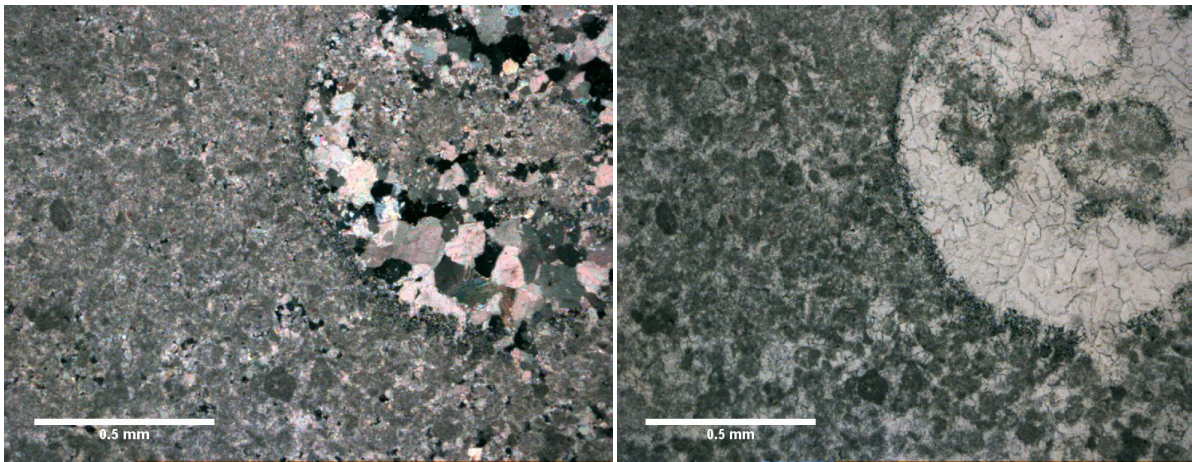
Uzorak ID 11 predstavlja svijetlu, srednjeznastu karbonatnu stijenu, brečolikog izgleda, uzorkovanu iz lijevog boka hodnika. Slično kao i u uzorku ID 7, i ovdje se može uočiti kontakt, ali u ovome slučaju, između brečiranog dolomita i pješčenjaka. Kvarcne žilice koje se pružaju okomito na kontakt s pješčenjakom ispunjene su crnim izotropnim mineralima. U dolomitu se uočavaju i ostatci fosila (npr. gastropodi) te tzv. „duhovi“ ooida, koji predstavljaju ostatke primarne strukture vapnenca (Slika 5.26 a i b). Na ranu dolomitizaciju upućuju ostaci fosila školjkaša. Stijena je determinirana kao BREČIRANI RANODIJAGENETSKI DOLOMIT (Tišljarić, 2001). Ovakva stijena nastaje u zonama rasjedanja.



Slika 5.26 Mikrofotografije uzorka ID 11 - BREČIRANI RANODIJAGENETSKI DOLOMIT; a - s analizatorom, b –bez analizatora

## UZORAK ID 12

Uzorak ID 12 sličan je predhodnom uzorku ID 11 te predstavlja svjetlu srednjeznastu karbonatnu stijenu, (dolomit) uzorkovanu iz lijevog boka hodnika. Sitnozrnasta struktura omogućava potpuno očuvanje primarnih teksturnih i strukturnih značajki vapnenačkog taloga i nakon njegove potpune ranodijagenetske dolomitizacije. Na ranu dolomitizaciju upućuju i ostaci alokema (Slika 5.27). Vidimo jasne ostatke alokema i ostatke primarne strukture vapnenca, kojima determiniramo stijenu kao BREČIRANI RANODIJAGENETSKI DOLOMIT (Tišljarić, 2001). Brečirani dolomit je posljedica djelovanja rasjeda i intenzivnog tektonskog drobljenja.



Slika 5.27 Mikrofotografije uzorka ID 12-BREČIRANI RANODIJAGENETSKI DOLOMIT; a - uzorak ID 12 s analizatorom, b – uzorak ID 12 bez analizatora

## 5.4 MINERALNI SASTAV UZORAKA

Rendgenskom difrakcijom analizom na prahu uzorci su snimani na način opisan u poglavlju 4.3.3., prije čega su bili pripremljeni na način također opisan u prethodnim poglavljima. Na slikama 5.28 do 5.33 prikazane su rentgenske difrakcijske slike analiziranih uzoraka, a u tablici 5.4. mineralne faze koje smo u njima utvrdili. Razlikovane su : (1) dominantne mineralne faze, (2) znatno zastupljene mineralne faze, (3) mineralne faze koje se u uzorcima nalaze u malim udjelima i (4) mineralne faze koji nisu pouzdano utvrđene (njihove difrakcijske slike se preklapaju s difrakcijskim slikama drugih minerala i/ili se njihova prisutnost ne može sigurno utvrditi zbog njihovog malog udjela).

Tablica 5.4 Semikvantitativni mineralni sastav uzoraka 4672 do 4683.

uzorci	kvarc	kaolinit	tinjčasti materijal	dolomit	kalcit	pirit	gips	rozenit	basanit
4672	+++	+++	++	-	-	+	-	-	-
4673	+++	++/+++	+	++	-	+	-	-	-
4674	+++	+++	++	++	-	+	-	-	-
4675	+++	+++	++	-	-	+ / ++	+	+	-
4676	?	?	-	+++	-	-	-	-	-
4677	-	-	-	+++	?	-	-	-	-
4678	+	+	-	+++	-	-	-	-	-
4679	+++	+++	-	-	-	+ / ++	-	-	-
4680	+++	+	+	-	-	+ / ++	-	-	-
4681	+++	++	+ / ++	-	-	+	+	?	?
4682	+	+	-	+++	-	+	+	-	-
4683	+	+	?	+++	-	+	+	-	-

Tumač oznaka: +++ - dominantna mineralna faza;

++ - znatno zastupljena mineralna faza;

+ - mali udio mineralne faze;

- - mineralna faza nije utvrđena u uzorku;

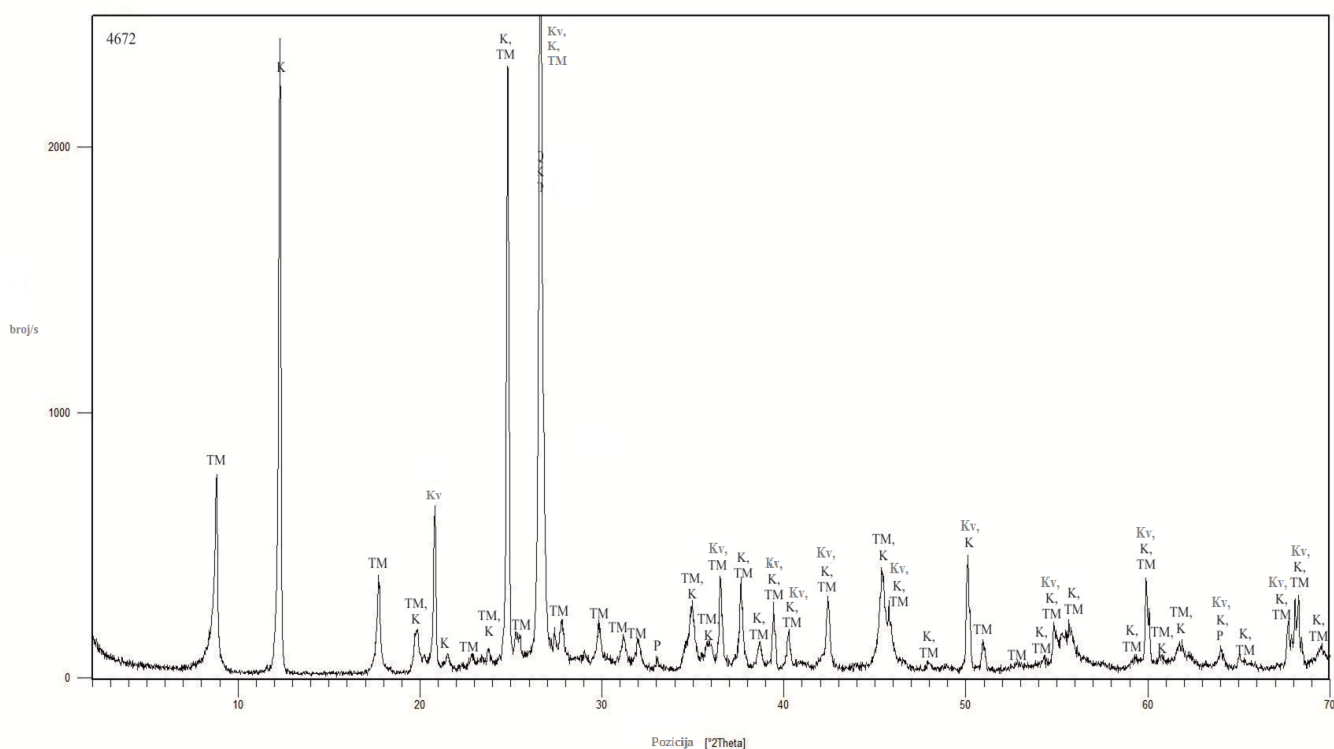
? - minerali koji nisu pouzdano utvrđeni (njegove difrakcijske slike se preklapaju s difrakcijskim slikama drugih minerala i/ili se njegova prisutnost ne može sigurno utvrditi zbog njegovog malog udjela)

Dominantna mineralna faza u uzorcima 4672, 4673, 4674, 4675, 4679, 4680 i 4681 je kvarc, a u uzorcima 4676, 4677, 4678, 4682 i 4683 je dolomit. Idući od početka gdje su uzorci karbonskog i gredenskog pješčenjaka te rasjedne zone između pješčenjaka i dolomita (4672 (Slika 5.28), 4673, 4674 te 4675-rasjedna zona) možemo uočiti raznolikost zastupljenosti mineralnih faza. Najzastupljeniji je kvarc kao dominantna mineralna faza. Uz njega kao dominantnu mineralnu fazu nalazimo i kaolinit. Uzorak 4673 sadži kaolinit u nešto manjem udjelu od drugih uzoraka (Slika 5.29). Znatno zastupljena mineralna faza u ovim uzorcima su tinjčasti minerali, koji su nešto slabije zastupljeni u uzorku 4673. Uzorci gredenskog pješčenjaka (4673 i 4674) kao znatno zastupljenu mineralnu fazu sadrže dolomit, no dolomit kao mineralnu fazu ne vidimo u rasjednoj zoni niti u uzorku karbonskog pješčenjaka. U malim udjelima u ovim uzorcima vidimo pirit koji je najviše zastupljen u uzorku 4675 (Slika 5.30). U uzorku iz rasjedne zone (uzorak 4675) uz kvarc, kaolinit, tinjčaste minerale i pirit utvrđeni su gips i rozenit.

Uzorci 4676, 4677 i 4678 kao dominantnu mineralnu fazu sadrže dolomit. U uzorku 4678 utvrđeni su mali udjeli kvarca i kaolinita (Slika 5.31). Nalaz ovih mineralnih faza u dolomitu vjerojatno možemo povezati s činjenicom da je uzorak orudnjen i nalazi se u kontaktnoj zoni s pješčenjakom. Uzorak 4676 sadrži nešto kvarca i kaolinita, a ove mineralne faze nisu pouzdano utvrđene u uzorku.

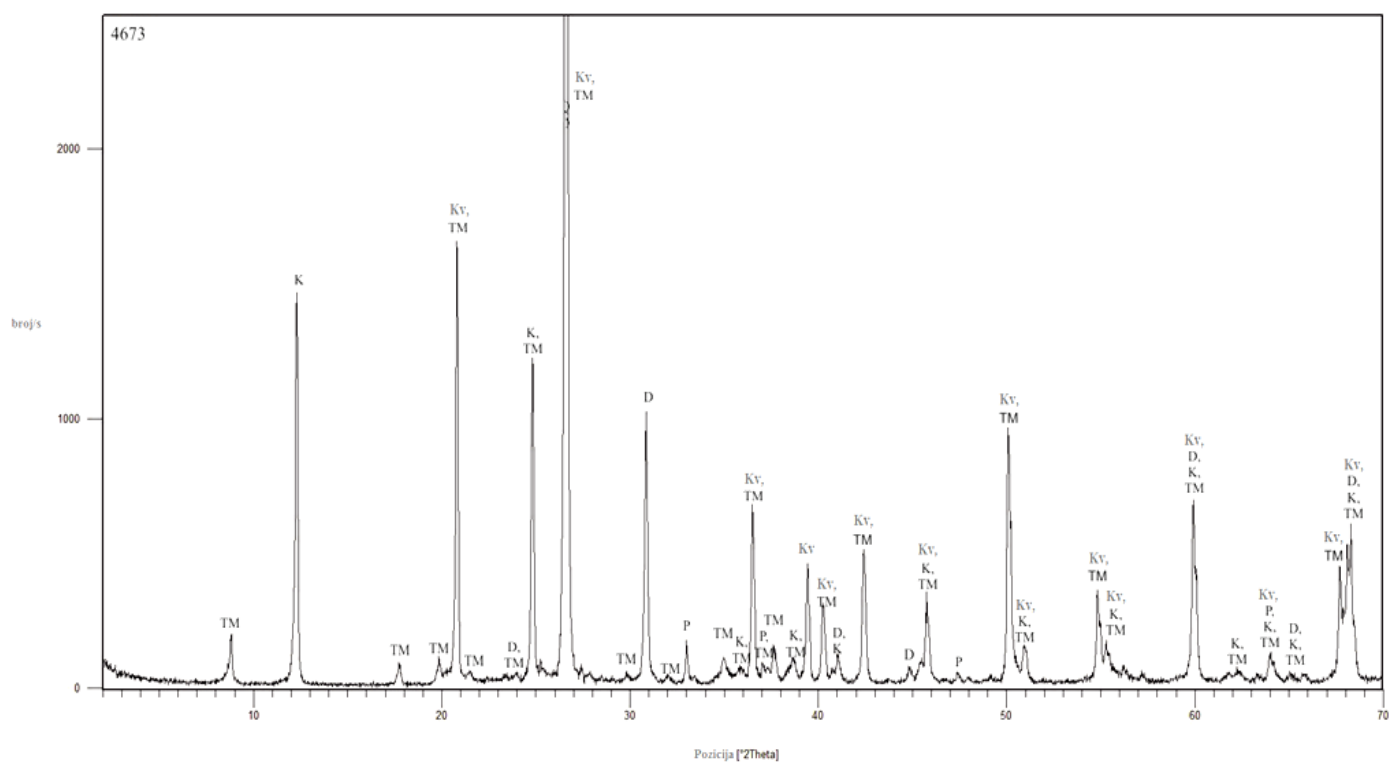
U uzorku 4680 (crni uložak u pješčenjaku) dominantna mineralna faza je kvarc, pirit je malo do znatno zastupljen, a kaolinit i tinjčasti mineral (vjerojatno muskovit) su malo zastupljeni. Uzorak 4681 predstavlja kontakt između brečiranog dolomita i bazalnog pješčenjaka i sukladno tome ima raznolik udio minerala (Slika 5.32). Dominantna faza u

uzorku je kvarc, kaolinit i tinjčasti minerali su znatno zastupljeni. U uzorku su u maloj količini utvrđeni pirit i gips dok nalaz rozenita i basanita nije pouzdano determiniran.. Brečirani ranodijagenetski dolomit (uzorak 4682) i ranodijagenetski dolomit (uzorak 4683) uz dolomit kao dominantnu mineralnu fazu sadrži kao manje zastupljene faze kaolinit, kvarc, pirit i gips. U uzorku 4683 utvrđeni su i tinjčasti mineral ali njihov nalaz i nije pouzdan (Slika 5.33).

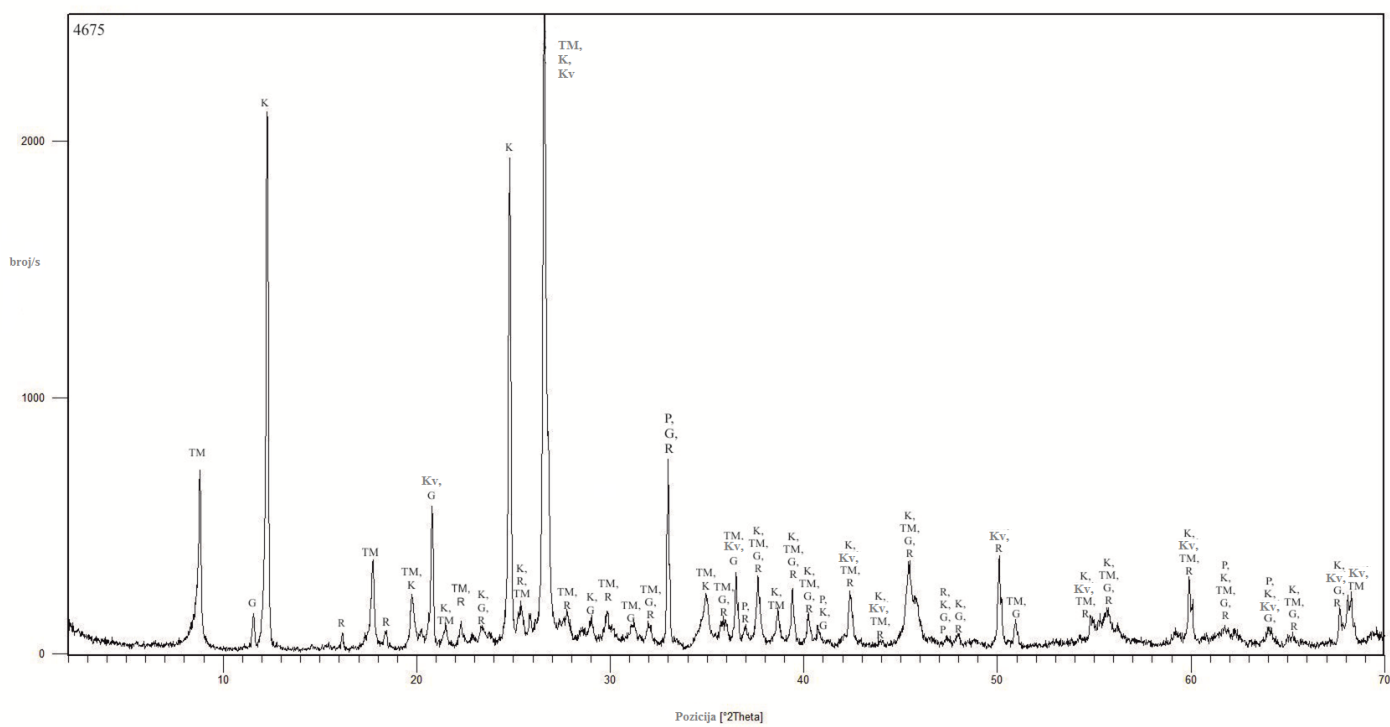


Slika 5.28. Rendgenska difrakcijska slika uzorka 4672; Legenda: TM-tinjčasti minerali, K-kaolinit, Kv-kvarc, P-pirit

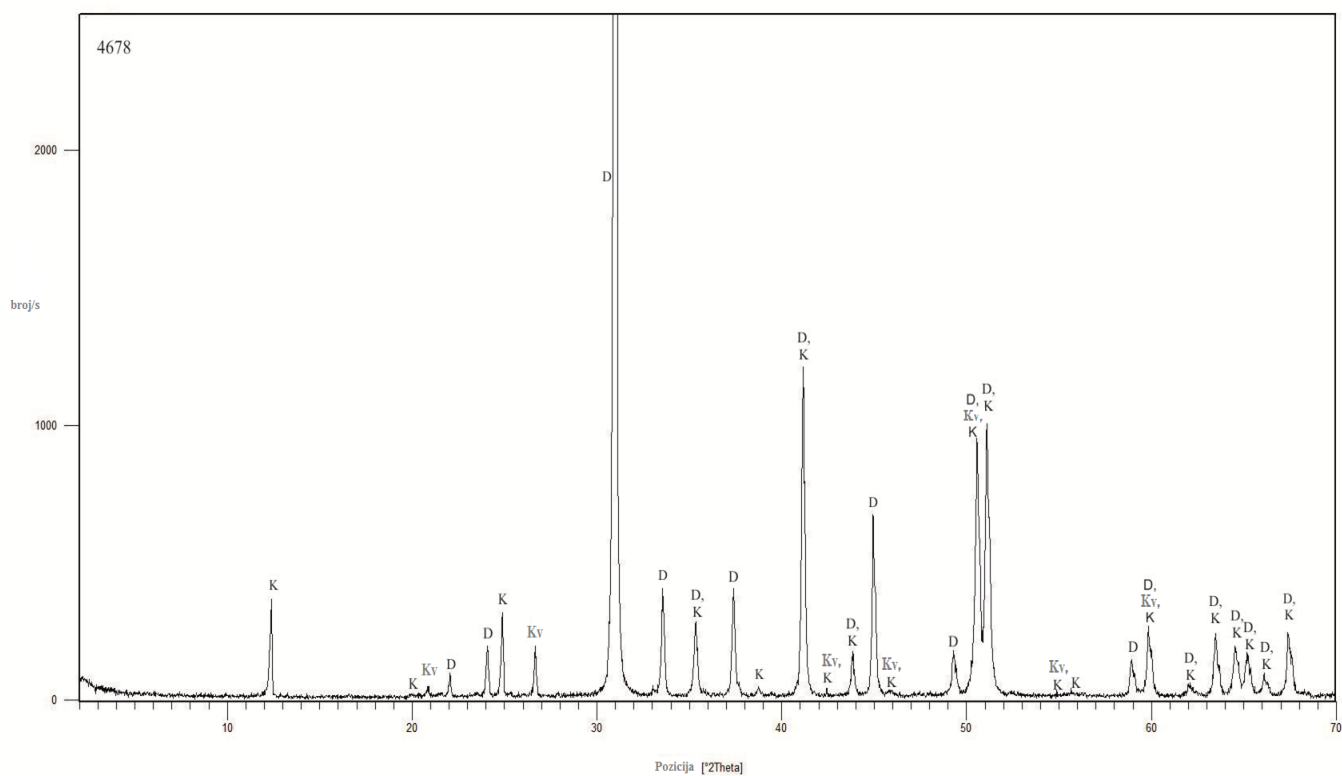




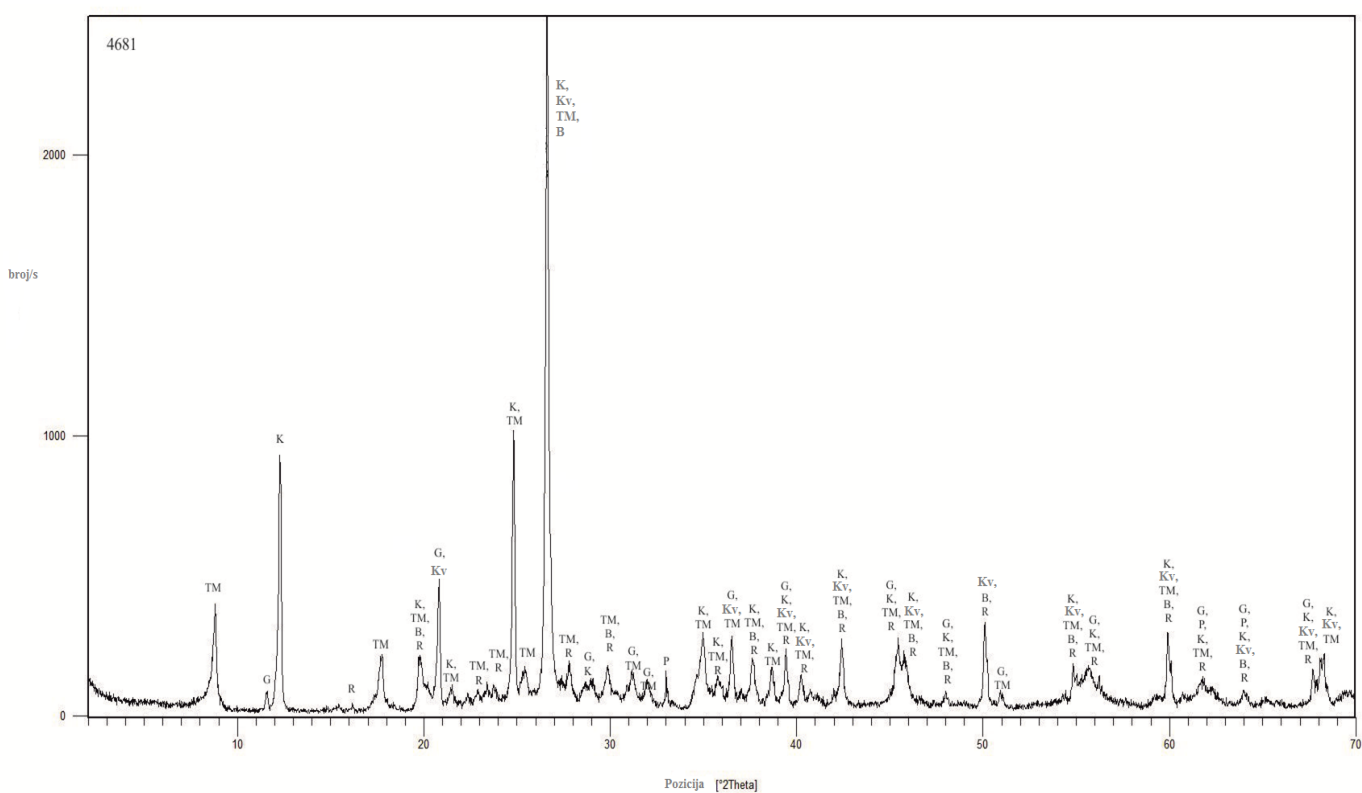
Slika 5.29. Rendgenska difrakcijska slika uzorka 4673; Legenda: TM-tinjčasti minerali, K-kaolinit, Kv-kvarc, P-pirit, D-dolomit



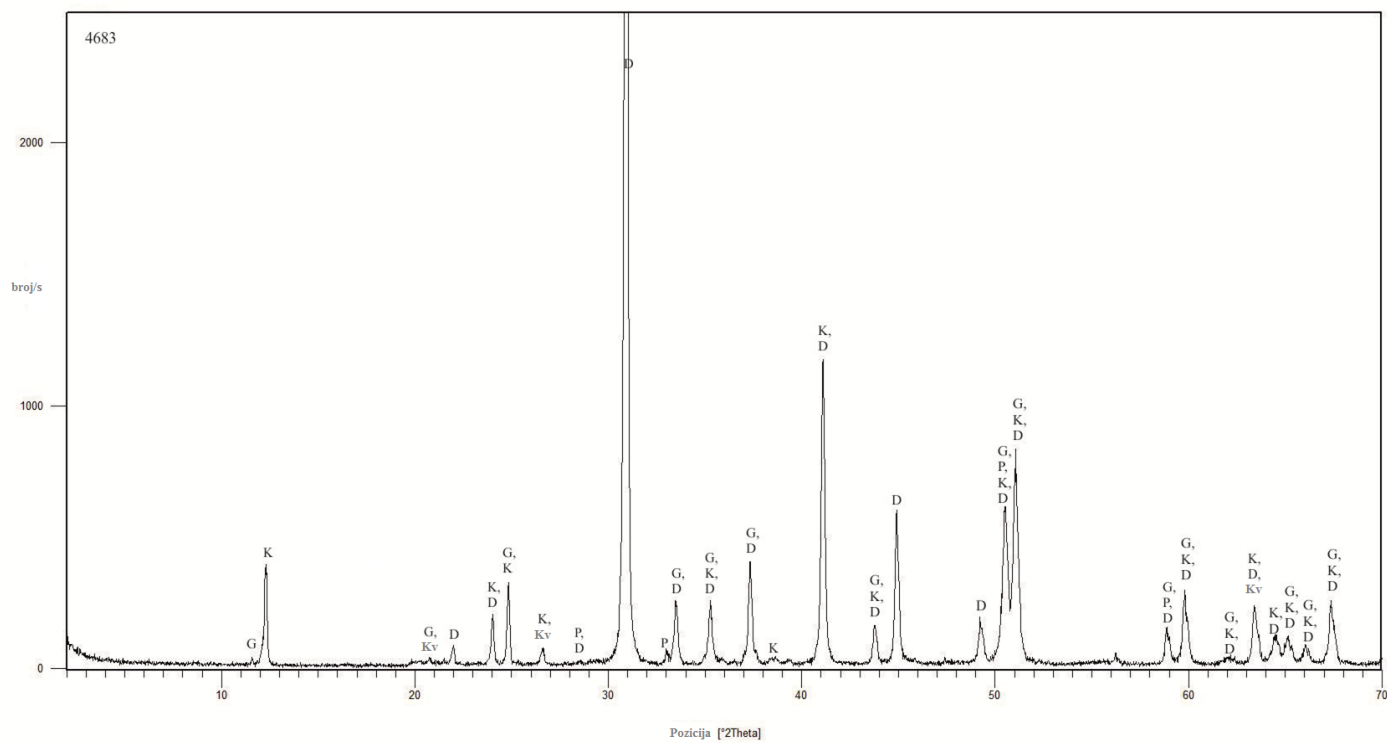
Slika 5.30. Rendgenska difrakcijska slika uzorka 4675; Legenda: TM-tinjčasti minerali, K-kaolinit, Kv-kvarc, P-pirit, D-dolomit, G-gips, R-rozenit



Slika 5.31. Rendgenska difrakcijska slika uzorka 4678; Legenda: K-kaolinit, Kv-kvarc, D-dolomit



Slika 5.32. Rendgenska difrakcijska slika uzorka 4681; Legenda: TM-tinjčasti minerali, K-kaolinit, Kv-kvarc, P-pirit, G-gips, R-rozenit, B-basanit



Slika 5.33. Rendgenska difrakcijska slika uzorka 4683; Legenda: K-kaolinit, Kv-kvarc, D-dolomit, G-gips, P-pirit

## 5.5 KEMIJSKE ANALIZE UZORAKA

### 5.5.1 Distribucija glavnih elemenata u uzorcima

U uzorcima je određen sadržaj Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, Mn, Ti, P, Cr (u obliku oksida) te gubitak žarenjem (LOI). Rezultati analiziranih glavnih elemenata u uzorcima su prikazani u tablici 5.5. i na slikama 5.34, 5.35 i 5.36.

U uzorcima pješčenjaka, silita/šejla, breče te u rasjednoj zoni najzastupljenija komponenta je SiO<sub>2</sub>. Najviše vrijednosti utvrđene su u pješčenjacima. SiO<sub>2</sub> je najzastupljeniji u uzorku 4673 gdje iznosi 78,61% te u uzorku 4680 gdje iznosi 73,31%. Znatno niže udjele SiO<sub>2</sub> nalazimo u dolomitima i brečiranim dolomitima (0,12-5,47). Slijedeći oksid po zastupljenosti je Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Njime je najbogatiji brečirani pješčenjak (25,98%), a slijede karbonski silit/šejl (23,76%) i rasjedne zone (21,91% i 21,31%). Najniže vrijednosti utvrđene su u anizičkim dolomitima (0,05 i 0,25%).

Sa Cao i MgO najbogatiji su uzorci anizičkog dolomita (4676,4677,4678) te uzorci brečiranog dolomita (4682 i 4683). Navedene uzorke karakteriziraju i najniže vrijednosti za Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Najniže vrijednosti Cao i MgO imaju pješčenjaci, karbonski silit/šejl, brečirani pješčenjak i uzorci iz rasjednih zona (4675 i 4681). Distribucija SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO i MgO prikazan je na slici 5.34.

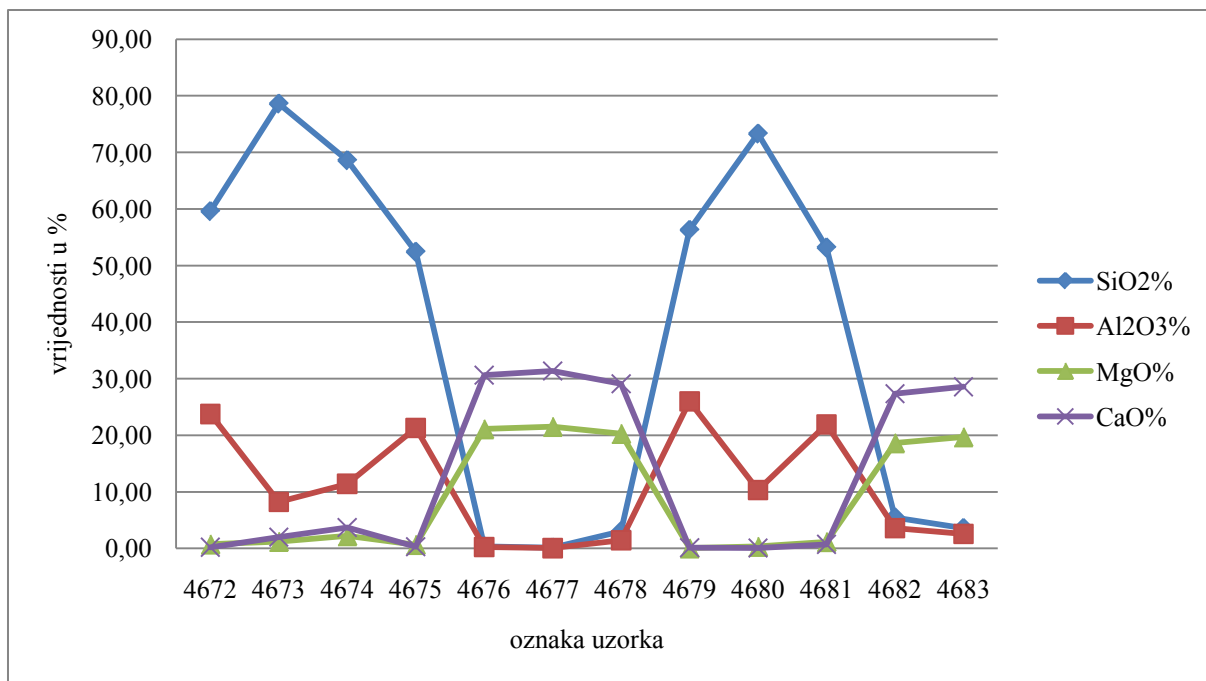
Najviša vrijednosti Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> utvrđena je u uzorku silita/šejla (5,61%) koji se kao uložak nalazi u brečiranom pješčenjaku. Željezo je povišeno u brečiranom pješčenjaka (4,20%) i u rasjednoj zoni (4,97%). Sa K<sub>2</sub>O i Na<sub>2</sub>O su najbogatiji karbonski silit/šejl i uzorci iz rasjednih zona (4675 i 4681). Dakle, radi se o istim uzorcima koji su obogaćeni sa Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (osim uzorka brečiranog pješčenjaka koja sadrži izuzetno niske udjele Na<sub>2</sub>O i K<sub>2</sub>O) (Slike 5.34, 5.35 i 5.36).

Najviša vrijednosti TiO<sub>2</sub> utvrđena je u uzorku iz rasjedne zone (na kontaktu silita/šejla i brečiranog dolomita (1,01%). Titan je povišen u karbonskom silitu/šejlu, pješčenjacima i uzorku iz rasjedne zone (kontakt gredenskog pješčenjaka i anizičkog dolomita) i kreće se u rasponu od 0,68 do 0,98% (Slika 5.36). Udjeli MnO i Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> niski su u svim uzorcima i ne uočava se jasna veza između njihove distribucije i određenog tipa stijene (Slika 5.31 i tablica 5.5). Udjel P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> najviši je u uzorku karbonskog silita/šejla (Slika 5.36). Zbog karbonatnog sastava gubitak žarenjem (LOI) najveći je u dolomitima i brečiranim

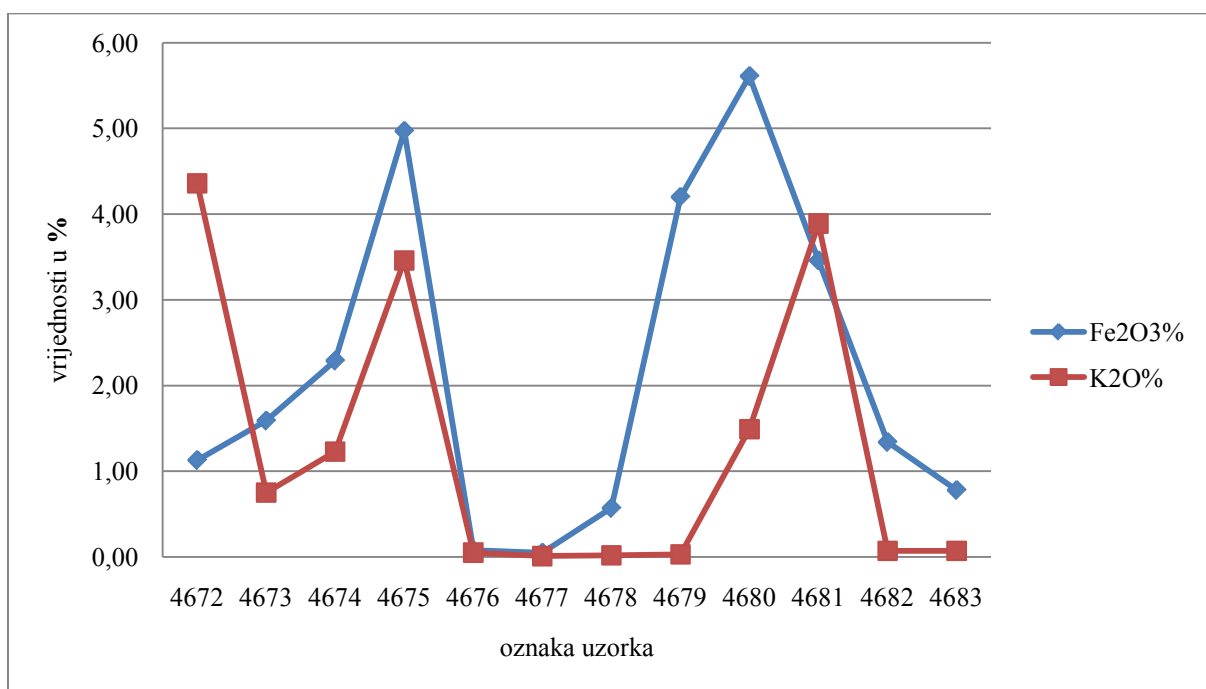
dolomitima (Tablica 5.5). Najveće vrijednosti imaju anizički dolomiti (47,40% i 46,80%) dok su kod orudnjenog dolomita i brečiranog dolomita udjeli nešto niži. U pješčenjacima se vrijednosti LOI kreću od 6,50-9,30 %.

Tablica 5.5 Distribucija glavnih elemenata u uzorcima

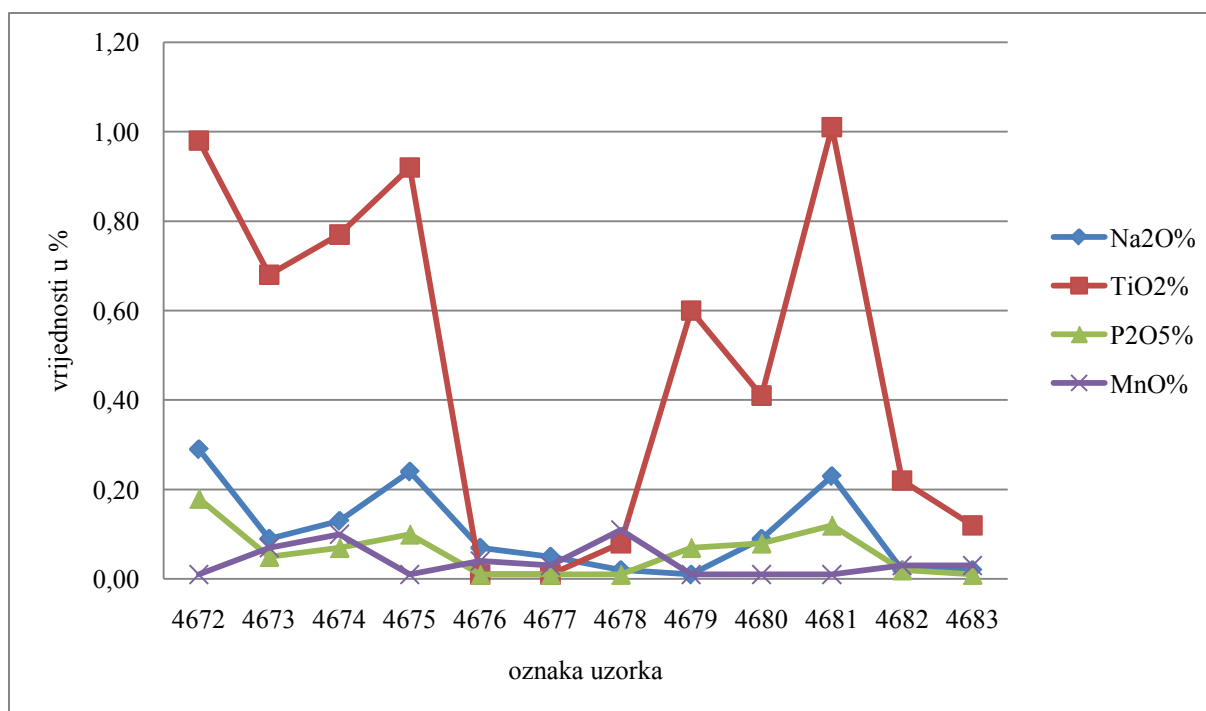
	4672	4673	4674	4675	4676	4677	4678	4679	4680	4681	4682	4683
SiO2%	59,60	78,61	68,60	52,43	0,36	0,12	3,02	56,29	73,31	53,19	5,47	3,58
Al2O3%	23,76	8,24	11,42	21,31	0,25	0,05	1,42	25,98	10,32	21,91	3,58	2,58
Fe2O3%	1,13	1,59	2,29	4,97	0,08	0,05	0,57	4,20	5,61	3,46	1,34	0,78
MgO%	0,75	1,21	2,22	0,67	21,10	21,52	20,29	0,05	0,34	1,18	18,63	19,69
CaO%	0,21	2,01	3,69	0,32	30,63	31,38	29,10	0,12	0,08	0,72	27,36	28,57
Na2O%	0,29	0,09	0,13	0,24	0,07	0,05	0,02	0,01	0,09	0,23	0,02	0,02
K2O%	4,36	0,75	1,23	3,46	0,05	0,01	0,02	0,03	1,49	3,89	0,07	0,07
TiO2%	0,98	0,68	0,77	0,92	0,01	0,01	0,08	0,60	0,41	1,01	0,22	0,12
P2O5%	0,18	0,05	0,07	0,10	0,01	0,01	0,01	0,07	0,08	0,12	0,02	0,01
MnO%	0,01	0,07	0,10	0,01	0,04	0,03	0,11	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03
Cr2O3%	0,02	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00
LOI%	8,50	6,50	9,30	15,20	47,40	46,80	45,30	12,50	8,10	14,00	43,20	44,50
SUM%	99,79	99,81	99,83	99,65	100,00	100,03	99,94	99,86	99,85	99,74	99,94	99,95



Slika 5.34 Distribucija SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO i MgO u uzorcima



Slika 5.35 Distribucija Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i K<sub>2</sub>O u uzorcima



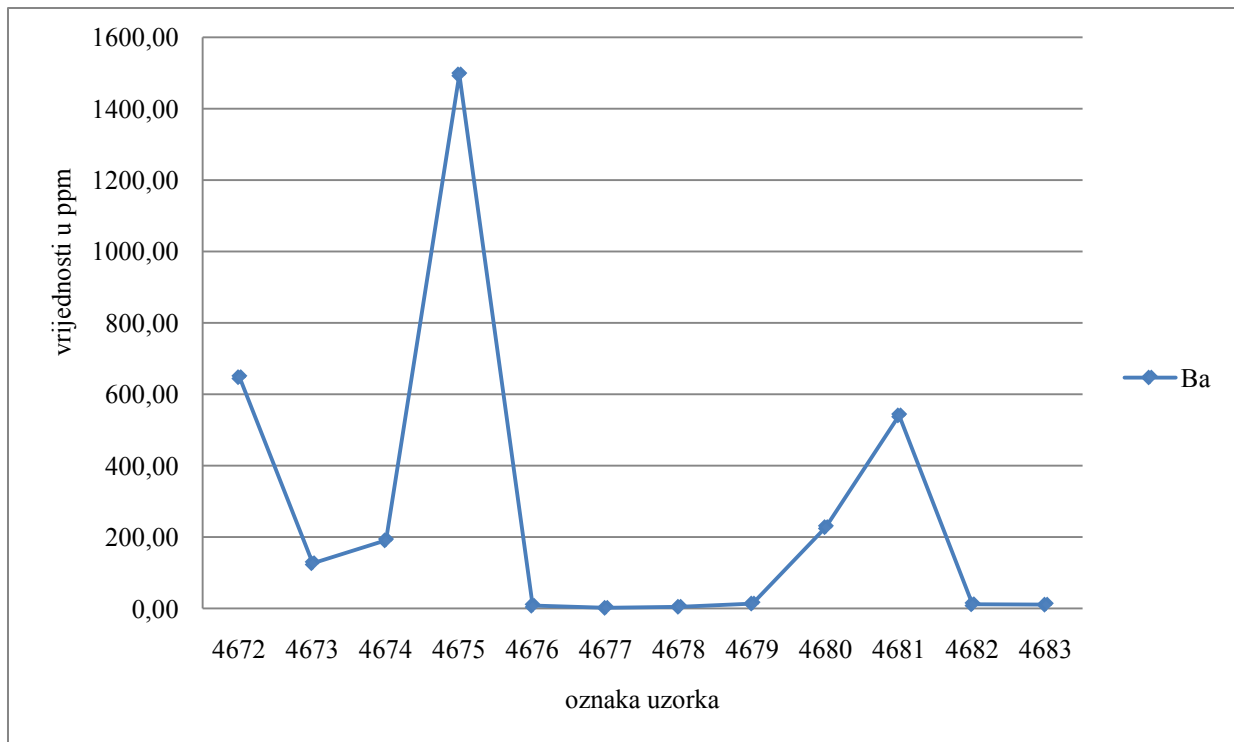
Slika 5.36 Distribucija Na<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i MnO u uzorcima

### 5.5.2 Distribucija elemenata u tragovima, ukupnog ugljika i sumpora

Analizirani su Ba, Be, Co, Cs, Ga, Ni, Sc, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, W, Zr, Y, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Bi, Ag, Au, Hg i Tl (u ppm), Au (u ppb) te ukupni ugljik i sumpor (u tež. %). Navedeni elementi prikazani su u tablici 5.6. i na slikama 5.37 do 5.43. U daljnjem tekstu komentirani su samo odabrani elementi u tragovima, ugljik i sumpor.

Najviše koncentracije barija nalazimo u uzorcima iz rasjednih zona i u uzorku karbonskog silita/šejla (Tablica 5.6, Slika 5.37). Uzorak 4675 ima najviše vrijednosti barija (1496 ppm), a uzorak 4681 sadrži 541 ppm-a. Ostale povišene vrijednosti nalazimo u brečiranim dolomitima (konglomeratima) (Tablica 5.6, Slika 5.37).





Slika 5.37. Distribucija Ba u uzorcima

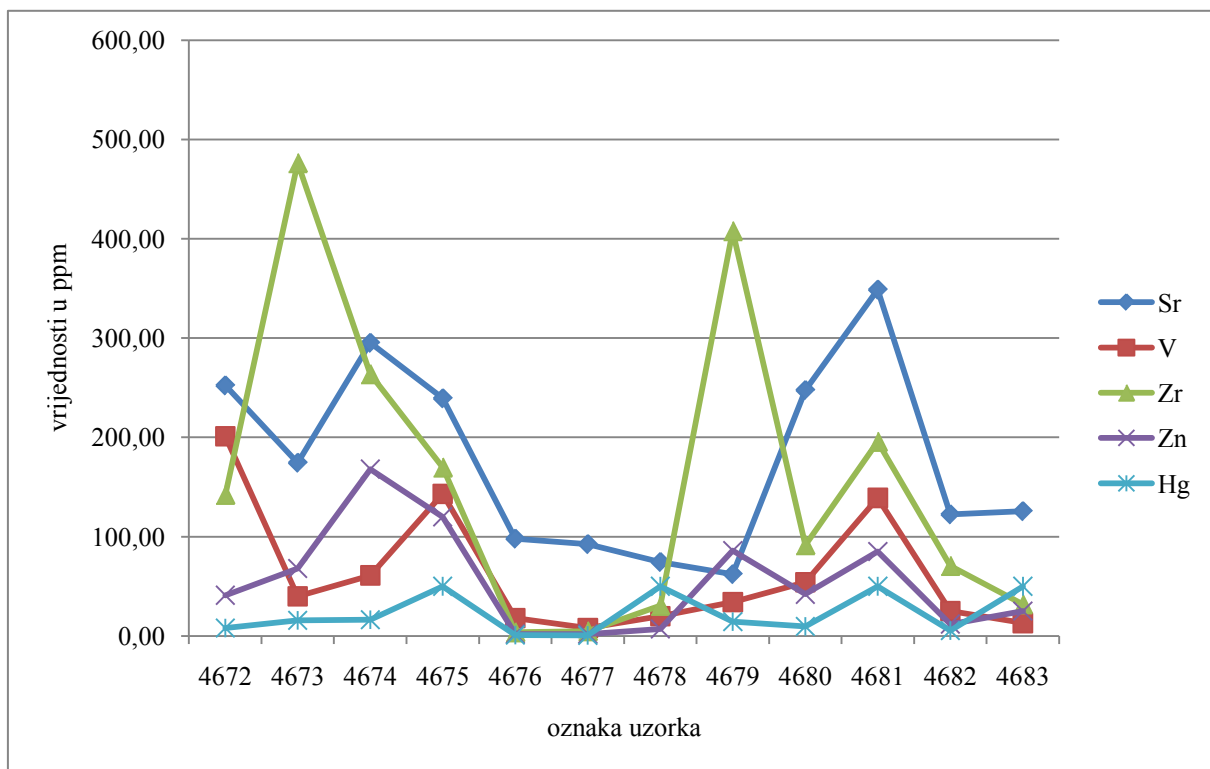
Cirkonijem su najbogatiji uzorci pješčenjaka a najsiromašniji uzorci dolomita (Tablica 5.6, Slika 5.38). Najviše vrijednosti vanadija utvrđene su u karbonskom siltitu/šejlu (201 ppm) i uzorcima iz rasjednih zona (4675 i 4681) a najniže u uzorcima dolomita i brečiranog dolomita (Tablica 5.6, Slika 5.38). Važno je istaknuti da sličnu distribuciju kao vanadij imaju rubidij, molibden, bakar, nikal i volfram (Tablica 5.6, Slike 5.38, 5.39 i 5.40). Cinkom je najbogatiji uzorak gredenskog pješčenjaka (4674) i uzorci iz rasjednih zona (4675 i 4681), a najsiromašniji uzorci dolomita i brečiranog dolomita (Tablica 5.6, Slika 5.38). Sličnu distribuciju cinku ima olovo (Tablica 5.6 i Slika 5.40). Najviše vrijednosti kobalta utvrđene su u uzorcima iz rasjednih zona (4675 i 4681), a najniže u uzorcima anizičkog dolomita (Tablica 5.6). Kadmijem su najbogatiji uzorci gredenskog pješčenjaka (Tablica 5.6).

Obzirom na ograničenost primijenjene metode analize za živu (maksimalna koncentracija koja se prikazuje je 50 ppm, odnosno ukoliko su prisutne više vrijednosti navodi se vrijednost > 50 ppm, razvidno je da su najveće vrijednosti utvrđene u rasjednim zonama (uzorci 4675 i 4681), orudnjenom dolomitu/kontaktu dolomita i pješčenjaka u kojem je i pronađen cinabarit (4678) i dolomitu (4683). Zanimljivo je da je uzorak 4683 izuzet blizu rasjedne zone. Distribucija žive prikazana je u tablici 5.38 i na slikama 5.42 i 5.43.

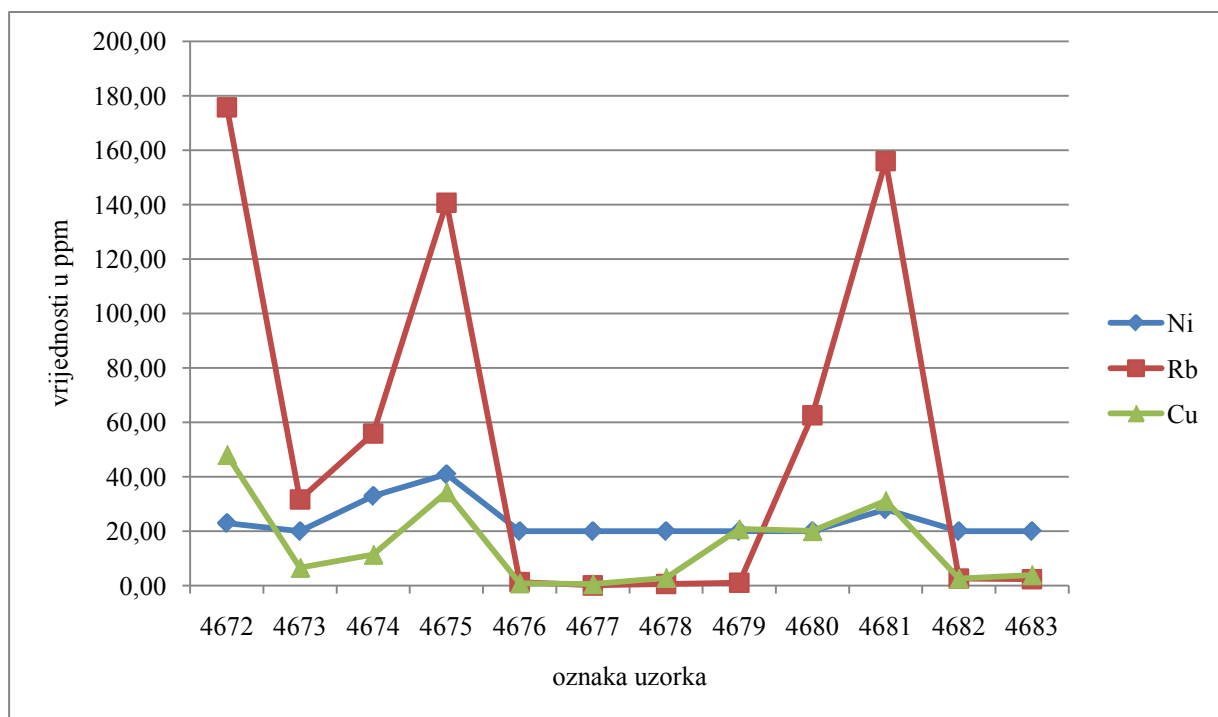
Najviše vrijednosti sumpora utvrđene su u uzorcima iz rasjednih zona (4675 i 4681), u brečiranom pješčenjaku (4679) i ulošku silita/šejla koji se u njemu nalazi (4680). (Tablica 5.6, Slike 5.41 i 5.43). Obzirom da su u uzorcima brečiranog pješčenjaka i uloška silita/šejla koji se u njemu nalaze utvrđene niske vrijednosti žive, pretpostavljamo da je u njima glavna sulfidna mineralna faza pirit. Navedeno je u skladu s rezultatima kemijske (Tablica 5.6) i rentgenske analize (Tablica 5.4). U uzorcima orudnjenog dolomita/kontakt dolomita i pješčenjaka (4678) i dolomita (4683) u kojima su utvrđene visoke vrijednosti žive, udjeli željeza su niski (Tablica 5.6) pa pretpostavljamo da je u njima glavna sulfidna faza cinabarit. U uzorcima iz rasjedanih zona utvrđeni su visoki udjeli žive, željeza i sumpora pa je logično pretpostaviti da su u njima prisutni i pirit i cinabarit. Nadalje, ukoliko se promatraju svi uzorci jasno je razvidno da su upravo u uzorcima iz rasjednih zona utvrđene najviše vrijednosti za slijedeće elemente u tragovima: Ba, Co, Ni, Rb, V, W, Mo, As, Cu, Pb i Zn (Tablica 5.6). Također je zanimljivo utvrditi da uzorci u kojima je glavna sulfidna mineralna faza cinabarit (4678 i 4683) sadrže samo povišene vrijednosti As (Tablica 5.6).

Tablica 5.6 Distribucija elemenata u tragovima u uzorcima

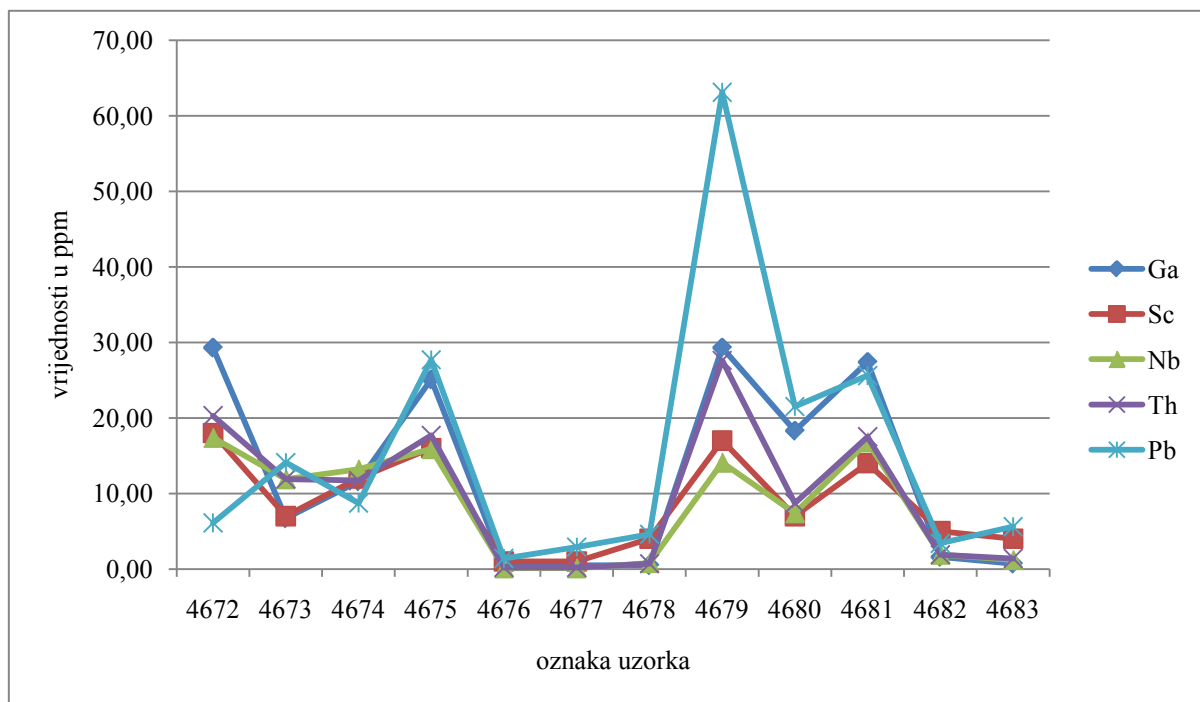
ppm	4672	4673	4674	4675	4676	4677	4678	4679	4680	4681	4682	4683
<b>Ba</b>	648,00	127,00	191,00	1496	8,00	2,00	5,00	14,00	228,00	541,00	12,00	11,00
<b>Be</b>	3,00	1,00	4,00	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00
<b>Co</b>	7,00	5,10	10,30	17,80	0,20	0,20	1,00	9,50	8,00	13,10	1,30	1,30
<b>Cs</b>	11,60	1,70	3,70	9,20	0,10	0,10	0,10	0,20	3,60	10,40	0,10	0,20
<b>Ga</b>	29,30	6,70	11,60	25,10	0,50	0,50	0,50	29,30	18,30	27,40	1,60	0,70
<b>Ni</b>	23,00	20,00	33,00	41,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	28,00	20,00	20,00
<b>Sc</b>	18,00	7,00	12,00	16,00	1,00	1,00	4,00	17,00	7,00	14,00	5,00	4,00
<b>Hf</b>	3,60	13,90	7,50	5,90	0,20	0,10	1,20	14,30	2,70	5,70	1,30	0,80
<b>Nb</b>	17,40	11,90	13,20	15,90	0,10	0,10	0,80	14,10	7,40	16,80	1,90	1,20
<b>Rb</b>	175,70	31,70	55,90	140,70	1,30	0,10	0,60	1,10	62,60	156,00	2,60	2,40
<b>Sn</b>	4,00	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	8,00	4,00	5,00	1,00	1,00
<b>Sr</b>	252,30	174,40	295,20	239,30	97,90	92,40	74,40	62,20	247,60	348,80	122,40	125,60
<b>Ta</b>	1,30	1,10	1,00	1,20	0,10	0,10	0,10	1,60	0,60	1,40	0,20	0,10
<b>Th</b>	20,30	11,90	11,70	17,70	0,20	0,20	0,70	27,60	8,70	17,50	1,90	1,40
<b>U</b>	4,40	3,50	3,20	4,00	2,40	2,40	1,90	2,10	1,90	4,20	2,40	1,60
<b>V</b>	201,00	40,00	61,00	143,00	18,00	8,00	20,00	34,00	54,00	139,00	25,00	13,00
<b>W</b>	2,60	1,50	2,10	3,40	0,50	0,50	0,50	0,80	0,90	3,00	0,50	0,50
<b>Zr</b>	142,20	476,30	263,70	169,70	3,70	4,80	30,40	407,80	91,50	195,60	70,60	31,90
<b>Y</b>	33,20	35,10	34,80	31,70	1,20	1,30	5,00	86,60	20,20	37,50	7,60	5,00
<b>Mo</b>	1,00	0,10	0,20	0,80	0,10	0,10	0,10	0,20	0,20	0,60	0,10	0,10
<b>Cu</b>	48,10	6,60	11,40	34,40	0,90	0,60	2,90	20,80	20,10	31,20	2,60	3,90
<b>Pb</b>	6,10	14,10	8,70	27,70	1,40	2,90	4,60	63,10	21,50	25,60	3,40	5,60
<b>Zn</b>	41,00	68,00	168,00	120,00	2,00	2,00	7,00	86,00	42,00	85,00	12,00	25,00
<b>As</b>	3,30	2,70	6,50	11,20	0,80	0,50	10,20	3,60	5,20	10,10	0,90	17,50
<b>Cd</b>	0,10	0,80	0,90	0,10	0,10	0,10	1,70	0,10	0,10	0,10	0,10	0,50
<b>Sb</b>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,40	0,10	0,10	0,10	0,10
<b>Bi</b>	0,50	0,10	0,10	0,60	0,10	0,10	0,10	0,50	0,30	0,50	0,10	0,10
<b>Ag</b>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
<b>Au(p pb)</b>	0,50	3,20	10,50	2,60	14,10	3,10	0,50	0,70	1,70	0,50	0,50	0,50
<b>Hg</b>	7,97	15,61	16,39	>50,00	0,93	0,55	>50,00	14,39	9,62	>50,00	5,36	>50,0
<b>Tl</b>	0,10	0,10	0,10	0,30	0,10	0,10	0,10	1,20	0,20	0,20	0,10	0,30
<b>TOT/ C(%)</b>	<b>0,64</b>	<b>0,80</b>	<b>1,53</b>	<b>0,72</b>	<b>13</b>	<b>13,10</b>	<b>13,10</b>	<b>0,02</b>	<b>0,31</b>	<b>1,06</b>	<b>11,80</b>	<b>12,30</b>
<b>TOT/ S(%)</b>	<b>0,33</b>	<b>0,83</b>	<b>0,91</b>	<b>3,32</b>	<b>0,03</b>	<b>0,02</b>	<b>0,45</b>	<b>3,39</b>	<b>4,40</b>	<b>2,56</b>	<b>0,95</b>	<b>0,58</b>



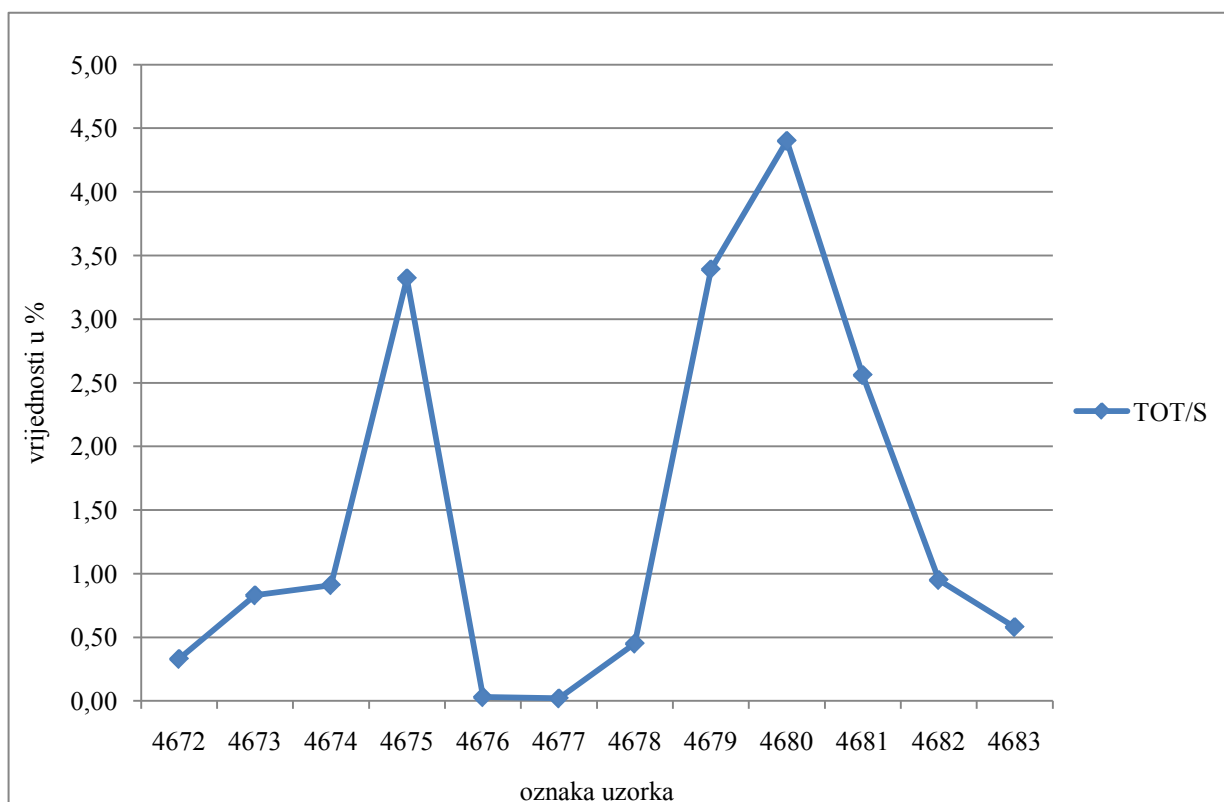
Slika 5.38 Distribucija Sr, V, Zr, Zn i Hg u uzorcima



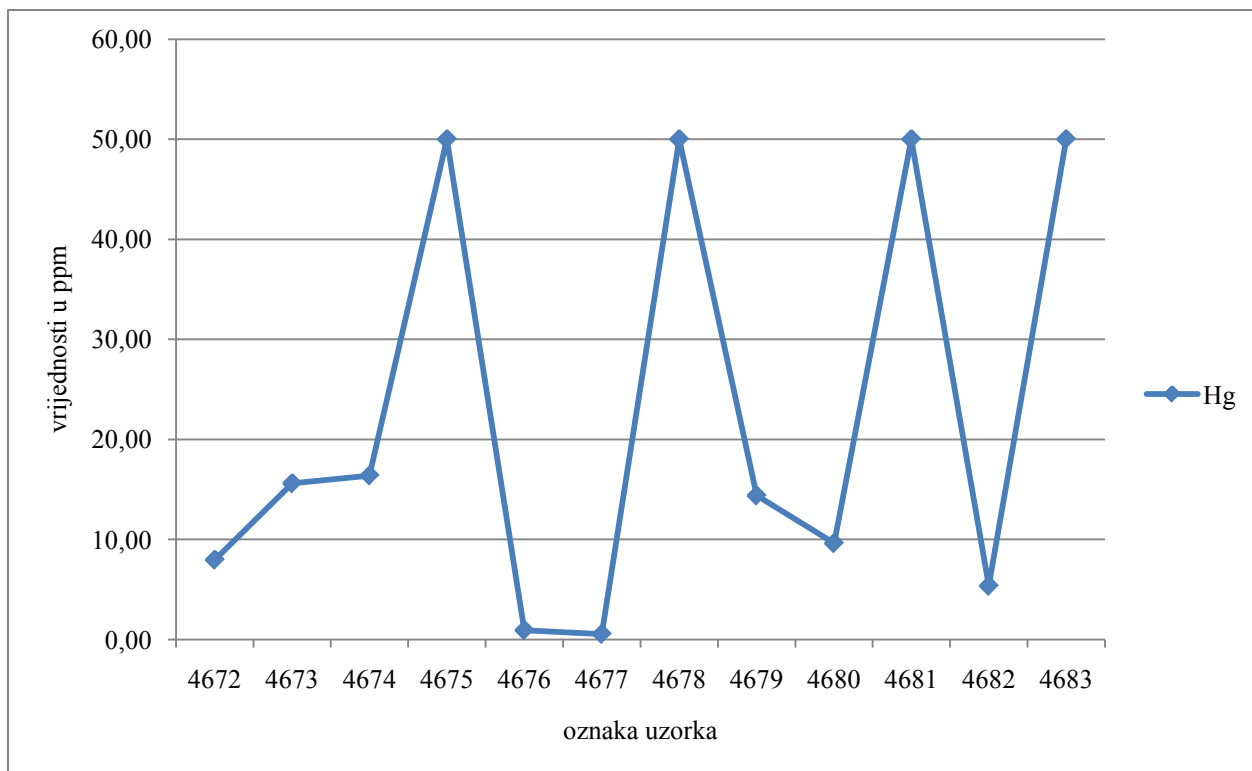
Slika 5.39 Distribucija Ni, Rb i Cu u uzorcima



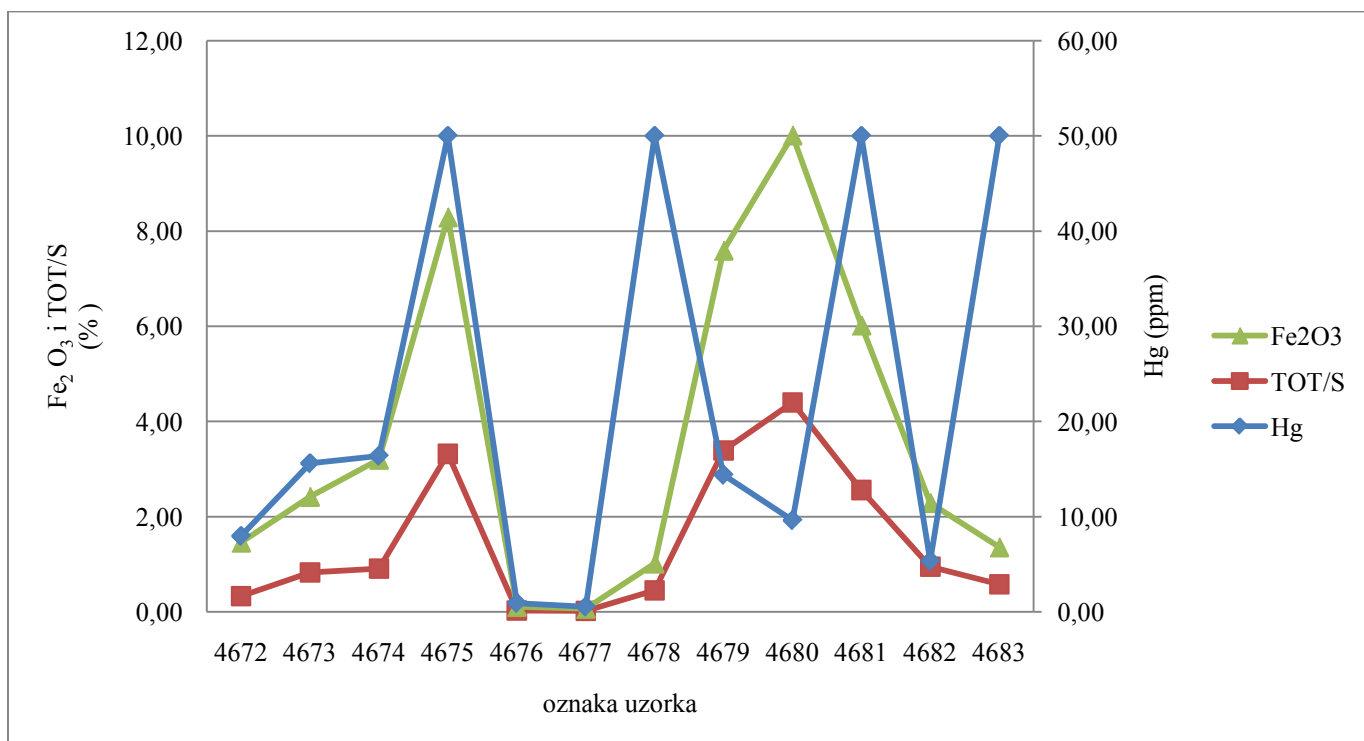
Slika 5.40 Distribucija Ga, Sc, Nb, Th, Pb u uzorcima



Slika 5.41 Distribucija TOT/S u uzorcima



Slika 5.42 Distribucija Hg u uzorcima



Slika 5.43 Distirbucija Hg, TOT/S i Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

### 5.5.3 Distribucija elemenata rijetkih zemalja

U uzorcima su analizirani elementi rijetkih zemalja La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb i Lu (Tablica 5.7).

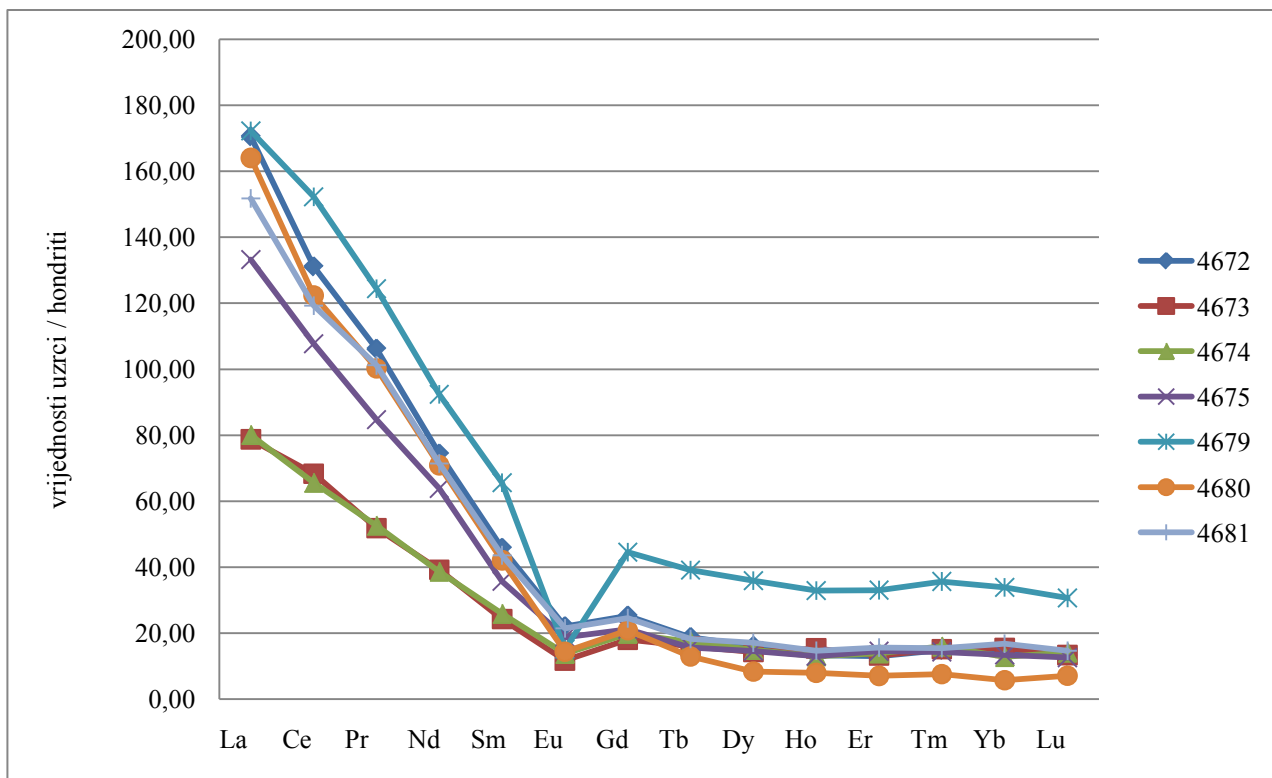
Svi uzorci su normalizirani na hondritske meteorite (slike 5.44 i 5.45; (podaci o hondritskim meteoritima prema Boynton; 1984.) i na kompozit sjevernoameričkih šejlova (slike 5.46 i 5.47; podaci o kompozitu sjevernoameričkih šejlova, "NASC", Taylor & McLennan, 1985).

Za prikaz distribucije elemenata rijetkih zemalja (REE) u uzorcima također su korišteni:

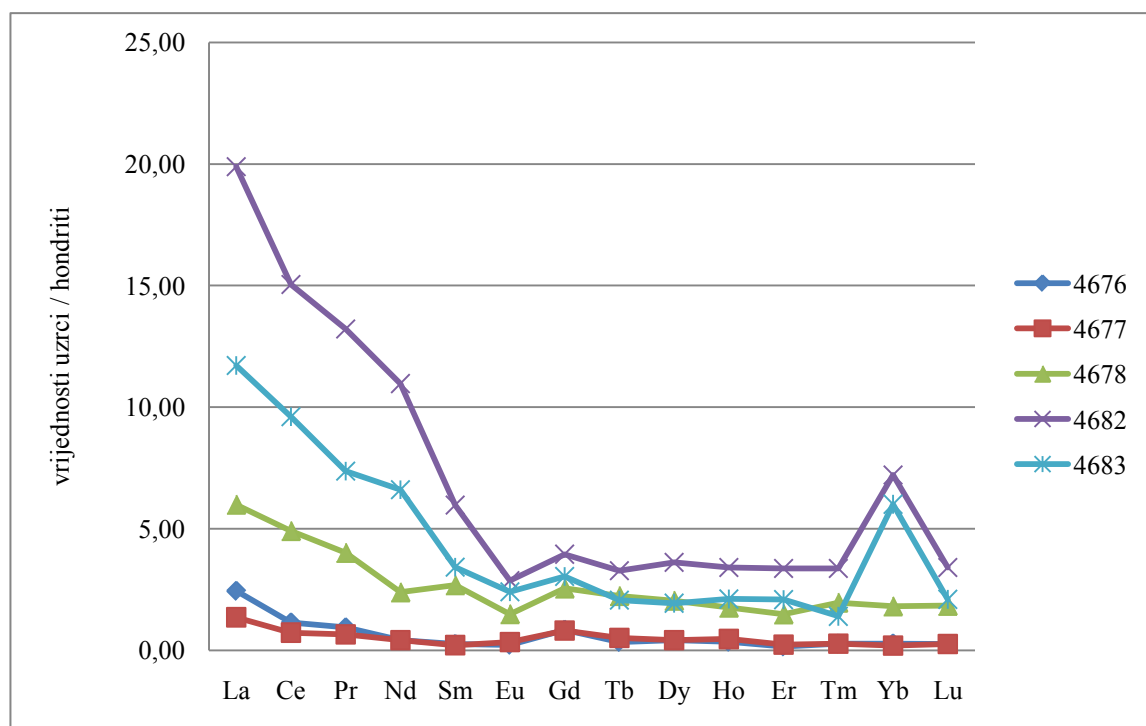
1. suma svih REE ( $\Sigma$ REE u ppm; od La do Lu);
2. odnos normaliziranih vrijednosti La i Yb na hondrite, (La/Yb);
3. odnos lakih lantanida (LREE; od La do Eu) i teških lantanida (HREE; od Gd do Lu).

U tablici 5.8 prikazani su parametri distribucije REE u uzorcima.

Oblik hondritski normaliziranih krivulja za sve analizirane uzorke je generalno sličan obliku hondritski normalizirane krivulje za NASC (Slike 5.44 i 5.45). Najveće vrijednosti  $\Sigma$ REE utvrđene su u pješčenjacima i karbonskom škriljavcu (Tablica 5.8). Najveća vrijednost  $\Sigma$ REE utvrđena je u uzorku bazalnog pješčenjaka (359,56 ppm). Veće se vrijednosti i obogaćenje s elementima rijetkih zemalja uočavaju i u uzorcima izuzetih u rasjednim zonama 4675 i 4681. Znatno manje vrijednosti su u dolomitima i brečiranim dolomitima, a variraju od 2,28-38,99 ppm. Kod toga je važno istaknuti da brečirani ranodijagenetski dolomiti imaju i do 10 puta veću  $\Sigma$ REE u odnosu na anizičke dolomite (Tablica 5.8; slike 5.45 i 5.47). U odnosu na kompozit sjevernoameričkih šejlova lakim lantanidima obogaćeni su karbonski pješčenjak, tamni uložak u bazalnom pješčenjaku i uzorci iz rasjednih zona (Tablica 5.8; slike 5.44 i 5.46). U odnosu na kompozit sjevernoameričkih šejlova teškim lantanidima obogaćeni su gredenski pješčenjaci, bazalni pješčenjaci i svi uzorci dolomita (Tablica 5.8). Svakako najzanimljiviji uzorci su bazalni pješčenjak (4679) i tamni uložak u bazalnom pješčenjaku (4680). Naime bazalni pješčenjak ima najviše vrijednosti  $\Sigma$ REE i najniže vrijednosti  $\Sigma$ LREE/ $\Sigma$ HREE (i La/Yb) dok tamni uložak u bazalnom pješčenjaku ima bitno najviše vrijednosti  $\Sigma$ LREE/ $\Sigma$ HREE (i La/Yb). U ova dva uzorka utvrđene su i najizraženije europske anomalije.

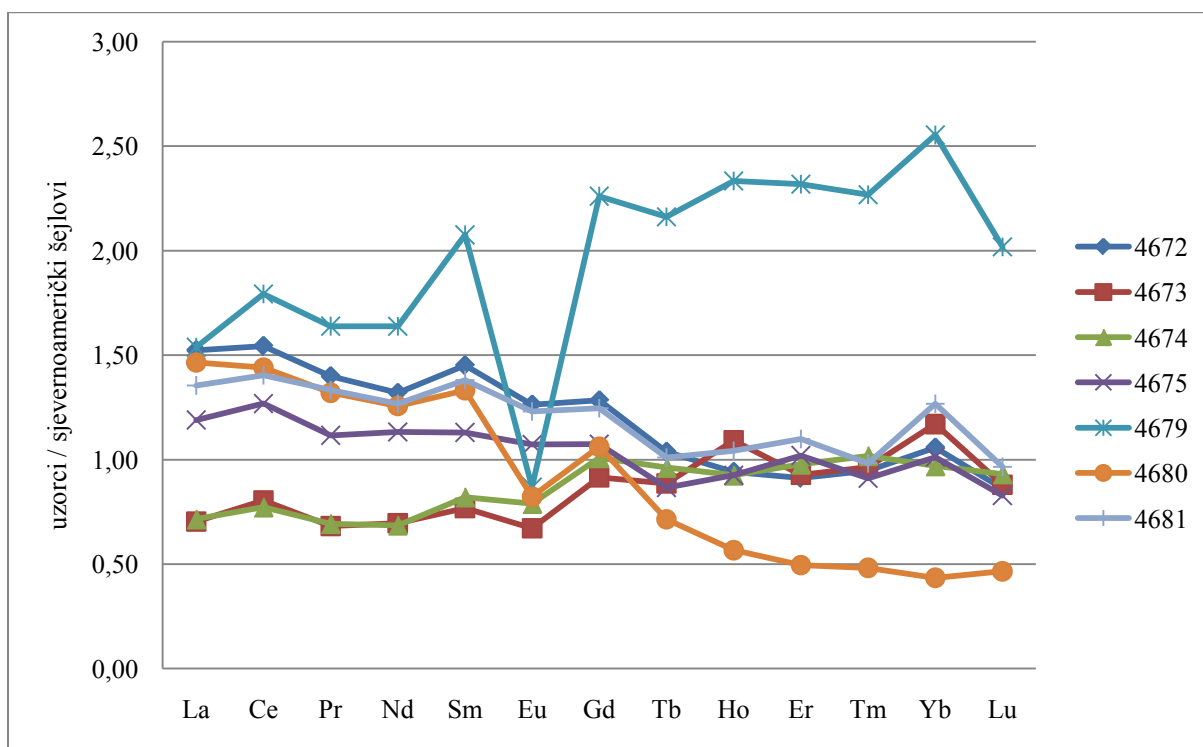


Slika 5.44. Hondritski normalizirane krivulje za pješčenjake, karbonski škriljavac i uzorke iz rasjednih zona

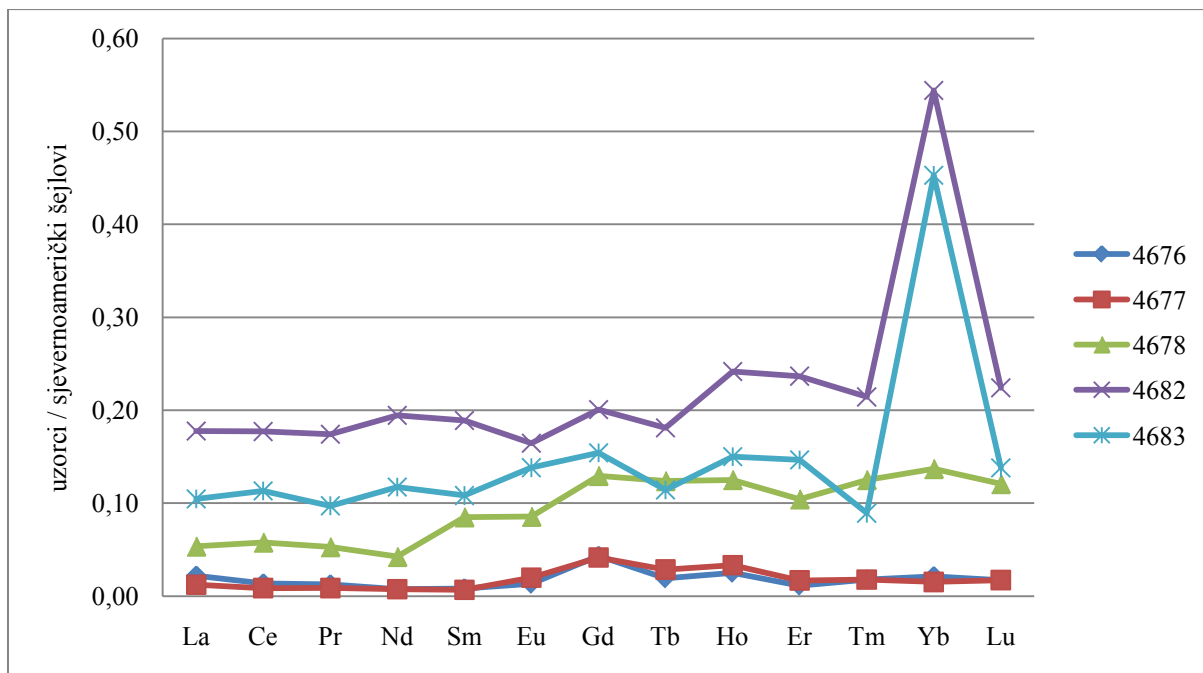


Slika 5.45. Hondritski normalizirane krivulje za dolomite





Slika 5.46. Krivulje pješčenjaka, karbonskog škriljavca i uzoraka iz rasjednih zona normaliziranih na kompozit sjevernoameričkih šejlova (NACS)



Slika 5.47. Krivulje dolomita normaliziranih na kompozit sjevernoameričkih šejlova (NACS)

Tablica 5.7. Distribucija elemenata rijetkih zemalja u uzorcima

ppm	4672	4673	4674	4675	4676	4677	4678	4679	4680	4681	4682	4683
<b>La</b>	62,60	28,90	29,40	48,90	0,90	0,50	2,20	63,20	60,20	55,70	7,30	4,30
<b>Ce</b>	125,50	65,40	62,80	103,10	1,10	0,70	4,70	145,70	117,10	114,10	14,40	9,20
<b>Pr</b>	14,55	7,10	7,21	11,61	0,13	0,09	0,55	17,04	13,73	13,86	1,81	1,01
<b>Nd</b>	52,90	27,90	27,50	45,40	0,30	0,30	1,70	65,70	50,40	50,80	7,80	4,70
<b>Sm</b>	10,59	5,61	5,99	8,25	0,06	0,05	0,62	15,15	9,72	10,08	1,38	0,79
<b>Eu</b>	1,92	1,02	1,20	1,63	0,02	0,03	0,13	1,32	1,25	1,87	0,25	0,21
<b>Gd</b>	7,74	5,52	6,08	6,48	0,26	0,25	0,78	13,63	6,40	7,51	1,21	0,93
<b>Tb</b>	1,09	0,93	1,01	0,91	0,02	0,03	0,13	2,27	0,75	1,06	0,19	0,12
<b>Dy</b>	6,13	5,46	5,72	5,57	0,16	0,16	0,78	13,68	3,20	6,51	1,38	0,74
<b>Ho</b>	1,13	1,31	1,11	1,11	0,03	0,04	0,15	2,80	0,68	1,25	0,29	0,18
<b>Er</b>	3,24	3,29	3,47	3,62	0,04	0,06	0,37	8,23	1,76	3,90	0,84	0,52
<b>Tm</b>	0,53	0,54	0,57	0,51	0,01	0,01	0,07	1,27	0,27	0,55	0,12	0,05
<b>Yb</b>	3,48	3,85	3,19	3,33	0,07	0,05	0,45	8,40	1,43	4,17	1,79	1,49
<b>Lu</b>	0,50	0,51	0,54	0,48	0,01	0,01	0,07	1,17	0,27	0,56	0,13	0,08

Tablica 5.8. parametri distribucije REE u uzorcima (u tekstu poglavlja 5.3.3 objašnjene su kratice korištene u tablici; vrijednosti  $\Sigma$ REE,  $\Sigma$ LREE i  $\Sigma$ HREE u ppm ).

	<b>4672</b>	<b>4673</b>	<b>4674</b>	<b>4675</b>	<b>4676</b>	<b>4677</b>	<b>4678</b>	<b>4679</b>	<b>4680</b>	<b>4681</b>	<b>4682</b>	<b>4683</b>
<b><math>\Sigma</math>REE</b>	291,90	157,34	155,79	240,90	3,11	2,28	12,70	359,56	267,16	271,92	38,89	24,32
<b>La/Yb</b>	12,16	5,07	6,23	9,92	8,69	6,76	3,30	5,08	28,45	9,03	2,76	1,95
<b><math>\Sigma</math>LREE</b>	268,06	135,93	134,10	218,89	2,51	1,67	9,90	308,11	252,40	246,41	32,94	20,21
<b><math>\Sigma</math>HREE</b>	23,84	21,41	21,69	22,01	0,60	0,61	2,80	51,45	14,76	25,51	5,95	4,11
<b><math>\Sigma</math>LREE/<math>\Sigma</math>HREE</b>	11,24	6,35	6,18	9,95	4,18	2,74	3,54	5,99	17,10	9,66	5,54	4,92

## 6. DISKUSIJA

Idrijska struktura bila je aktivna od ranog skita do ranog karnika i razvila se u gornjem dijelu dome u približno 1 km širokom i 5 km dugačkom abortiranom riftu. Tijekom ladinika aktivni su subvertikalni rasjedi (I-Z i S-J) uz koje su vertikalni pokreti i 900 m, posljedica toga je opetovano uzdizanje i površinsko trošenje. Kao posljedica dva srednje trijaska regresivno/transgresivna ciklusa nastala je tektonsko-erozijska diskordancija s maksimalnim rasponom od permokarbonske do gornjeg trijaska. (Lavric i Spangenberg, 2003)

Intenzivna tektonska aktivnost u pratnji s vulkanskim aktivnostima dovela je do taloženja konglomerata i piroklastičnih stijena, a potom singenetskog taloženja rude. Uz nastavak sedimentacije, korito postaje pliće i na kraju biva pokriveno močvarnim sedimentom. Fosilni ostaci flore i faune dokazi su bočate močvarne okoline. Isprekidana vulkanska aktivnost proizvodi tufove, tufite i rožnjake u čijim se slojevima nalaze i leće alteriranih bazaltni tokova (Placer i Čar, 1977). Do sredine trijaska stijene se razvijaju u plitkomorskom okolišu kada dolazi do velikih pomaka u zemljinoj kori i područje ispresijecaju mnogi rasjedi. Srednjotrijaskom tektonikom stvaraju se tektonske grabe sa južnim i sjevernim pragom, a kako tektoniku prati vulkanizam nastaju tufovi i tufiti u močvarama koji su glavni uzrok nastanka singenetskog ležišta žive.

Veliki utjecaj na rudno ležište bio je razvitak Idrijskog rasjeda koji je i danas aktivan (Placer i Čar, 1977.). Za vrijeme srednjeg trijaska dolazi do kontinentalnog riftovanja koje zahvaća i centralni dio današnje Slovenije. Pri tome nastaje nekoliko kilometara široko tektonsko korito, a uz ovaj događaj se na južnom dijelu počeo paralelno formirati Idrijski rasjed nekoliko kilometara širok i desetke kilometara dugačak koji je aktivan i danas. Tijekom srednjeg i gornjeg anizika, uz djelovanje stresa, nastaju daljnji rasjedi. Pukotine nastale tijekom djelovanja ovih rasjeda napravile su put duž kojeg su živine pare krenule prema gore. Na putu prema površini smanjivala se temperatura i tlak te su se pare počele kondenzirati i akumulirati u pukotinama tektonski razlomljenih stijena duž rasjeda. Djelovanjem daljnjeg stresa na ovom području došlo je do stvaranja novih pukotina koje su zatim promijenile tok živinih para kroz sediment. Otopine žive su ispunile pukotine pješčenjaka i silita u najnižim dijelovima sedimentnih slojeva.

Temeljem geološke prospekcije područja na površini iznad samog rudnog ležišta utvrdili smo kako su glavne zastupljene stijene pješčenjaci u kojima pronalazimo leće

vapnenca i dolomita. Determinirane stijene su donjoskitski pješčenjak, ladinički sivi dolomitni konglomerat, leće donjeskitskog oolitnog vapnenca u donjoskitskom pješčenjaku, karbonski škriljavac i gredenski pješčenjak. Donjoskitski pješčenjak je svjetlo žute do svjetlo smeđe boje, sitnozrnat i rastresit (Slika 5.2). Prostire se na širem proučavanom području te je obogaćen organskom materijom. Osim na točki jedan nalazimo ga i na trećoj točki koja predstavlja leće donjeskitskog oolitnog vapnenca u donjoskitskom pješčenjaku (Slika 5.4). Donjoskitski oolitni vapnenac je svjetlo sive boje, gusto pakiran i vidimo jasno fosilne ostatke (Slika 5.5.) pronalazimo ga na terenu samo u obliku leća. Na 2. točki nalazimo ladinički sivi dolomitni konglomerat. Stijena je gusto pakirana, sive do svijetlosive boje (Slika 5.3). U litostratigrafskom smislu predstavlja stijenu koja pripada sivim vapnenačko dolomitnim konglomeratima. Na točki 4. utvrdili smo karbonski škriljavac koji predstavlja najstariju stijenu s ovog područja. Škriljavac je tamno smeđe do gotovo crne boje, srednjezrnat i u površinskom dijelu rastresit. Kod ove točke vidljiv je kontakt karbonskog škriljavca i donjoskitskog pješčenjaka (Slika 5.7.). Na posljednjoj točki determinirali smo gredenski pješčenjak svjetlo smeđe boje, srednjezrnat i rastresit (Slika 5.8). Kontakti determinirani na terenu dokaz su zamršene tektonske slike koju vidimo iz geološke karte Idrije (Slika 3.1). Na karti su vidljivi Idrijski rasjed, rasjed Ruda 1 i 2, Inzaghijev, Bernikov i Smukov rasjed. Škriljavost koju pronalazimo u karbonskim stijenama, uz determinirane kontakte, dokazi su o izrazitim tektonskim pomacima koji su utjecali na ovo područje i rasjedanja.

U rudniku nalazimo istu zamršenu tektonsku sliku kao i na površini, obzirom na izraženu tektoniku i brojnost rasjeda različitih starosti. Prva jedinica je karbonski tamno sivi škriljavac (uzorak 4672) na kojeg se nastavljaju gredenske naslage pješčenjaka i gline (uzorci 4673, 4674) svjetlije smeđe boje. Na 14- om metru započinje izražena rasjedna zona (Slika 5.9), crne ispune, gdje je kontakt dvaju jedinica (uzorak 4675), naslaga gredena i anizika. Naslage srednjeg trijasa predstavljene sivim zrnatim anizičkim dolomitom (uzorci 4676 i 4677) prostiru se od 11 do 0 og metra prvog segmenta te ga vidimo i na početku drugog profila gdje je jasna granica sa idućom jedinicom. Anizički je dolomit jako tektoniziran djelovanjem mnogobrojnih rasjeda koje smo uspjeli vidjeti u hodniku. Rasjedi se iz III horizonta nastavljaju na više i niže horizonte. Oko 3 metra pred kraj hodnika nailazimo na orudnjenu zonu s mogućim nakupinama cinabarita i pirita u naslagama anizičkog dolomita koji je u kontaktu s naslagama pješčenjaka (uzorak 4678). Nastavljaju se naslage srednjeg trijasa predstavljene bazalnim pješčenjakom (uzorak 4679). Na 5 metru nailazimo na rasjednu zonu uz koju prianja zona tamne ispune u bazalnom pješčenjaku (uzorak 4680) koja

se nastavlja na kontaktnu zonu prijelaza između pješčenjaka i brečiranih dolomita srednjeg trijasa. Između 10 og i 15 metra nalazimo presijecanja rasjeda gdje je vidljiv pomak starije nastalog rasjeda uz mlađi rasjed kojemu se struktura nastavlja u gornji hodnik. Naslage determinirane u ovom području su prijelazne naslage između bazalnog pješčenjaka i brečiranih dolomita okarakterizirane velikim blokovima brečiranih dolomita zdrobljenih tektonskim pokretima uložnim u materijal koji se nalazi između blokova. Materijal koji služi kao vezivo u tektoniziranom rascjepu (Slika 5.13) sastoji se od pješčenjaka, gline, praha i organske materije, a vidljive su i pojave epsomita i cinabarita. Od 15 metra pa do kraja drugog segmenta nailazimo na naslage ladiničkih brečiranih dolomita. Uočavamo zanimljivu strukturu mlađeg rasjeda (Slika 5.14) koji presijeca tri starija rasjeda. Uzorak uzet iz rasjednutog područja (4683) determiniran je kao brečirani dolomit.

Mikroskopiranjem smo smo dobili puno jasniji uvid u stijene koje smo kartirali i uspjeli smo ih petrografki determinirati.. Tako uzorci ID 1 i ID 9 predstavljaju tamnu, klastičnu, sitnozrnastu sedimentnu stijenu SILTIT do LAMINIRANI SILTIT/ŠEJL ( Tišljar, 2004). Stijena se sastoji od pretežito zrna kvarca i čestica veličine manjih od 0,063 mm pa je svrstavamo u sitnozrnate, pelitne sedimente, a prema klasifikaciji Pottera i dr. svrstavamo ovu stijenu u siltite. Ova je stijena prijelazni litološki član između taložina pijesaka i sitnozrnastih glinovitih sedimenta, taložen u mirnoj slabo pokretljivoj vodenoj sredini. Uzorak ID 9 predstavlja tamnu, sitnozrnastu stijenu uložak u pješčenjaku, koji slični tamnom, zrnastom siltitu (Slika 5.25 a i b). Mikrofotografije uzorka upućuju na istu strukturu kao i kod uzorka ID 1 te vidimo iste klaste tinjaca i kvarca no lošije je sortiran i sitnozrnastiji od uzorka ID 1. Ovdje vidimo više nakupina crnih minerala te se po uzorku vidi kako je orudnjen i dobro imegriran rudnim mineralima. U većim klastima pješčenjaka vidimo strukture koje su izuzetno prožete „kockicama“ vjerojatno minerala pirita. U jednom dijelu uzorka nalazi se uklopak identičan uzorku ID 8 koji vidimo prikazanog na slikama. U sitnozrnastom pješčenjaku nalazimo uklopke šejlova („škriljavaca“) što vjerojatno predstavlja dio rasjednog materijala.

Uzorak ID 2 i ID 3 predstavljaju svijetlu, klastičnu, srednjezrnastu sedimentnu stijenu SREDNJEZRNASTI PJEŠČENJAK tipa KVARCNOG ARENITA (Tišljar, 2004). Na mikrofotografijama se mogu uočiti kvarcna zrna i karbonatno vezivo te manje ili veće nakupine crnih, izotropnih minerala. Klasti su uglavnom kvarcna zrna, srednje sortirana i srednje zaobljena, te se podređeno uočavaju i odlomci stijena, uglavnom kvarcita. Stijena je srednje gusto pakirana, s točkastim i eventualno tangencijalnim kontaktima među klastima.

Prema veličini zrna stijenu smo svrstali u pješčenjake (0.063-2 mm). U uzorku smo primijetili kako se stijena sastoji pretežno od kvarcnih zrna uz manje od 15 % matriksa što ga svrstava u arenite, a činjenica da su zrna pretežno kvarca svrstava ovu stijenu u kvarcne arenite. Klasifikacija na temelju međusobnog udjela kvarca, odlomaka stijena, feldspata i matriksa odrađujemo prema Pettijohnu i dr (Tišljarić, 2004). Sedimentološki to su pješčenjaci visokog stupnja petrološke zrelosti. Uzorak ID 3 od uzorka ID 2 razlikuje po tome što ima sitnozrnastiju strukturu.

Na mikrofotografijama uzorak ID 5 (Sl. 5.21 a, b) uočavamo kristalastu, sitnozrnastu, hipidiomorfnu strukturu dolomita. Primarnu strukturu uočavamo u diskretnim zonama, u kojima su uklopljena i crna zrna izotropnih minerala, vjerojatno pirita i/ili cinabarita. Uočavamo i fosilne ostatke školjkaša s tankim ljušturama (Sl. 5.21 a), koji predstavljaju ostatke primarne strukture vapnenca. Sitnozrnasta struktura omogućava potpuno očuvanje primarnih teksturnih i strukturnih značajki vapnenačkog taloga i nakon njegove potpune ranodijagenetske dolomitizacije. Također na ranu dolomitizaciju upućuju ostaci fosila školjkaša. Zbog zadržavanja primarnih strukturnih komponenata vapnenačkih taloga kod opisa primjenjujemo Folkovu klasifikaciju strukturnih tipova vapnenaca uz prefiks dolo. Kod uzorka ID 5 uočavamo strukturu tipa intrasparit pa je stijena determinirana kao RANODIJAGENETSKI DOLOMIT tipa DOLOINTRASPARIT (Tišljarić, 2001). Ove stijene nastaju tijekom sedimentacijskih procesa ili ubrzo nakon njih.

Uzorak ID 6 predstavlja svijetlu, sitnozrnastu stijenu, također RANODIJAGENETSKI DOLOMIT. Na mikrofotografiji (Slika 5.22. ) vidimo sitnozrnasti, hipidiomorfni dolomit, kod kojega uočavamo ostatke primarne strukture vapnenca. U nakupinama po cijelom uzorku vidimo crna zrna koja ukomponirano imaju ostatke primarne strukture. Osim nakupina minerala uočavamo i različite dolomitizirane fosile (foraminifere, puževe). U nakupinama crnih, opakih minerala uočavamo i epigenetska orudnjenja cinabaritom ili piritom, kao i kod uzorka ID 5. Stijena je primarno bila tipa vapnenac grejnston do radston, što nam govori međusobna zrska potpora te karbonatni cement između pora (prema Tišljarić, 2001), koji je potom ranodijagenetski dolomitiziran. Vapnenac tipa grejnston do radston klasificirana je prema Dunhamovoj klasifikaciji i primjenjuje se pri makroskopskim opisima vapnenca i opisuje vapnenac sastavljen od zrna s međusobnom potporom, a između njih je izlučen cement. Kao i kod uzorka ID 5 vidimo ostatke primarne strukture vapnenca te fosilne ostatke što nas upućuje na ranodijagenetski dolomit. Primjenjujemo Folkovu klasifikaciju strukturnih tipova vapnenaca uz prefiks dolo pri čemu se u ovom uzorku u odnosu na prethodni vidi veći

broj fosilnih ostataka pa struktura više nalikuje biosparitu. Stijena je determinirana kao RANODIJAGENETSKI DOLOMIT tipa DOLOBIOSPARIT (Tišljari, 2001).

Uzorak ID 7 predstavlja svijetlu, sitnozrnastu karbonatnu stijenu (dolomit), uzorkovan u kontaktu s klastičnom, srednjezrnastom stijenom (pješčenjacom) determinirana kao KONTAKT DOLOMITA i PJEŠČENJAKA (Tišljari, 2001). Na mikrofotografijama vidimo sitnozrnasti hipidiomorfni dolomit, kod kojega ne uočavamo primarnu strukturu (Slika 5.23 a i b). U nakupinama po cijelom uzorku vidimo crna zrna koje imaju ukomponirane minerale crvenkaste boje, vjerojatno cinabarit. Jasno vidimo kontakt dolomita i pješčenjaka te se na tom kontaktu vide žilice, koje su zapunjene tamnosmeđim mineralima. Pješčenjaka koji je vidljiv u ovom uzorku je vrlo sličan (vjerojatno identičan) brečiranom pješčenjaku, opisanom u sljedećem uzorku (ID 8), gdje ga nalazimo kao klaste u sitnozrnastoj breči.

Uzorak ID 8 predstavlja svijetlu stijenu, brečolikog izgleda, uzorkovanu iz desnog boka hodnika. Nastala je od klasta istog tipa opisanog u prethodnom uzorku. To su klasti pješčenjaka, koji izgledaju djelomice metamorfozirani. Struktura je obilježena klastima veličine sitnozrnastih breča do krupnozrnastih pješčenjaka, a izgleda da je uzorak nastao brečiranjem *in situ*. Građa je nodulasta, a između klasta ima dosta nakupina tamnih izotropnih minerala, vjerojatno pirita (Sl 5.24 a). Stijena je nastala uslijed kompakcije rožnjaka ili kvarcita. I u pojedinim klastima također uočavamo rudne minerale (Sl 5.24 b). Stijena je determinirana kao BREČIRANI I METAMORFOZIRANI PJEŠČENJAK do MILONITNA BREČA (Tišljari, 2001). Ovakva stijena nastaje u zonama rasjedanja, intezivnog tektonskog drobljenja i milonitizacije.

Uzorak ID 11 predstavlja svijetlu, srednjezrnastu karbonatnu stijenu, brečolikog izgleda. Slično kao i u uzorku ID 7, možemo uočiti kontakt, ali u ovome slučaju, između brečiranog dolomita i pješčenjaka. Kvarcne žilice koje se pružaju okomito na kontakt s pješčenjacom ispunjene su crnim izotropnim mineralima. U dolomitu se uočavaju i ostatci fosila (npr. gastropodi) te tzv. „duhovi“ ooida, koji predstavljaju ostatke primarne strukture vapnenca. Na ranu dolomitizaciju upućuju ostaci fosila školjkaša. Stijena je determinirana kao BREČIRANI RANODIJAGENETSKI DOLOMIT (Tišljari, 2001). Ovakva stijena nastaje u zonama rasjedanja. Sličan uzorak je ID 12 u kojem jedino ne vidimo kontakt s pješčenjacom.

Rendgenskom difrakcijom analizom utvrdili smo kako su dominantne mineralne faze u uzorcima kvarc i dolomit. Uzorci karbonskog i gredenskog pješčenjaka te rasjedne zone između pješčenjaka i dolomita imaju najzastupljeniji kvarc, a uz njega kao dominantnu



mineralnu fazu nalazimo i kaolinit. Znatno zastupljena mineralna faza u ovim uzorcima su tinjčasti minerali, koji su nešto slabije zastupljeni u uzorku 4673. Uzorci gredenskog pješčenjaka (4673 i 4674) kao znatno zastupljenu mineralnu fazu sadrže dolomit. U malim udjelima u ovim uzorcima vidimo pirit koji je najviše zastupljen u uzorku 4675 (Slika 5.30). U uzorku iz rasjedne zone (uzorak 4675) uz kvarc, kaolinit, tinjčaste minerale i pirit utvrđeni su gips i rozenit. Uzorci 4676, 4677 i 4678 kao dominantnu mineralnu fazu sadrže dolomit. U uzorku 4678 utvrđeni su mali udjeli kvarca i kaolinita (Slika 5.31). Nalaz ovih mineralnih faza u dolomitu vjerojatno možemo povezati s činjenicom da je uzorak orudnjen i nalazi se u kontaktnoj zoni s pješčenjakom. U uzorku 4680 (crni uložak u pješčenjaku) dominantna mineralna faza je kvarc, pirit je malo do znatno zastupljen, a kaolinit i tinjčasti mineral (vjerojatno muskovit) su malo zastupljeni. Uzorak 4681 predstavlja kontakt između brečiranog dolomita i bazalnog pješčenjaka i sukladno tome ima raznolik udio minerala (Slika 5.32). Dominantna faza u uzorku je kvarc, kaolinit i tinjčasti minerali su znatno zastupljeni, a u maloj količini utvrđeni su pirit i gips. Brečirani ranodijagenetski dolomit (uzorak 4682) i ranodijagenetski dolomit (uzorak 4683) uz dolomit kao dominantnu mineralnu fazu sadrži kao manje zastupljene faze kaolinit, kvarc, pirit i gips.

U uzorcima pješčenjaka, silita/šejla, breče te u rasjednoj zoni najzastupljenija komponenta je  $\text{SiO}_2$ . Najviše vrijednosti utvrđene su u pješčenjacima. Znatno niže udjele  $\text{SiO}_2$  nalazimo u dolomitima i brečiranim dolomitima (0,12-5,47). Slijedeći oksid po zastupljenosti je  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Njime je najbogatiji brečirani pješčenjak (25,98%), a slijede karbonski silit/šejl (23,76%) i rasjedne zone (21,91% i 21,31%). Najniže vrijednosti utvrđene su u anizičkim dolomitima (0,05 i 0,25%). Sa  $\text{CaO}$  i  $\text{MgO}$  najbogatiji su uzorci anizičkog dolomita (4676,4677,4678) te uzorci brečiranog dolomita (4682 i 4683). Navedene uzorke karakteriziraju i najniže vrijednosti za  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  i  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Najniže vrijednosti  $\text{CaO}$  i  $\text{MgO}$  imaju pješčenjaci, karbonski silit/šejl, brečirani pješčenjak i uzorci iz rasjednih zona (4675 i 4681).

Najviša vrijednosti  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  utvrđena je u uzorku silita/šejla (5,61%) koji se kao uložak nalazi u brečiranom pješčenjaku. Željezo je povišeno u brečiranom pješčenjaka (4,20%) i u rasjednoj zoni (4,97%). Sa  $\text{K}_2\text{O}$  i  $\text{Na}_2\text{O}$  su najbogatiji karbonski silit/šejl i uzorci iz rasjednih zona (4675 i 4681). Najviša vrijednosti  $\text{TiO}_2$  utvrđena je u uzorku iz rasjedne zone (na kontaktu silita/šejla i brečiranog dolomita (1,01%). Titan je povišen u karbonskom silitu/šejlu, pješčenjacima i uzorku iz rasjedne zone (kontakt gredenskog pješčenjaka i anizičkog dolomita) i kreće se u rasponu od 0,68 do 0,98% (Slika 5.36). Udjel  $\text{P}_2\text{O}_5$  najviši je

u uzorku karbonskog silita/šejla (Slika 5.36). Zbog karbonatnog sastava gubitak žarenjem (LOI) najveći je u dolomitima i brečiranim dolomitima (Tablica 5.5). Najveće vrijednosti imaju anizički dolomiti (47,40% i 46,80%) dok su kod orudnjenog dolomita i brečiranog dolomita udjeli nešto niži. U pješčenjacima se vrijednosti LOI kreću od 6,50-9,30 %.

U uzorcima iz rasjednih zona i u uzorku karbonskog silita/šejla utvrdili smo smog povišene koncentracije barija. Uzorak 4675 ima najviše vrijednosti barija (1496 ppm), a uzorak 4681 sadrži 541 ppm-a. Ostale povišene vrijednosti nalazimo u brečiranim dolomitima (konglomeratima). Cirkonijem su najbogatiji uzorci pješčenjaka a najsiromašniji uzorci dolomita. Najviše vrijednosti vanadija utvrđene su u karbonskom silitu/šejlu (201 ppm) i uzorcima iz rasjednih zona (4675 i 4681) a najniže u uzorcima dolomita i brečiranog dolomita (Tablica 5.6, Slika 5.38). Važno je istaknuti da sličnu distribuciju kao vanadij imaju rubidij, molibden, bakar, nikal i volfram. Cinkom je najbogatiji uzorak gredenskog pješčenjaka (4674) i uzorci iz rasjednih zona (4675 i 4681), a najsiromašniji uzorci dolomita i brečiranog dolomita. Sličnu distribuciju cinku ima olovo (Tablica 5.6 i Slika 5.40). Najviše vrijednosti kobalta utvrđene su u uzorcima iz rasjednih zona (4675 i 4681), a najniže u uzorcima anizičkog dolomita. Kadmijem su najbogatiji uzorci gredenskog pješčenjaka (Tablica 5.6).

Razvidno je da su najveće koncentracije žive utvrđene u rasjednim zonama (uzorci 4675 i 4681), orudnjenom dolomitu/kontaktu dolomita i pješčenjaka u kojem je i pronađen cinabarit (4678) i dolomitu (4683) (Tablica 5.6.). Zanimljivo je da je uzorak 4683 izuzet blizu rasjedne zone.

Najviše vrijednosti sumpora utvrđene su u uzorcima iz rasjednih zona (4675 i 4681), u brečiranom pješčenjaku (4679) i ulošku silita/šejla koji se u njemu nalazi (4680). (Tablica 5.6). Obzirom da su u uzorcima brečiranog pješčenjaka i uloška silita/šejla koji se u njemu nalaze utvrđene niske vrijednosti žive, pretpostavljamo da je u njima glavna sulfidna mineralna faza pirit. Navedeno je u skladu s rezultatima kemijske (Tablica 5.6) i rentgenske analize (Tablica 5.4). U uzorcima orudnjenog dolomita/kontakt dolomita i pješčenjaka (4678) i dolomita (4683) u kojima su utvrđene visoke vrijednosti žive, udjeli željeza su niski pa pretpostavljamo da je u njima glavna sulfidna faza cinabarit. U uzorcima iz rasjedanih zona utvrđeni su visoki udjeli žive, željeza i sumpora pa je logično pretpostaviti da su u njima prisutni i pirit i cinabarit. Nadalje, ukoliko se promatraju svi uzorci jasno je razvidno da su upravo u uzorcima iz rasjednih zona utvrđene najviše vrijednosti za slijedeće elemente u tragovima: Ba, Co, Ni, Rb, V, W, Mo, As, Cu, Pb i Zn (Tablica 5.3). Također je zanimljivo

utvrditi da uzorci u kojima je glavna sulfidna mineralna faza cinabarit (4678 i 4683) sadrže samo povišene vrijednosti As (Tablica 5.6).

Najveće vrijednosti  $\Sigma$ REE utvrđene su u pješčenjacima i karbonskom škriljavcu (Tablica 5.8). Najveća vrijednost  $\Sigma$ REE utvrđena je u uzorku bazalnog pješčenjaka (359,56 ppm). Veće se vrijednosti i obogaćenje s elementima rijetkih zemalja uočavaju i u uzorcima izuzetih u rasjednim zonama 4675 i 4681. Znatno manje vrijednosti su u dolomitima i brečiranim dolomitima, a variraju od 2,28-38,99 ppm. Kod toga je važno istaknuti da brečirani ranodijagenetski dolomiti imaju i do 10 puta veće  $\Sigma$ REE u odnosu na anizičke dolomite (Tablica 5.8; slike 5.45 i 5.47). U odnosu na kompozit sjevernoameričkih šejlova lakim lantanidima obogaćeni su karbonski pješčenjak, tamni uložak u bazalnom pješčenjaku i uzorci iz rasjednih zona (Tablica 5.8; slike 5.44 i 5.46). U odnosu na kompozit sjevernoameričkih šejlova teškim lantanidima obogaćeni su gredenski pješčenjaci, bazalni pješčenjaci i svi uzorci dolomita (Tablica 5.8). Svakako najzanimljiviji uzorci su bazalni pješčenjak (4679) i tamni uložak u bazalnom pješčenjaku (4680). Naime bazalni pješčenjak ima najviše vrijednost  $\Sigma$ REE i najniže vrijednosti  $\Sigma$ LREE/ $\Sigma$ HREE (i La/Yb) dok tamni uložak u bazalnom pješčenjaku ima bitno najviše vrijednosti  $\Sigma$ LREE/ $\Sigma$ HREE (i La/Yb). U ova dva uzorka utvrđene su i najizraženije europske anomalije.

## 7. ZAKLJUČAK

Cilj ovog diplomskog rada bio je napraviti geološku jamsku kartu dijela III horizonta u rudniku žive Idrija te utvrditi mineraloške, petrološke i geokemijske karakteristike iskartiranih stijena. Tijekom izrade geološke karte izuzeto je ukupno 10 uzoraka stijena i dva uzorka materijala iz rasjednih zona. Na tim uzorcima provedene su mineraloške analize primjenom rentgenske difrakcijske analize, petrološke analize primjenom polarizacijskog mikroskopa (mikropetrografska determinacija) te su analizirani glavni elementi, elementi u tragovima i rijetke zemlje.

Glavni zaključci proizašli iz ovog rada su:

(1) Primjenom polarizacijskog mikroskopa mikropetrografski su determinirani svi tipovi kartiranih stijena i to (u zagradi su navedeni nazivi determiniranih stijena a ispred zagrade naziv koji koriste slovenske kolege u rudniku): karbonski škriljavac (siltit do laminirani siltit/šejl), gredenski pješčenjak (srednjezrnati pješčenjak tipa kvarcnog arenita), anizički dolomit (ranodijagenetski dolomit tipa dolomikrit sa fosilima i tipa dolobiosparit), bazalni pješčenjak (brečirani i metamorfozirani pješčenjak do milonitna breča) i brečirani dolomit (brečirani ranodijagenetski dolomit).

(2) Glavne mineralne faze u uzorcima karbonskog škriljavca, gredenskog pješčenjaka i bazalnog pješčenjaka su kvarc i kaolinit dok su tinjčasti minerali i pirit prisutni kao znatno ili malo zastupljene mineralne faze. U uzorcima gredenskog pješčenjaka uz prethodno navedene mineralne faze kao znatno zastupljena mineralna faza utvrđen je i dolomit. Ranodijagenetski brečirani dolomiti za razliku od anizičkog dolomita kao malo zastupljenu mineralnu fazu sadrži i kaolinit.

(3) Kao mineralne faze nastale procesima trošenja utvrđeni su gips i rozenit. Oni su utvrđeni u rasjednoj zoni između gredenskog pješčenjaka i anizičkog dolomita.

(4) Tijekom kartiranja i temeljem laboratorijskih istraživanja utvrđeno je da se mineralizacija sa cinabaritom nalazi u: (a) rasjednim zonama, (b) na kontaktu anizičkog dolomita i bazalnog pješčenjaka (na tom kontaktu se vide žilice, koje su zapunjene tamnosmeđim i opakim mineralima) i (c) brečiranom ranodijagenetskom dolomitu.

(5) U uzorcima pod (4b) i (4c) su utvrđene visoke vrijednosti žive, udjeli željeza su niski pa pretpostavljamo da je u njima glavna sulfidna faza cinabarit. U uzorcima iz rasjedanih zona (4a) utvrđeni su visoki udjeli žive, željeza i sumpora pa je logično pretpostaviti da su u njima prisutni i pirit i cinabarit

(6) Razvidno je da su upravo u uzorcima iz rasjednih zona (4a) utvrđene najviše vrijednosti za slijedeće elemente u tragovima: Ba, Co, Ni, Rb, V, W, Mo, As, Cu, Pb i Zn. Uzorci u kojima je glavna sulfidna mineralna faza cinabarit (4b i 4c) sadrže samo povišene vrijednosti As. Navedeno ukazuje da je mobilnost elemenata uz rasjedne zone bila drugačija od one unutar anizičkog dolomita i bazalnog pješčenjaka (na tom kontaktu se vide žilice, koje su zapunjene tamnosmeđim i opakim mineralima) te brečiranog ranodijagenetskog dolomita.

(7) Najveća vrijednost  $\Sigma$ REE utvrđena je u uzorku bazalnog pješčenjaka (359,56 ppm). Ako se promatraju dolomiti, brečirani ranodijagenetski dolomiti imaju i do 10 puta veću  $\Sigma$ REE u odnosu na anizičke dolomite. To jasno pokazuje da je tijekom mineralizacije došlo i do remobilizacije REE.

(8) U odnosu na kompozit sjevernoameričkih šejlova teškim lantanidima obogaćeni su gredenski pješčenjaci, bazalni pješčenjaci i svi uzorci dolomita. Za sada nemamo jasno objašnjenje zašto je u ovim stijenama došlo do obogaćenja na HREE.

## 8. LITERATURA

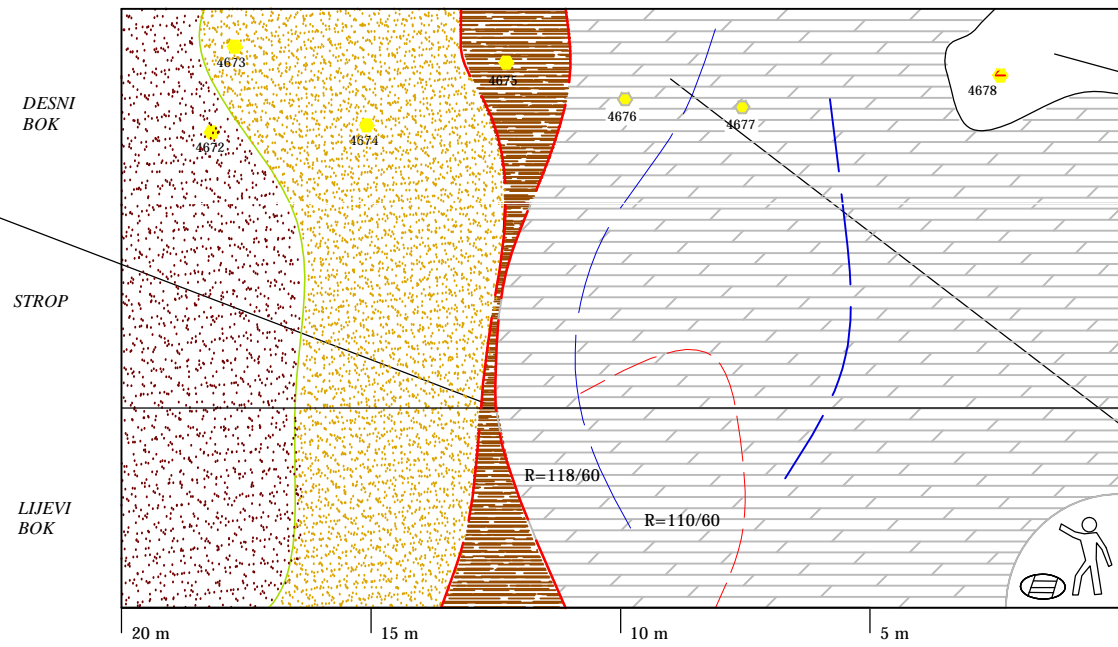
- BERCE, B.; 1958 ; Geologija živosrebrnega rudišča Idrija; 4.knjiga Geologija razprave in poročila 777
- BROWN E. „Relation" über die Bergwerke in Friaul. Palma Nova 1669, Einverleibt den „Actis Anglicis" 1669, p. 895, — und Kircher Athanasius P. „Mundi subterranei" lib. 9 Fal. m. 173 „Schreiben des P. Sigismundus Siserus über Hydria". Alle drei Relationen betreffen nach Valvasor nur den Bergbau und dessen Geschichte; Digitised by the Harvard University, Download from The BHL <http://www.biodiversitylibrary.org/>; [www.biologiezentrum.at](http://www.biologiezentrum.at) ; preuzeto u knjižnici RGNF 20.4.2015
- ČAR, J. i ČADEŽ, F.; 1977; Elastični vložki v srednjetriadnem dolomitu na Idrijskem; Geologija 20, str.85-106
- ČAR, J. i REZUN, B.; 2003 ; Geological Study Collection of the Mercury Mine in Idrija., 19-23.Scripta Geológica Special Issue, 4: 45-53
- ČAR, J.; 1975 ; Olistostrome v idrijskem srednjetriadnem tektonskem jarku; Geologija18, Ljubljana.
- DROVENIK, M . i ČAR, J. i STRMOLE, D.; 1975 ; Prispevek k petrologiji langobardskih kaolinitnih usedlin v idrijskem rudiscu (Langobard Tongesteine in der Idrija Lagerstätte); Geologija, 18:107155
- GOSARI,M. I ČAR, J.; 2006 ; Vpliv žgalnic živosrebrove rude iz 16. in 17. stoletja na razširjenost živega srebra v okolici Idrije,Geologija 49/1, 91–101
- KOSSMAT, F.; 1899; Über die geologischen Verhältnisse des Bergbaugebietes von Idria. Jahrbuch der kaiserlichköniglichen Geologischen Reichsanstalt;Digitised by the Harvard University, Download from The BHL <http://www.biodiversitylibrary.org/>; [www.biologiezentrum.at](http://www.biologiezentrum.at) ; preuzeto u knjižnici RGNF 20.4.2015
- LAVRICČ,V. i SPANGENBERG, J.; 2003 ; Stable isotope (C, O, S) systematics of the mercury mineralization at Idrija, Slovenia: constraints on fluid source and alteration processes, Mineralium Deposita ; 38: 886–899 DOI 10.1007/s00126-003-0377-9
- MLAKAR I. i DROVENIK M.; 1972 ; Geologie und Vererzung der Quecksilberlagerstatta Idrija Digitised by the Harvard University, Download from The

- BHL <http://www.biodiversitylibrary.org/>; [www.biologiezentrum.at](http://www.biologiezentrum.at) ; preuzeto u knjižnici RGNF 20.4.2015
- MLAKAR, I. i DROVENIK, M .; 1971; Strukturne in genetske posebnosti idrijskega rudisca (Structural and genetic particularities of the Idrija mercury ore deposit); Geologija, 14: 67126.
  - MLAKAR, I., ČAR, J.; 2010 ; Geological structure of the Idija-Cerkno hills, Explanatory book to the geological map of the Idija-Cerljansko hills between Stopnik and Rovte 1:25 000 (Geological survey of Slovenia), 22-67 str
  - PLACER, L., ČAR, J.; 1975 ; Rekonstrukcija srednjetriadnih razmer na idrijskem prostoru; Geologija 18
  - POPE Gualterus, 1665 , „Schreiben an Dr. Johann Wi lkins über Hydria" in den Actis Philosophicis Angl. Anni.; Digitised by the Harvard University, Download from The BHL <http://www.biodiversitylibrary.org/>; [www.biologiezentrum.at](http://www.biologiezentrum.at) ; preuzeto u knjižnici RGNF 20.4.2015
  - REČNIK, A.; 2013 ; Minerals of the Mercury Ore Deposit Idria, str. 1-45
  - SCOPOLI, G.A.; 1761 ; De Hydrargyro Idriensi. Tentamina physicochemico medica Venetiis; Digitised by the Harvard University, Download from The BHL <http://www.biodiversitylibrary.org/>; [www.biologiezentrum.at](http://www.biologiezentrum.at); preuzeto u knjižnici RGNF 20.4.2015
  - ŠMUC, A. i ČAR, J.; 2002 ; Upper Ladinian to Lower Carnian Sedimentary Evolution in the Idrija-Cerkno Region, Western Slovenia, str. 206-216
  - TIŠLJAR, J.; 2001 ; Sedimentologija karbonata i evaporita, str. 137-163
  - TIŠLJAR, J.; 2004 ; Sedimentologija klastičnih i silicijskih taložina, str. 20-148
  - VALVASOR JOHANN WEINHARD, Freiherr v., 1689, „Die Ehre des Herzogthumes Crain". Laybach anno I. Buch, 26 Oapitel, Seite 396 u. f. Notizen über Geschichte, Lage, Bevölkerung, Bergbau, Erze u. a. von Idria; Digitised by the Harvard University, Download from The BHL <http://www.biodiversitylibrary.org/>; [www.biologiezentrum.at](http://www.biologiezentrum.at) ; preuzeto u knjižnici RGNF 20.4.2015
  - VON MARC. VINC. LIPOID; 1874; Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebung von Idria in Krain, Digitised by the Harvard University, Download from The BHL <http://www.biodiversitylibrary.org/>; [www.biologiezentrum.at](http://www.biologiezentrum.at); preuzeto u knjižnici RGNF 20.4.2015
  - [www.google.hr/maps/Idrija](http://www.google.hr/maps/Idrija)

25 m 320 os tunela 0 m



Račvanje dvaju rasjeda, lijevi bok i strop, 12 m



Orudnjenje u anizičkom dolomitu, desni bok, 3 m



Anizički dolomit, desni bok, 10 m

	stariji rasjedi		epsomit u anizičkom dolomitu		mjesto uzimanja uzorka
	mlađi rasjedi		orudnjeni anizički dolomit		brečirani dolomit i bazalni pješčenjak
	karbonski pješčenjak		bazalni pješčenjak		tamni uložak u bazalnom pješčenjaku
	gredenski pješčenjak		brečirani dolomit		anizički dolomit (jako tektonizirano područje)
	rasjedna zona		okno		erozijska diskordancija

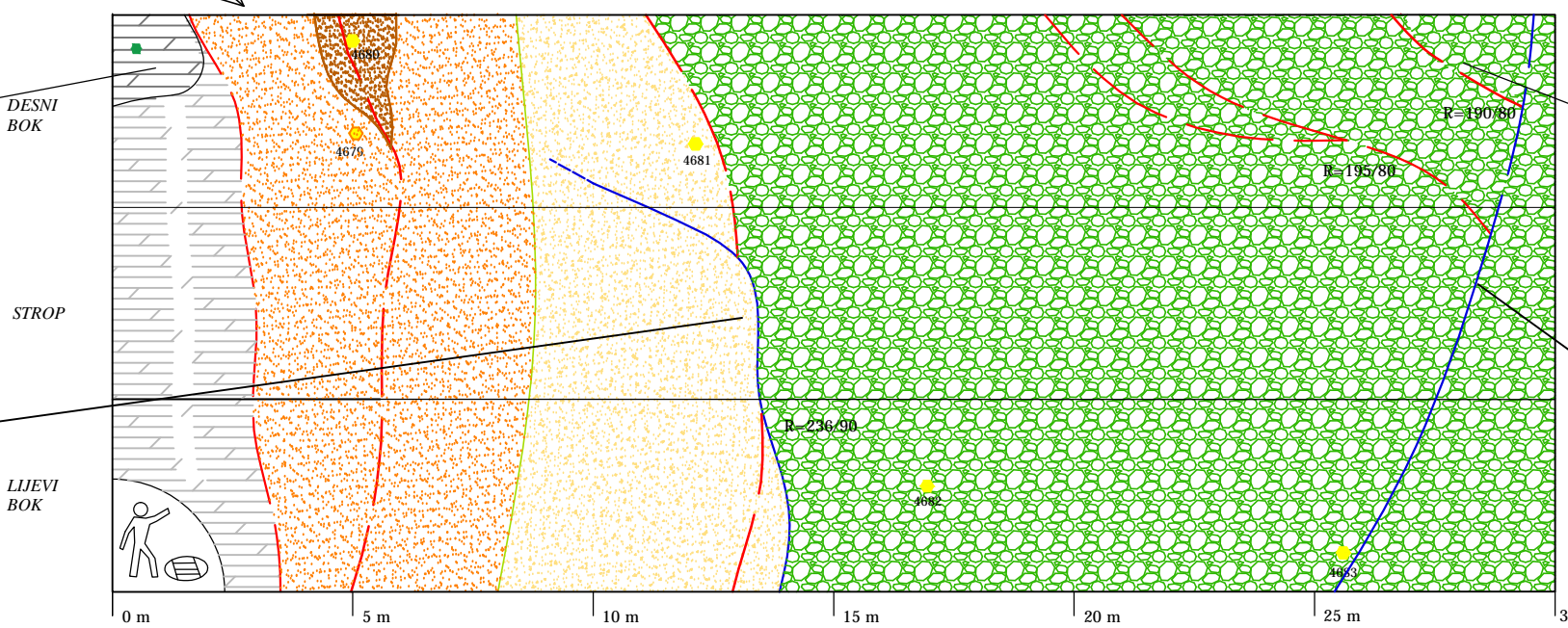
1:150

Prilog 1 - Jamska karta hodnika Idija, izradila: Mariana Bal, 2015

0 m 320 os tunela 25 m



Epsomit u anizičkom dolomitu, desni bok, 3 m



Brečirani dolomit, stariji rasjed, desni bok, 27-30 m

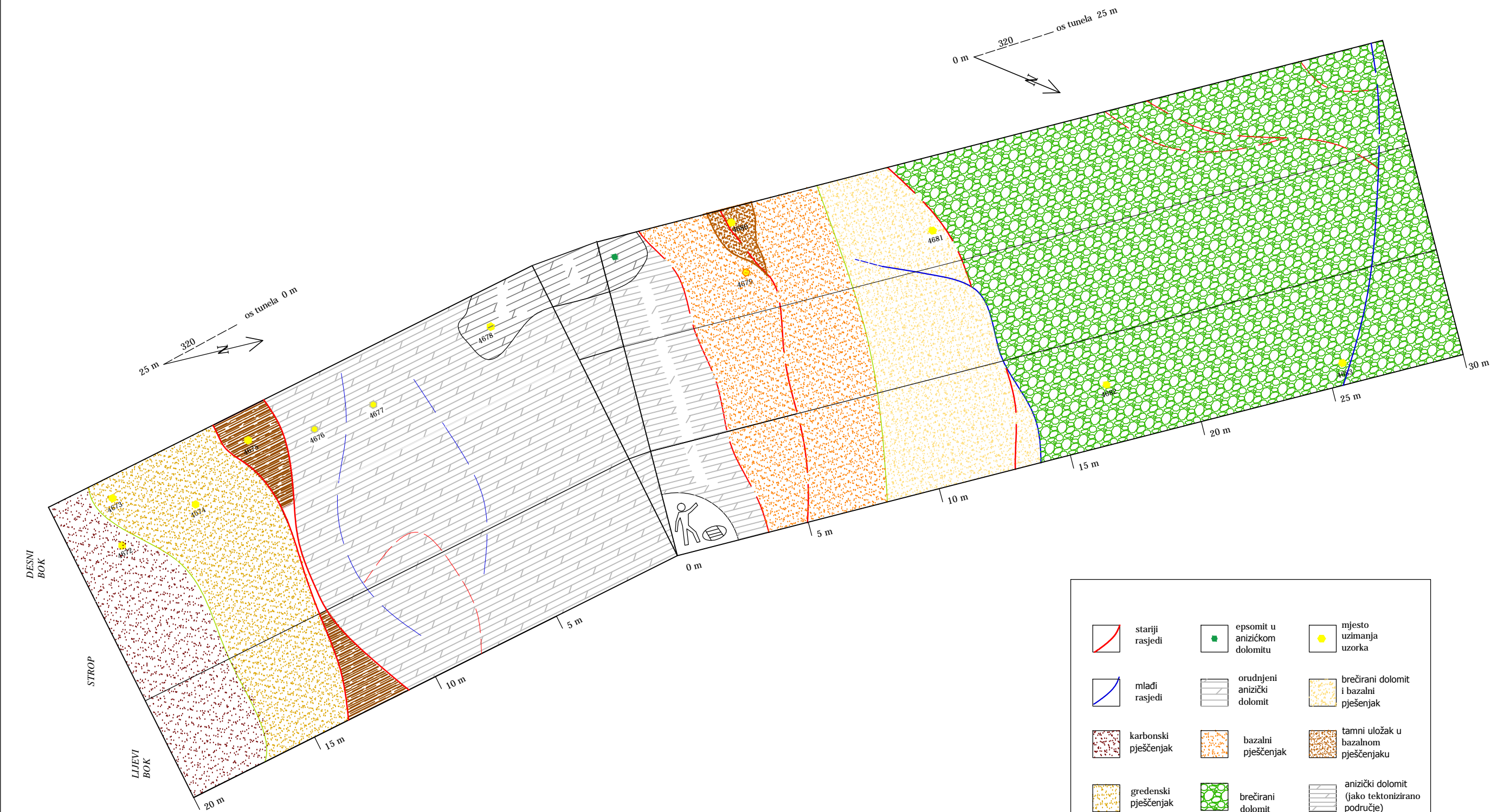


Brečirani dolomit, mlađi rasjed, bok i strop, 25-30 m



Kontaktna zona/rasjedi strop, 12 m





	starji rasjedi		epsomit u anizičkom dolomitu		mjesto uzimanja uzorka
	mladi rasjedi		orudnjeni anizički dolomit		brečirani dolomit i bazalni pješčenjak
	karbonski pješčenjak		bazalni pješčenjak		tamni uložak u bazalnom pješčenjaku
	gredenski pješčenjak		brečirani dolomit		anizički dolomit (jako tektonizirano područje)
	rasjedna zona		okno		erozijska diskordancija

1:150