Stanimir Putnik

Metalogenija bakra jurske dijabaz-rožnačke formacije

i njena komparacija sa trijaskom spilito-keratofirsko-porfiritskom formacijom u Podrinjsko-polimskom regionu

Geoinstitut

Posebna izdanja, knjiga 6

Stanimir Putnik

Metalogenija bakra jurske dijabaz-rožnačke formacije

i njena komparacija sa trijaskom spilito-keratofirsko-porfiritskom formacijom u Podrinjsko-polimskom regionu

Geoinstitut

Posebna izdanja, knjiga 6

Yu ISSN 0351-4498

UDK 553.43 (497.11)

Stanimir Putnik

Metallogenesis of copper in jurassic diabase — chert formation and its comparision with triassic spillito-keratophire-porphyritic formation in Podrinje-polimlje area

Monographs, vol. 6

Geoinstitut — research organization for geological, geophysical and mining exploration of nuclear and ohter, mineral raw materials, exploratory drilling, enginering geology and hydrogeology

Beograd, 1981

Yu ISSN 0351-4498

UDK 553.43 (497.11)

GEOINSTITUT - BIBLIOTEKA BEOGRAD 1 *

Stanimir Putnik

Metalogenija bakra jurske dijabaz-rožnačke formacije i njena komparacija sa trijaskom spilito-keratofirsko-porfiritskom formacijom u Podrinjsko-polimskom regionu

Posebna izdanja, knjiga 6

Geoinstitut — RO za geološka, geofizička i rudarska istraživanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, istražno bušenje, inženjersku geologiju i hidrogeologiju

Beograd, 1981

Redakcioni odbor

Dr Stevan Divljan

Miroslava Dromnjak

Đoka Ivanović

Dr Nadežda Krstić

Jelena Luković

Milan Milojević

Dr Slobodan Vukašinović

Glavni i odgovorni urednik

Dr Nadežda Krstić

Recenzenti

Dr Slobodan Janković

Dr Miloljub Petković

Инв. бр. 9032/1

Republička zajednica nauke Srbije

učestvovala je u troškovima izdavanja ove knjige

Sadržaj

7 **Uvod**

11 **Opšte karakteristike dosadašnjih istraživanja i izučavanja bakrovog orudnjenja u dijabaz-rožnačkoj formaciji Podrinjsko-polimskog regiona**

14 **Geotektonska evolucija dijabaz-rožnačke formacije**

26 **Opšte petrohemijske karakteristike magmatskih stena dijabaz-rožnačke formacije**

27 **Stene dijabaz-spilitske grupe**

27 Dijabazi

28 Spiliti

28 Pilou lave

28 Dijabazne breče

35 **Stene gabro-dijabazne grupe**

35 Dijabazi

35 Gabrovi

36 Dioriti

36 Kvarc dioriti

36 Granitoidne stene

37 **Ultrabazične stene**

38 **Piritsko-bakronosna ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji Podrinjsko-polimskog regiona**

38 **Karakteristike pojedinih izučavanih piritsko-bakronosnih ležišta**

38 Piritsko-bakronosno ležište Lajkovača

44 Piritsko-bakronosno ležište Rečica

46 Piritsko-magnetitsko-halkopiritsko ležište Novakovača

49 Piritsko-magnetitsko (mušketovitsko)-halkopiritsko ležište Ševulja

53 Piritsko-bakronosno ležište Tolišnica

53 Magnetit-piritsko-halkopiritsko ležište Stanča

60 **Opšte metalogenetske karakteristike piritsko-bakronosnih ležišta i mineralizacija u dijabaz-rožnačkoj formaciji Podrinjsko-polimskog regiona**

60 **Okolne stene**

61 **Rudokontrolni faktori**

61 **Klasifikacija ležišta prema mineralnom sastavu**

61 Piritska ležišta

61 Piritsko-bakronosna ležišta

62 **Opšte osobenosti mineralnog sastava i parageneze ležišta**

65 Struktura i tekstura rude

65 **Morfološki tipovi piritsko-bakonosnih ležišta**

71 **Karakteristika promena okolnih stena**

74 **Opšte karakteristike distribucije rudnih metala i pratećih mikroelemenata u ležištima**

81 **Primarni oreoli rasejavanja rudnih i pratećih metala**

82 **Procesi obrazovanja ležišta**

82 **Poreklo rudnih metala**

87 Izotopni sastav sulfidnog sumpora

94 **Fizičko-hemijska svojstva hidrotermalnih rastvora i mehanizam prenosa rudnih metala**

96 **Genetski model piritsko-bakronosnih ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne i Jugozapadne Srbije**

102 **Komparacija metalogenije bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji sa opštim metalogenetskim karakteristikama mineralizacija i ležišta bakra**

105 **Zaključak**

108 **Citirana literatura**

114 **Summary**

GEOINSTITUT - BIBLIOTEKA
BEOGRAD
1

Uvod

Metalogenija bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji Podrinjsko-polimskog regiona, kao uostalom i u oblasti čitavog njenog rasprostranjenja u našoj zemlji, doskora nije bila predmet studioznih istraživanja i izučavanja u nas, jer je ova formacija uglavnom smatrana neinteresantnom (»sterilnom«) sa aspekta mineralnih sirovina uopšte, te samim tim i u pogledu bakronosnosti.

Osnovni cilj naših metalogenetskih izučavanja i analiza, u suštini se sastojao u naporima da se utvrde zakonomernosti razmeštaja piritsko-bakronosnih ležišta u prostoru, kao i da se objasne uzroci takvih zakonomernosti.

Stoga smo u okviru ovog rada, kao i pri metalogenetskim izučavanjima dijabaz-rožnačke formacije kroz višegodišnju studiju »Ocena potencijalnosti dijabaz-rožnačke formacije SR Srbije u pogledu bakronosnosti«, pošli od činjenice da stvaranje ležišta mineralnih sirovina i njihov razmeštaj u prostoru, predstavlja samo sastavni deo ukupnih geoloških zbivanja koja uslovljavaju razvoj i građu zemljine kore.

Naša izučavanja čiji su rezultati prikazani u ovom radu, predstavljaju predmet genetske povezanosti rudnih pojava i ležišta bakra, u vremenu i prostoru sa geološkom građom dijabaz-rožnačke formacije Srbije u celini, odnosno sa njenim specifičnostima sa tog aspekta, u Podrinjsko-polimskom regionu. Jer, prema savremenom shvatanju, uloge metalogenetskih izučavanja (Шаталов i dr. 1964, 1972; Janković, 1967, 1974; Щеглов, 1976. i dr.), odnosno metalogenetske analize uopšte, jedino pravilno tumačenje uslova stvaranja i zakonomernosti prostornog razmeštaja rudnih ležišta, je moguće ukoliko se proces rudnog obrazovanja posmatra u kontekstu razvoja svih faktora koji čine komponente razvoja zemljine kore (litostratigrafski, sedimentno-metamorfni, strukturni, magmatski i dr.).

U metodološkom pogledu, ovaj rad se ustvari temelji na metalogenetskim izučavanjima, izradi regionalne metalogenetske karte (prilog 1. i 2.) i metalogenetskim analizama, s jedne strane i pratećim osnovnim istraživanjima, pretežno laboratorijskog i teoretskog karaktera, u cilju sticanja dopunskih informacija vezanih za objašnjenje kriterijuma i uslova nastanka i lokalizacije piritsko-bakronosnih ležišta, s druge strane. Pri tome, smo se koristili poznatim uopštenim modelom Jankovića (1974.), koji u okviru metalogenetskih izučavanja posebnu pažnju poklanja sledećim elementima:

(1) Izvor rudnih metala, po vrsti (poreklom tip matične magme) i prostornom položaju izvora (najšire postavljeno odnosi se na gornji omotač zemljine kore);

(2) Mehanizam primarne koncentracije rudnih metala i kontrolni faktori tih procesa (geološki i fizičko-hemijski, odnosno geohemijski);

(3) Prenošenje rudnih metala od praizvora do mesta konačne koncentracije, odnosno deponovanja i obrazovanja rudnih ležišta, uzimajući pri tome u obzir vrstu transporta rudnih metala, daljinu prenosa i kontrolne faktore prenosa (geološke i geohemijske);

(4) Proces obrazovanja rudnih ležišta i produkti tih procesa, nastali pod određenim geotektonskim i geohemijskim uslovima;

(5) Prateće pojave, vezane genetski i/ili prostorno sa obrazovanjem rudnih ležišta ili njihovim kasnijim promenama (zonalnost razmeštaja rudnih metala i mineralnih parageneza, oreoli rasejavanja, promene okolnih stena i dr.).

Naravno, uspešnost primene ovog modela, u okviru našeg rada, zavisila je pre svega, od raspoloživosti podatka, odnosno od mogućnosti utvrđivanja činjenica po navedenim elementima, na kojim se on temelji.

Glavne podatke za izradu metalogenetske karte na ovom području, pored temeljno pripremljene specijalne strukturno-geološke podloge, predstavljali su nam neposredni (glavni) mineragenetski elementi (rudna ležišta, rudne pojave, mineraloške pojave, odnosno rudni izdanci). Međutim, u zavisnosti od kompleksnosti i potpunosti podataka, kao i od stručno-naučnog nivoa i stepena metodološke savremenosti izvedenih geoloških, geohemijskih i geofizičkih istraživanja, pri izradi metalogenetske karte koristili smo i ove tzv. posredne mineragenetske faktore.

Piritsko-bakronosna ležišta i rudne pojave, prikazana su na metalogenetskoj karti simbolima, koji ujedno označavaju njihov genetski tip, morfološke karakteristike, temperaturu stvaranja, dubinu stvaranja i karakter okolnih stena.

Metalogenetsko rejoniranje, odnosno morfogenetsku klasifikaciju manjih metalogenetskih jedinica (rudna zona, rudno polje), koje se karakterišu utvrđenim bakrovim orudnjenjima i Fe-Cu mineralizacijama, izvršili smo pretežno na osnovu strukturne analize metalogenetskih karata. Jer, ove manje jedinice nesumnjivo imaju strukturološki relativno jasno definisan položaj u okviru određenih struktura višeg reda. Razume se, da smo istovremeno maksimalno koristili raspoložive, ranije navedene, posredne i neposredne mineragenetske faktore, zatim rudokontrolne faktore: strukturne (brečizirane, razlomne zone); magmatske (plitke Intruzije, slivovi dijabaza) i rudoformacijske (položaj, međusobni odnos različitih ležišta i dr.) i indikatore orudnjenja (intezivna silifikacija, strukture limonita i dr.).

Na taj način, izdvojili smo 3 rudne zone, i više rudnih polja i perspektivnih rudnih polja u njima, kao metalogenetske jedinice nižeg reda (prilog 1. i 2.).

Osnovna izučavanja, pored prikupljanja i analize literaturnih podataka o sličnim ležištima vezanim za bazične vulkanogeno-sedimentne formacije u svetu, sastojala su se pre svega, u sintezi i reinterpretaciji rezultata laboratorijskih istraživanja izvedenih u okviru »Projekta istraživanja bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne Srbije«, kao i u dopunskim laboratorijskim i drugim istraživanjima kao što su:

— Ispitivanje izotopnog sastava sumpora u piritsko-bakronosnim ležištima i rudnim pojavama.

— Proučavanje vrsta i karakteristika hidrotermalnih alteracija okolnih stena.

— Mikroskopska izučavanja ruda i matičnih stena u cilju utvrđivanja mineralnih parageneza, strukture i teksture rude, odnosno izučavanja procesa nastanka orudnjenja.

— Distribucija i karakteristike mikroelemenata u glavnim rudnim mineralima.

— Hemijska izučavanja glavnih i pratećih korisnih komponenti.

— Strukturne analize i dr.

Na početak naših sistematskih istraživanja bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne i Jugozapadne Srbije, bitno su uticali do tada (1970.) postignuti rezultati u istraživanjima i eksploataciji ležišta bakra u sličnim ili približno istim geološkim sredinama u svetu. Ova ležišta su relativno malih dimenzija, reda veličina od stotinak hiljada tona do najčešće 5—6 miliona tona bakrove rude, sa

srednjim sadržajem od 1 do preko 5% Cu i vezana su za bazični (dijabaz-spilitski, bazaltoidni) vulkanizam i prateću vulkansku sekvencu, koji obično zauzima gornje delove ofiolitskih kompleksa. Pored relativno velikog stepena učestanosti pojavljivanja, gotovo duž čitavog rasprostranjenja u svetu veoma poznatog velikog ofiolitskog kompleksa, počev od Švajcarske i Italije, preko naše zemlje, Albanije, Grčke, Kipra, Turske, Sirije, Irana, Indije, Dalekog Istoka i Pacifika, pa sve do Filipina, Japana, Nove Kaledonije i Novog Zelanda, neka od ovih ležišta u izvesnim zemljama sve više dobijaju ekonomski značaj (Albanija, Kipar, Turska, SSSR, Njufaundlend, Nova Kaledonija).

To su hidrotermalna-vulkanogeno-sedimentna ležišta, piritsko-bakronosnog karaktera sa orudnjenjem najčešće masivnog i štokverk-impregnacionog tipa, za sada najbolje i najviše izučavana u masivu Trodosa na Kipru (Hutchinson and Searle, 1971.; Constantinou and Govett, 1973.; Searle, 1972.; Sillitoe, 1973.; Spooner, Chapman and Smewing, 1977.; Janković 1977. i dr.), koja se sve više u svetskoj literaturi tretiraju kao »kiparski« tip piritsko-bakronosnih ležišta.

U toku višegodišnjih istraživanja bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne i Jugozapadne Srbije, pored utvrđivanja zakonomernosti razmeštaja, karaktera sredine, strukturne kontrole, uslova zaleganja, načina pojavljivanja i drugih metalogenetskih obeležja piritsko-bakronosnih ležišta, njihova efektivnost je manifestovana i do sada utvrđenim i procenjenim rezervama bakrovog orudnjenja. Pored toga, registrovan je čitav niz rudnih izdanaka i pojava bakrovog orudnjenja, od kojih veći deo zbog velike brojnosti, nije uopšte proveravan ni najminimalnijim obimom prospekciono-istražnih radova, neophodnih u cilju davanja najgrublje ocene njihove perspektivnosti sa aspekta bakronosnosti.

Učestanost, brojnost i stepen prostorne razmeštenosti ovih izdanaka i rudnih pojava, je gotovo ravnomeran na do sada istraživanim delovima dijabaz-rožnačke formacije (prilog 1. i 2.), te se na osnovu toga sa velikim stepenom verovatnoće može očekivati njihovo otkrivanje i u drugim delovima rasprostranjenja ove formacije u našoj zemlji. Jer, veliko rasprostranjenje dijabaz-rožnačke formacije u Jugoslaviji (Hrvatska, Bosna, Srbija, Crna Gora i Makedonija sl. 1.), sa tog aspekta geološku efektivnost dosadašnjih istraživanja bakra u njoj, po našem mišljenju, čini još značajnijom (posredna efektivnost).

Znači, vrednost kompleksnih geoloških informacija s jedne strane, do sada utvrđene i procenjene rezerve, kao i više od sto registrovanih rudnih izdanaka i pojava, s druge strane, pored još uvek vrlo niskog stepena istraženosti ove formacije u celini sa aspekta bakronosnosti, bezrezervno ukazuju na daleko veći mineralno-sirovinski potencijal, odnosno daje realne osnove za otkrivanje novih ležišta bakra u njoj.

U procesu proučavanja metalogenije bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji Podrinjsko-polimskog regiona, koristili smo brojne literaturne i naročito fondovske izvore informacija i podataka. Međutim, u okviru te mase podataka, rezultati osmogodišnjih sistematskih istraživanja i ispitivanja bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji Srbije koja od 1970. godine neprekidno vrši Geoinstitut, čine osnovu ovog rada.

U realizaciji navedenih osmogodišnjih istraživanja i ispitivanja, kojim je do kraja 1975. godine rukovodio autor, sarađivalo je više od 20 geologa raznih specijalnosti i nekoliko desetina geoloških tehničara i drugih tehničkih saradnika. U nemogućnosti da se svakom članu tog brojnog stručnog tima pojedinačno zahvalim, činim to u vidu opšte zahvalnosti svim saradnicima čiji su materijali koriš-

ćeni, kao i ostalima koji su direktno ili posredno doprineli uspešnom okončanju ove studije.

Matičnom kolektivu, Institutu za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, srdačno zahvaljujem na svestranoj pomoći i podršci.

Posebnu zahvalnost dugujem prof. dr ing. Slobodanu Jankoviću, na ukazanoj pomoći i konsultacijama, koja mi je posebno koristila u procesu obrade geneze i klasifikacije piritsko-bakronosnih rudnih pojava i ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji. Istovremeno zahvaljujem prof. dr ing. Stevanu Karamati, na pomoći kod rasčišćavanja nekih pitanja vezanih za geotektonsku evoluciju dijabaz-rožnačke formacije.

Milošu Bojiću, dipl. ing., duboko sam zahvalan na inicijativi i učinjenim naporima u vezi sa pokretanjem pitanja istraživanja bakrovih mineralizacija u ovoj formaciji, kao i prof. dr ing. Miloljubu Petkoviću, na podršci u početnim fazama naših istraživanja, odnosno u vremenu kada je u našoj stručnoj javnosti bilo dosta rezervi i otpora po pitanju istraživanja mineralnih sirovina u dijabaz-rožnačkoj formaciji.

Zahvaljujem Republičkoj zajednici nauke Srbije na finansiranju istraživačkog projekta »Ocena potencijalnosti dijabaz-rožnačke formacije u pogledu bakronosnosti«, kao i na ukazanoj finansijskoj pomoći pri štampanju ove Studije.

Opšte karakteristike dosadašnjih istraživanja i izučavanja bakrovog orudnjenja u dijabaz — rožnačkoj formaciji podrinjsko-polimskog regiona

Pod pojmom Podrinjsko-polimskog područja rasprostranjenja dijabaz-rožnačke formacije, podrazumevamo dve njene međusobno paralelne zone u Zapadnoj i Jugozapadnoj Srbiji (prilog 1. i 2.), koje su razdvojene drinsko-ivaničko-golijskim paleozojikom. Prva zona (prilog 1.), obuhvata prostor počev od Jablanika, Povlena, Maljena, Kablara, Jelice, sve do pl. Čemerno, odnosno do blizu Leposavića. Ona, prema rejonizaciji M. D. Dimitrijevića i M. N. Dimtrijevića (1975.), pripada melanžu Vardarske zone, a po Ćiriću (1978.) predstavlja deo srednje zone. Druga zona (prilog 2.), zahvata deo dijabaz-rožnačke formacije na potezu Tara — Zlatibor — Prijepolje — Jadovnik — Sjenica i prema M. D. i M. N. Dimitrijević (1975.) predstavlja deo ofiolitskog pojasa, dok je Ćirić (1978.) tretira kao deo spoljašnje zone.

Izvesne rudne pojave i ležišta bakra kao što su Ljubovića, Orovica, Rečica, Lajkovača, Rebelj, Vis, Jarmovac, Međani i dr. u dijabaz-rožnačkoj formaciji Podrinjsko-polimskog regiona, verovatno su bile predmet istraživanja i eksploatacije još u doba Rimljana i Sasa. U prilog tome svedoči čitav niz starih rudarskih radova, ostaci šljačišta i pojedinih delova topionica, za koje se predpostavlja da potiču iz tog vremena.

Međutim, prvi pisani podaci o ovoj formaciji uopšte, u nas, se sreću tek u drugoj polovini šezdesetih godina prošlog veka. Naime, tada započinje proučavanje dijabaz-rožnačke formacije na pomenutom području, radovima naših eminentnih geologa i rudara: Живојиħ (1893.), Антула (1897, 1900.), Илиħ (1904), Цвијиħ (1911.) i dr., čiji su kontinuitet održale čitave generacije geologa sve do danas.

No, i pored činjenice da istraživanjem mineralnih sirovina u prvom redu i najviše bakra, započinje stogodišnji period izučavanja dijabaz-rožnačke formacije u Zapadnoj Srbiji, izuzev vremenskih intervala od 1880—1903. i 1925 i 1937. godine, sve do druge polovine šezdesetih godina ovoga veka, gotovo svi, inače vrlo brojni radovi, koji se odnose na izučavanje ove formacije su skoro isključivo lito-stratigrafskog i strukturno-geološkog karaktera. Ovo je nesumnjivo posledica shvatanja o takozvanoj »sterilnosti« dijabaz-rožnačke formacije sa aspekta mineralnih sirovina uopšte, koje se pojavilo između dva svetska rata, a od naše stručno-naučne geološke javnosti gotovo u potpunosti prihvaćeno posle Drugog svetskog rata sve do druge polovine šezdesetih godina.

S obzirom na pomenuto shvatanje, našli smo se u situaciji da pored čitavog niza radova naših i stranih autora, u toku stogodišnjeg izučavanja dijabaz-rožnačke formacije Zapadne Srbije, pomenemo samo onaj sasvim mali broj, koji se odnosi na istraživanja i proučavania bakrovog orudnjenja u ovoj formaciji.

Илиħ (1904.), na stranicama Rudarskog glasnika ističe da je pravo na eksplotaciju tzv. Podgorskih rudnika u ataru sela Vragočanica, izdato još 18. novembra 1865. godine, što nesumnjivo znači da su istraživanja bakronosnih ruda u tom rejonu počela nekoliko godina ranije.

Prema navodima Simića (1951.), gotovo u isto vreme, tj. šezdesetih godina prošlog veka, počeli su istražni radovi pojava bakrovog orudnjenja u Donjoj Orovici na levoj obali reke Ljubovide, koje je organizovao Ilija Kolarac.

Ovi se podaci mogu ujedno smatrati i kao najstariji pisani dokumentl o rudištima bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji Srbije, u našoj novijoj istoriji.

Жујовић (1893.), navodi da u Podgorini (valjevskoj) postoji jedna rudarska zona. Sedište Podgorskih rudnika je u Vragočanici, gde su kako to ovaj autor spominje, dobre bakarne rude još ranije vađene. U okviru ovih ruda, pirit je najzastupljeniji mineral, a pored njega prisutni su karbonati i sulfidi bakra.

Антула (1900.), daje jedan vrlo interesantan i dokumentovan pregled rudišta bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne i Jugozapadne Srbije. Po ovom autoru, u to vreme, u Rebelju i na Visu, otvorena su dva bakrova rudišta, a na istoj liniji od Visa nalaze se još dva rudišta u Trešnjičkom i Lajkovačkom potoku u ataru sela Radanovci. Sva bakarna rudišta imaju formu nepravilnih masa i skladova, ali zadržavajući generalni pravac pružanja severozapad-jugoistok, podsećaju na rudne žice. U okviru pomenutih rudišta, Антула (1900.) razlikuje sulfidne rude od pirita i halkopirita i oksidne (sekundarne) rude. Sadržaj bakra, prema urađenim hemijskim analizama, mestimično prelazi 10%.

U oblasti pl. Čemerno, isti autor pominje postojanje halkopiritskih žica u serpentinu na lokalnosti Tolišnica, kao i piritna bakarna rudišta na levoj obali reke Lopatnice.

Istraživanje Rebeljskog rudišta prema podacima Simića (1951.), započeto je devedesetih godina prošlog veka, a finansirano je od strane »Francuskog akcionarskog društva valjevskih bakarnih rudnika«. Istrage su vršene istražnim rudarskim radovima (1.680 m potkopa i 230 m okna). Rudna tela su sočivastog oblika, a najveće rudno sočivo bilo je dimenzija 30 x 50 x 70 m, sa srednjim sadržajem od 5,74% Cu. U 1902. i 1903. godini proizvedeno je 12.300 t rude bakra i pretopljeno u novoj topionici, koja je proradila maja 1902. godine, kada je do kraja te godine dobijeno 273 t metala bakra.

Simić (1951.), dalje ističe, da su devedesetih godina prošlog veka, u neposrednoj blizini Rebelja, na lokalnostima Vis i Vragočanica istraživana i eksploatisana rudišta bakra, ali da nepostoje bilo kakvi sačuvani podaci o karakteru orudnjenja i obimu eksploatacije.

U vremenu između dva svetska rata, tačnije u periodu od 1925. do 1937. godine, vršena su povremena istraživanja bakrovih orudnjenja u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne i Jugozapadne Srbije, od strane privatnih koncesionara »Savić i sinovi«, kao i Mišela (Michel, 1936.) i Vajta (White, 1936.) tadašnjih geologa Borske kompanije.

Prema smenskim izveštajima u okviru Ibarskih rudnika, jasno se sagledava da su kvarcno-halkopiritske žice na lokalnosti Tolišnica (pl. Čemerno) otkrivene 1925. godine, a u oblasti zaseoka Stanča 1928. godine, od strane »Savića i sinova«. Za kvarcno-halkopiritske žice, u dijabazima Tolišnice, prema pomenutim izveštajima, koji su pretežno rudarsko-tehničkog i komercijalnog karaktera, tvrdi se da su dužine oko 150 m, sa prosečnom debljinom od 3—4 m i sadržajem bakra od 8—10%. Isti istraživači su u oblasti Stanče, na osnovu 2 potkopa i 100 m³ raskopa, okonturili 2 gnezda halkopiritske rude dužine 150 m, a širine 10 m, sa sadržajem bakra od 6—12%.

Za nas su međutim, iz tog perioda, daleko interesantniji podaci Mišela i Vajta (Dosije borskih rudnika, 1936.), koji su po nalogu Borske kompanije delimično istraživali bakrovo orudnjenje u rudonosnoj zoni Radanovci — Taor.

M i š e l (1936.) smatra da je orudnjenje bakra vezano za dijabaze, odnosno da je magmatskog tipa i da je relativno prostog sastava (od pirita i halkopirita). V a j t (1936.) je još u to vreme, međutim, izneo nama blizak stav da je orudnjenje bakra hidrotermalnog načina postanka i da ga po pravilu kontrolišu razlomne zone, sa generalnim pravcem pružanja severozapad-jugoistok.

Na osnovu preliminarnog oprobovanja rudnih izdana i starih rudarskih radova, ovi autori su o istraživanim rudnim pojavama bakrovog orudnjenja dali sledeću ocenu: »Mišljenja smo da Kompanija treba da posveti veću pažnju ovim pojavama, jer promatrana nalazišta opravdavaju istraživanja, naročito u rejonu Rečice, Lajkovače i Laništa«.

Posle II svetskog rata, osim na lokalnosti Rebelj, mineralizacije bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji Srbije, praktično nisu detaljnije i sistematski istraživane, sve do početka sedamdesetih godina.

Prema J u r a š i n o v i ć u (1969.) u vremenskom periodu od 1966. do 1968. godine, u predelu Povlen-Jablanik, na osnovu regionalnih istraživanja, izdvojene su rudne pojave bakra, na lokalnostima Rebelj, Vis i Vragočanica, kao najperspektivnije u pogledu bakronosnosti. Detaljnim istraživanjima ležišta bakra Rebelj, koja su počela 1966. godine, utvrđeno je da su rudna tela (masivne rude) lokalizovana u dijabazima, odnosno u jasno izraženoj hidrotermalno izmenjenoj zoni pružanja SSZ-JJI, sa padom Z-JZ pod 40—50°.

J a n k o v i ć (1967.), skreće pažnju na metalogeniju bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji. Po ovom autoru, i pored slabo proučenih odnosa između dijabaza i bakrovog orudnjenja, jasno istaknuta strukturna kontrola lokalizacije rudnih tela (brečaste zone) i mineralni sastav ukazuju na njihovo hidrotermalno poreklo. J a n k o v i ć (1967.) istovremeno napominje da ležištima vezanim za jurske dijabaze, odnosno dijabaz-rožnačku formaciju, pripadaju Rebelj, Vis i pojave na Povlenu u Zapadnoj Srbiji i Varine u Crnoj Gori.

U okviru izrade Osnovne geološke karte SFRJ, lista Prijepolje i Bijelo Polje, J o v i ć i N o v k o v i ć (1967—1971.), su vršili mestimična regionalna istraživanja mineralnih sirovina, manjeg obima u dijabaz-rožnačkoj formaciji Polimske oblasti (»Projekat trijas — Drina — Lim«). Ovim istraživanjima u predelu širih područja lokalnosti Međani, Pravoševo, Stranjani i Pribojska Banja, registrovano je više rudnih pojava i izdanaka piritsko-halkopiritske mineralizacije. Prema ovim autorima, najčešći oblik pojavljivanja ovih mineralizacija predstavljaju kvarcno-halkopiritske žice, a samo mestimično i impregnacije ovih dvaju minerala.

Tek aprila meseca 1970. godine uz podršku i finansijska ulaganja Valjaonice bakra i aluminijuma »Slobodan Penezić-Krcun« i Rudarsko-topioničarskog basena Bor, Geoinstitut, u okviru započetog Projekta istraživanja bakra u reonu Kosjerić — Povlen, ustvari, prvi put pristupa sistematskim istraživanjima bakrovih mineralizacija u dijabaz-rožnačkoj formaciji Srbije.

Ova istraživanja u periodu od 1970. do 1977. godine u osnovi su se sastojala u izvođenju regionalnih geološko-geohemijskih i delom geofizičkih radova, a samo u oblasti nekih od čitavog niza novootkrivenih rudnih pojava i ležišta bakra, vršena su detaljnija istraživanja, uglavnom istražnim bušenjem u cilju prikupljanja osnovnih parametara i pokazatelja neophodnih za ocenu njihove perspektivnosti u pogledu bakronosnosti. Na rezultatima ovih istraživanja, datih u vidu 15 kompleksnih izveštaja i elaborata, koji se nalaze u Fondu stručnih dokumenata Geoinstituta, kao što smo pomenuli, temelji se izrada ove studije, te ćemo se na njima gotovo u svakom poglavlju iste, detaljnije zadržavati.

Geotektonska evolucija dijabaz - rožnačke formacije

Dijabaz-rožnačka formacija je vrlo rasprostranjena u Dinaridima Jugoslavije (sl. 1.). Pored upadljive raznovrsnosti u pogledu litološkog sastava u pojedinim njenim delovima u našoj zemlji, generalno se može zaključiti da je ova formacija u celini izgrađena od rožnaca, različitih sedimenata (peščari, alevroliti, glinci, breče, konglomerati, laporci, krečnjaci i krečnjaci sa rožnacima i rožnaci) ili kako to ističe Ćirić (1960.), gotovo svih sedimenata i produkata inicijalnog magmatizma (dijabazi, melafiri, spiliti, porfiriti, keratofiri, kvarc-porfiriti i kvarc-keratofiri, zatim gabrovi, dioriti, albitski sijeniti, graniti i peridotiti), koji predstavljaju diferencijate jedne bazaltoidne magme. Ona se pruža sa promenljvom širinom (najčešće od nekoliko do više desetina kilometara) i rasporedom pojedinih zona, počev od Zagrebačke gore na severozapadu, pa dalje ka jugoistoku preko Bosne, Zapadne Srbije, Stare Raške, odnosno Kopaonika do Kosova (istočno od Peći) i u predelu Lojana kao i dalje, u dve jasno izdvojene zone. Jedna (istočna zona) preko Makedonije kod Đevđelije prelazi u Grčku, a druga (zapadna zona) od Peći preko Crne Gore u Albaniju, gde se nastavlja kao zona Mirdite (Ćirić, 1954.; Bilibajkić, 1978.). Nadalje ova formacija se proteže kroz Tursku, Siriju, preko Irana, Indije do Dalekog Istoka i Pacifika. Razume se, da i severozapadno od naše zemlje, površine rasprostranjenja ofiolita na tlu Italije i Švajcarske, predstavljaju deo ovog velikog kompleksa.

U poslednje vreme, u radovima M. D. Dimitrijevića i M. N. Dimitrijević (1975.) i Ćirića (1978.), iznete su izvesne nove rejonizacije dijabaz-rožnačke formacije na nekoliko zona njenog rasprostranjenja u našoj zemlji.

Tako su M. D. Dimitrijević i M. N. Dimitrijević (1975.), ovu formaciju podelili na:

1. Unutardinarsku jugozapadnu zonu melanža, koja se kroz našu zemlju proteže od Karlovca do granice sa Albanijom, gde se nastavlja kao zona Mirdite, a iz Albanije nadalje, kao Subpelagonijska zona, i

2. Melanž Vardarske zone, koju su ovi autori podelili na centralnu i eksternu podzonu (Zvornički šav i potez Beograd — Kuršumlija.)

Ćirić (1978.), je međutim, dijabaz-rožnačku formaciju podelio na tri zone i to:

1. Spoljašna zona, koja se proteže od Petrove Gore južno od Zagreba pa sve do pl. Prokletija na jugoistoku. U sastav ove zone, ulaze veliki peridotitski masivi kao što su Ozren, Borja, i Konjuh u Bosni, Zlatibor i Sijenički Ozren u Srbiji i brojni izdanci ofiolita na Kosovu i Makedoniji.

2. Srednja zona, se rasprostire počev od Zvornika na Drini duž rasedne zone Azbukovce, pa dalje obuhvata masive Maljena i Suvobora, Kopaonika, Šare i istočnu ivicu Pelagonijskog masiva.

3. Unutrašnju zonu čine neznatne pojave ofiolita i sedimenata na Fruškoj Gori, a zatim veće pojave ofiolita i sedimenata sve do Đevđelije (Vardarska zona), koji predstavljaju granicu unutrašnjih Dinarida i interplaninske zone.

Proučavanje dijabaz-rožnačke formacije datira gotovo od prvih dana pisane geološke misli u nas, pa sve do danas. Kako po obimu radova, tako i prema pos-

Sl. 1.
Pregledna karta rasprostranjenja ležišta i rudnih pojava bakra u dijabaz-rožnačkoj i porfirit-rožnačkoj formaciji.

Fig. 1.
General map of copper mineralizations and deposits in the Diabase-Chert and Porphyrite-Chert Formation.



tignutim rezultatima njenog izučavanja, period posle Drugog svetskog rata bez sumnje se može okarakterisati kao najplodonosniji. Naime, zbog svoje vrlo velike rasprostranjenosti i izuzetno složene strukturno-geološke grade, u nas s jedne strane, kao i naglog razvoja i podizanja nivoa geološke nauke u Jugoslaviji s druge strane, ova formacija je predmet intenzivnog interesovanja i proučavanja velikog broja naših i stranih geologa, o čemu svedoči masa fondovskih podataka i objavljenih radova u tom vremenskom razdoblju.

Prema karakteru ovih radova, odnosno na bazi koncenpcija i interpretacija geotektonskog razvoja dijabaz-rožnačke formacije sadržanim u njima, posleratni period njenog izučavanja se može podeliti u dva jasno izdvojena vremenska intervala.

Prvi interval (1945—1970.), se odlikuje intenzivnim izučavanjima ove formacije na osnovama poznatih i gotovo u to vreme od većine naših geologa prihvaćenih shvatanja, o evoluciji i unutrašnjoj organizaciji geosinklinala, čija je direktna posledica objavljivanje čitavog niza radova, sa vrlo interesantnim stavovima i shvatanjima o načinu postanka ove formacije.

Sa tog aspekta, po našem mišljenju, od posebnog su značaja radovi Milovanovića i Karamate (1957.), Milovanovića i Ilića (1960.), Ćirića 1954., 1960.), Karamate (1960.), Karamate i Ćirića (1960.), Pamića (1964.), Majera (1962.) i drugih autora.

Mada u radovima navedenih i ostalih autora postoje oprečni stavovi i mišljenja kako po pitanju rasprostranjenja dijabaz-ražnačke farmacije u Dinaridima, tako i u pogledu učešća serpentina i naročito njene starosti, njihova suština se gotovo po pravilu svodi na shvatanje da se radi o sedimentno-vulkanogenoj formaciji ograničenoj samo na unutrašnje Dinaride, odnosno eugeosinklinalu, koja se kao posebna geotektonska jedinica pruža pravcem severozapad-jugoistok.

Zapravo, tumačenja geotektonskog razvoja ove formacije od strane većine autora u pomenutom vremenskom intervalu, po našem mišljenju vrlo su bliska stavovima Karamate i Ćirića (1960.) iznetim u diskusiji na II kongresu geologa Jugoslavije u Sarajevu po referatu Marića. U toj diskusiji ovi autori su istakli da je dijabaz-rožnačka formacija produkat nestabilnih delova unutrašnje Dinarske geosinklinalne tvorevine nastala uz sadejstvo inicijalnog magnetizma.

U vezi sa geotektonskim razvojem dijabaz-rožnačke formacije, na osnovama geosinklinalne hipoteze, postoji više bliskih tumačenja i pretpostavki iznetih u objavljenim radovima, diskusijama i raznim saopštenjima u razmatranom vremenskom razdoblju (1945—1970.).

Nama se međutim, tumačenje geotektonske evolucije dijabaz-rožnačke formacije dato od strane Karamate (1960.), čini najinteresantnijim. Prema tom autoru, u juri u vremenskom dijapazonu od lijasa do titona, u unutrašnje dinarskoj geosinklinali dolazi do vrlo žive magmatske aktivnosti. U isto vreme ova geosinklinala pokazuje izrazitu labilnost, čija je direktna posledica stalno submarinsko izlivanje magmi u geosinklinalne sedimente. Sadejstvom ovog magmatizma i specifičnih sedimentacionih uslova došlo je do stvaranja dijabaz-rožnačke formacije. Karamata (1960.), dalje ističe da su najveće mase magmi bile pokrenute u početnim fazama mobilnosti geosinklinale. One su submarinski izlivene i očvrsle u vidu dijabaza, spilita i znatno ređe keratofira. Posle početnih vrlo intenzivnih izlivanja, došlo je do znatno mirnijeg, povremenog izlivanja lava. U isto vreme magmatske mase koje nisu stigle da se probiju do površine, očvrsle su kao plitke, uglavnom, konkordantne intruzije, koje smo mi u početnim fazama na-

GEOINSTITUT - BIBLIOTEKA BEOGRAD

ših istraživanja bakra izdvajali pod privremenim — radnim naslovom „samostalni dijabazi« (P u t n i k i S t o j k o v i ć 1971.). Izlivne stene nastale kao proizvod ovih kasnijih faza predstavljene su dijabazima, često manje ili jače albitisanim, što su pokazali i naši rezultati hemijskih analiza, zatim spilitima i retko keratofirima i sasvim retko kvarckeratofirima. U okviru intruzivnih stena, gabrovi su količinski najzastupljeniji, dok su dioritske stene znatno ređe, a vrlo retki su albitski graniti i sijeniti, kao i peridotiti.

Povodom pomenute konstatacije o stepenu učestanosti pojavljivanja i količinskim proporcijama dioritskih stena, granita i peridotita, ističemo da rezultati naših višegodišnjih istraživanja (geol. kartiranje krupnijih razmera, geofizika i istražno bušenje na potezu Maljen-Povlen) ukazuju da ih u površinskim, a posebno pripovršinskim delovima dijabaz-rožnačke formacije ima u znatno većim količinama. Ovo se naročito odnosi na peridotite, koji su gotovo svakom drugom bušotinom konstatovani pri istraživanju ležišta bakra Lajkovača, Novakovača, a dobrim delom i na granitoidne stene.

Karakter ovog magmatizma prema K a r a m a t i (1960.) je izrazito bazičan, bazaltoidan, ili jako izdiferenciran što je uostalom, i potvrđeno stvaranjem čitavog niza različitih stena, počev od ultrabazičnih, preko najzastupljenijih bazičnih stena, do neutralnih i kiselih.

Pomenuta diferenciranost ovog bazaltoidnog magmatizma, dokumentovana je masom petroloških i izvesnim brojem hemijskih analiza, u preko 15 stručnih izveštaja o istraživanju bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji, kao i u nekim od objavljenih radova autora (P u t n i k, 1975., 1976.).

Krajem šezdesetih i početkom sedamdesetih godina (drugi vremenski interval intenzivnog proučavanja ove formacije), nova geotektonska hipoteza o tektonici ploča ili tzv. nova globalna tektonika, je u svetskoj geološkoj javnosti izazvala gotovo nezapamćen interes za geotektoniku uopšte. Pored činjenice da je ova hipoteza zasnovana na nekoliko ranije postavljenih koncepcija, ona u sebi sadrži i čitav spektar novih ideja i postavki dokumentovanih najnovijim saznanjima iz oblasti geofizičkih i geoloških ispitivanja okeana i kontinentalnih oboda.

Sasvim je razumljivo što ovakav ogroman interes za ovu geološku disciplinu, nije mimoišao i naše geologe, mada još uvek izvestan broj među njima, kada je u pitanju postanak dijabaz-rožnačke formacije, stoji na pozicijama geosinklinalnog učenja.

Pod uticajem ideja ove nove geotektonske hipoteze u našoj geološkoj javnosti za relativno kratko vreme, tačnije od početka sedamdesetih godina pojavio se čitav niz objavljenih radova, koji sadrže više interesantnih modela i tumačenja o načinu postanka dijabaz-rožnačke formacije. Ova poplava ideja i objavljenih radova u nas, je samo logičan odraz intenzivnog zanimanja gotovo svih geologa sveta za probleme ofiolita u poslednjih 10 godina, jer su baš rezultati njihovih proučavanja često potezani kao jedan od ključnih dokaza »za« ili »protiv« tektonike ploča.

U okviru tih brojnih radova u našoj stručno-naučnoj literaturi, najinteresantnija rešenja sa aspekta geotektonske evolucije dijabaz-rožnačke formacije, po našem mišljenju, nude sledeći autori: A l e k s i ć, P a n t i ć, K a l e n i ć (1971.), D. M. D i m i t r i j e v i ć i M. N. D i m i t r i j e v i ć (1973.), K a r a m a t a (1975.), P a m i ć (1974.). Zapravo, koncepcije geotektonske evolucije ove formacije koje su postavili navedeni autori, u osnovi imaju dosta zajedničkih elemenata, mada u detalju predstavljaju posebne modele tumačenja njenog postanka.

Na osnovu izvesnih podataka do kojih smo došli u procesu istraživanja bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji Srbije, kao i prema našem poznavanju naj-

novija literatura iz oblasti geotektonike, modeli načina postanka ove formacije, koje su dali M. D. Dimitrijević i M. N. Dimitrijević (1973.) i Karamata (1975.) u sadašnjem trenutku čine nam se najprihvatljivijim.

Međutim, iako smo na više lokalnosti rasprostranjenja dijabaz-rožnačke formacije u Zapadnoj Srbiji, nekim našim radovima (detaljno geološko kartiranje 1:1000 i 1:2000 i istražno bušenje), potvrdili postojanje olistostromskog melanža (Taorska rečica, Beli potok, Glog i dr. lokalnosti), baš onakvih karakteristika kako to ističu M. D. Dimitrijević i M. N. Dimitrijević (1973.), stojimo na stanovištu da čitava ova formacija ne predstavlja olistostromski melanž, kako to ovi autori ističu, već da postoje i delovi sačuvane okeanske kore. Prema tome, shvatanje u vezi sa ovim modelom svelo bi se na konstataciju da u gornjim delovima dijabaz-rožnačke formacije preovlađuje olistostromski melanž, ali da ona ne predstavlja tu tvorevinu u celini.

Osnovni argument za ovakav naš stav, predstavlja činjenica, da smo istražnim bušenjem na lokalnosti Mravinci, upravo na potezu Maljen-B kovi-Povlen, dokazali postojanje okeanske kore, istih karakteristika koje navodi Karamata (1975.) tj .sa sedimentnim pokrivačem i podlogom od magmatskih stena. S druge strane, u oblasti ležišta bakra Lajkovača na nekoliko mesta konstatovali smo (bušenjem) podlogu okeanske kore sastavljene od dijabaza gabra i peridotita, sa koje smatramo da je erozija odnela sedimentni pokrivač.

Rezultati hemijskih analiza dijabaza i spilita, ukazuju na njihov natrijski karakter i zasićenost silicijom, što nas navodi na zaključak da je u pitanju bazaltoidni (toleitski) magmatizam, karakterističan za okeanske grebene.

U vezi s tim, ističemo da i metalogenetska obeležja konstatovanih mineralizacija, rudnih pojava i ležišta bakra u formaciji, pokazuju izrazite sličnosti sa ležištima ovog metala opisanim u svetskoj literaturi, čija se geneza vezuje za okeanske grebene, odnosno eugensinklinalu, kada su u pitanju pristalice geosinklinalnog učenja (Sillitoe, 1973; Smirnov, 1975. i dr.).

Stoga je sasvim razumljivo što smo se odlučili za model geotektonskog razvoja dijabaz-rožnačke formacije, koji je postavio Karamata (1975.), uz respektovanje mišljenja samog autora da je prema sadašnjem stepenu naših saznanja o ovoj formaciji, moguće dati samo izvesne sinteze u opštim crtama.

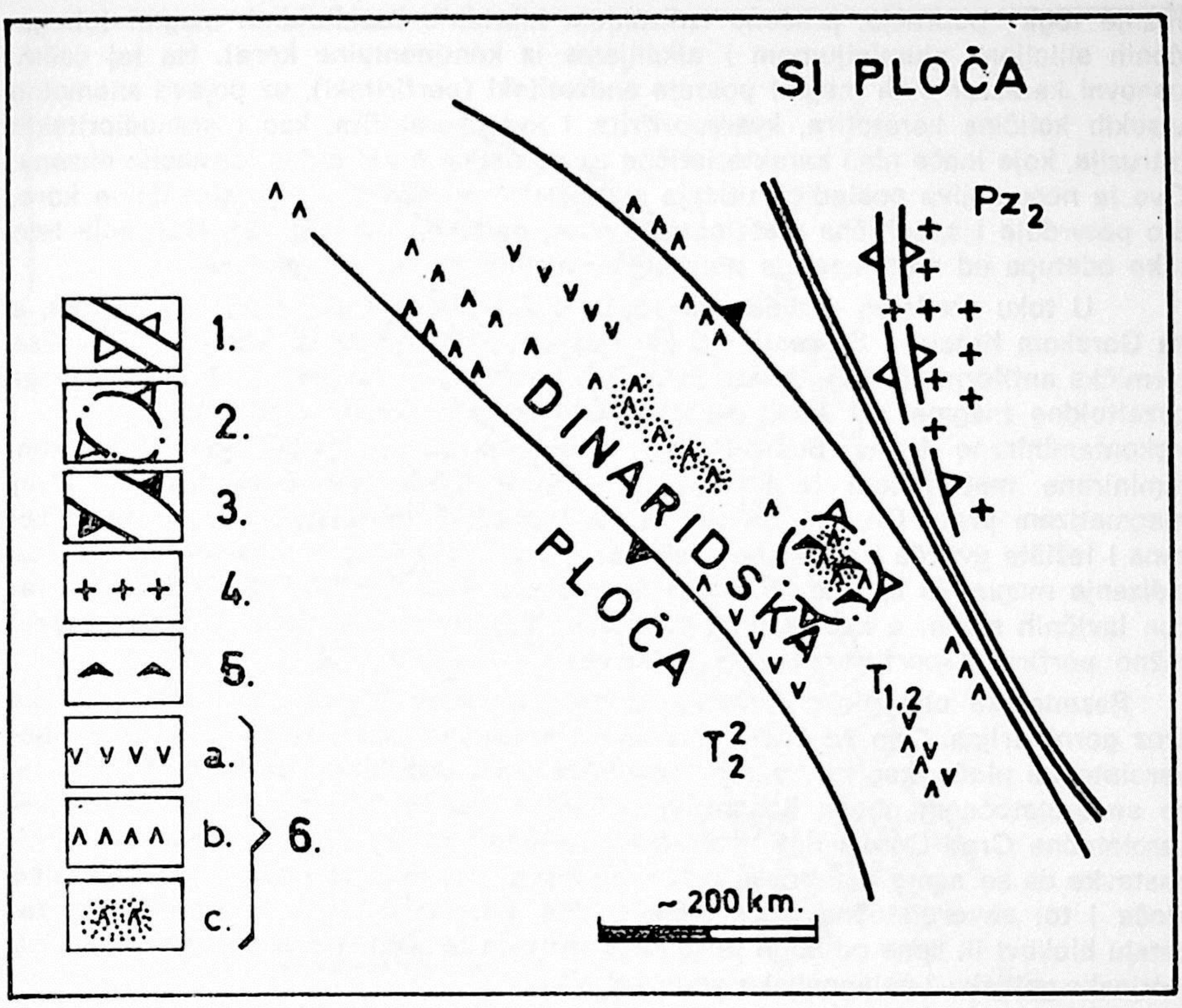
Prema tom autoru, negde ispred trijasa kod nas postoje dve ploče kontinentalnog tipa i to: jedna kao osnova sadašnjih Dinarida (dinarska ploča), a druga u podlozi sadašnjih Karpatobalkanida, uključujući i Srpsko-makedonsku masu, Rodopsku masu i mezijsku ploču (severoistočna ploča sl. 2.). Na ovim pločama se talože plitkovodni, pretežno terigeni sedimenti. Ova sedimentacija traje kroz gornji perm do u donji trijas.

Uzajamni položaj pomenutih dveju ploča danas se teško može rekonstruisati. Međutim, na osnovu sličnosti proterozojskih do kambrijskih serija u Pelagonidima i u Rudopima, Karamata (1975.) pretpostavlja da su te stare mase nekada bile jedna celina. U obe ploče postojali su u manjoj ili većoj meri konsolidovani razlomi, longitudinalnog tipa.

U karbonu i permu prema sl. 3. u podlozi Severoistočne ploče se nalazi termička doma, koja se pomera ka dinarskoj ploči, te ovu postepeno dovodi iznad zone intenzivnog privođenja toplote iz Omotača.

Severoistočna ploča je u toku trijasa pa sve do donje krede, uglavnom mirna i na njoj se pretežno talože karbonatni sedimenti.

No, kada je u pitanju evolucija u dinarskoj kontinentalnoj ploči, situacija je sasvim drugačija. Naime, u donjem trijasu usled privođenja toplote iz termičke dome, koja se nalazi ispod sadašnje severoistočne Crne Gore počinje razla-



Sl. 2.
Raspored osnovnih geoloških jedinica u mlađem paleozoiku i donjem i srednjem trijasu (Karamata, 1975).

1. termička antiforma u mlađem paleozoiku, 2. termička doma u donjem trijasu, 3. termička antiforma u srednjem trijasu, 4. granitoidi, 5. hibridni donjetrijaski vulkanizam, 6. srednjetrijaski, uglavnom ladinski, vulkanizam: a. bazaltoidan, b. hibridiziran bazaltoidan, c. izdiferenciran hibridiziran bazaltoidan. Dvostrukom crtom data je granica dinaridske i SI ploče.

Fig. 2.
Positions of main geological units of Upper Paleozoic and Lower and Middle Triassic.

1. Thermic antiform at Upper Paleozoic, 2. Thermic dome at Lower Triassic, 3. Thermic antiform at Midlle Triassic, 4. Granites, 5. Lower Triassic hybrid volcanism, 6. Middle Triassic, mainly Ladinian, volcanism: a. basaltic, b. hibridized basaltic, c. differentiated basaltic. »ploča« = plate.

manje toga područja, praćeno izdizanjem hibridnih bazaltoidnih magmi (obogaćenih silicijom, aluminijumom i alkalijama iz kontinentalne kore). Na taj način, osnovni karakrer ovih magmi postaje andzetitski (porfiritski), uz pojavu anomalno visokih količina keratofira, kvarcporfirita i kvarckeratofira, kao i granodioritskih intruzija, koje inače nisu karakteristične za normalne bazaltoidne formacije okeana. Ovo je nesumnjiva posledica uticaja materijala zahvaćenog iz kontinentalne kore, što potvrđuje i specifična metalogenija ovog područja (Pb, Zn, Ag, Cu), koja isto tako odstupa od metalogenije normalnih bazaltoidnih magmi okeana.

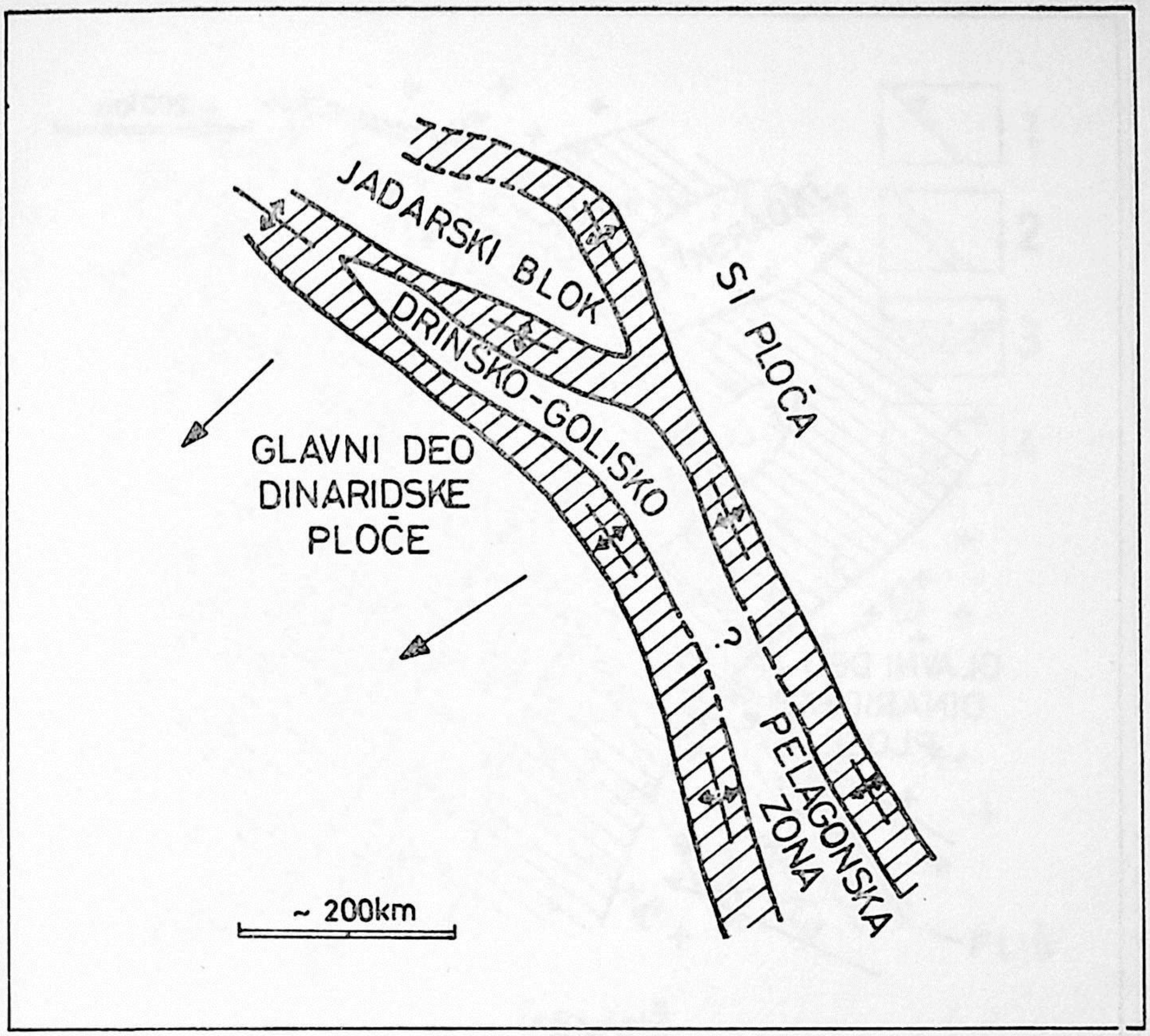
U toku srednjeg trijasa, pretežno u ladinu (ka Crnoj Gori i u aniziku, a ka Gorskom Kotaru i Sloveniji i u karnijskom katu gornjeg trijasa — tj. kako se termička antiforma širila), dolazi do reaktiviranja starih razloma, duž kojih izbijaju bazaltoidne magme, od kojih su neke usled brzog izdizanja neizdiferencirane i nekontaminirane (zona Budva-Cukali i zona Bo ovnica-Vareš), do slabo kontaminirane materijalom iz kontinentalne kore (zona Jajce-Donji Vakuf). Ovaj magmatizam prate Cu, Zn, Pb, Ba — mineralizacije, a genetski su za njega vezana i ležišta gvožđa i mangana. Duž manjih ruptu a, odnosno struktura nižeg reda izdizanje magmi je sporije, usled čega se sreću veće količine piroklastita, na račun lavičnih stena, a kao rezultat hibridizacije, umesto bazaltoida javljaju se pretežno porfiriti (»porfirit-rožnačka formacija«, Ćirića 1980.).

Razmicanje obe ploče započeto k ajem srednjeg trijasa, nastavlja se dalje kroz gornji trijas. Ono se odvija duž obnovljenog razloma između dinaridske i severoistočne ploče, kao i u samoj dinaridskoj ploči, duž trasa reaktiviranih ruptu a, po severoistočnom obodu Bosanskih škriljavih planina i paleozojskog pojasa severoistočne Crne Gore i duž zvorničkog razloma. Na taj način, polazeći od predpostavke da se samo dinaridska ploča odmicala, stvorene su sada dve samostalne ploče i to: severoistočna ploča i glavni deo dinaridske ploče, a između njih zaostaju blokovi ili zone od kojih je za sada moguće izdvojiti samo dva: jadarski blok i drinsko-golijsko-?-pelagonijsku zonu (sl. 4).

U međuprostorima ovih kontinentalnih ploča ili blokova, formirana je okeanska kora, a na dinaridskoj ploči, jadarskom bloku i drinsko-golijsko-?-pelagonijskoj zoni, deponuju se plitkovodni karbonatni sedimenti (gornjotrijaski krečnjaci i dolomiti).

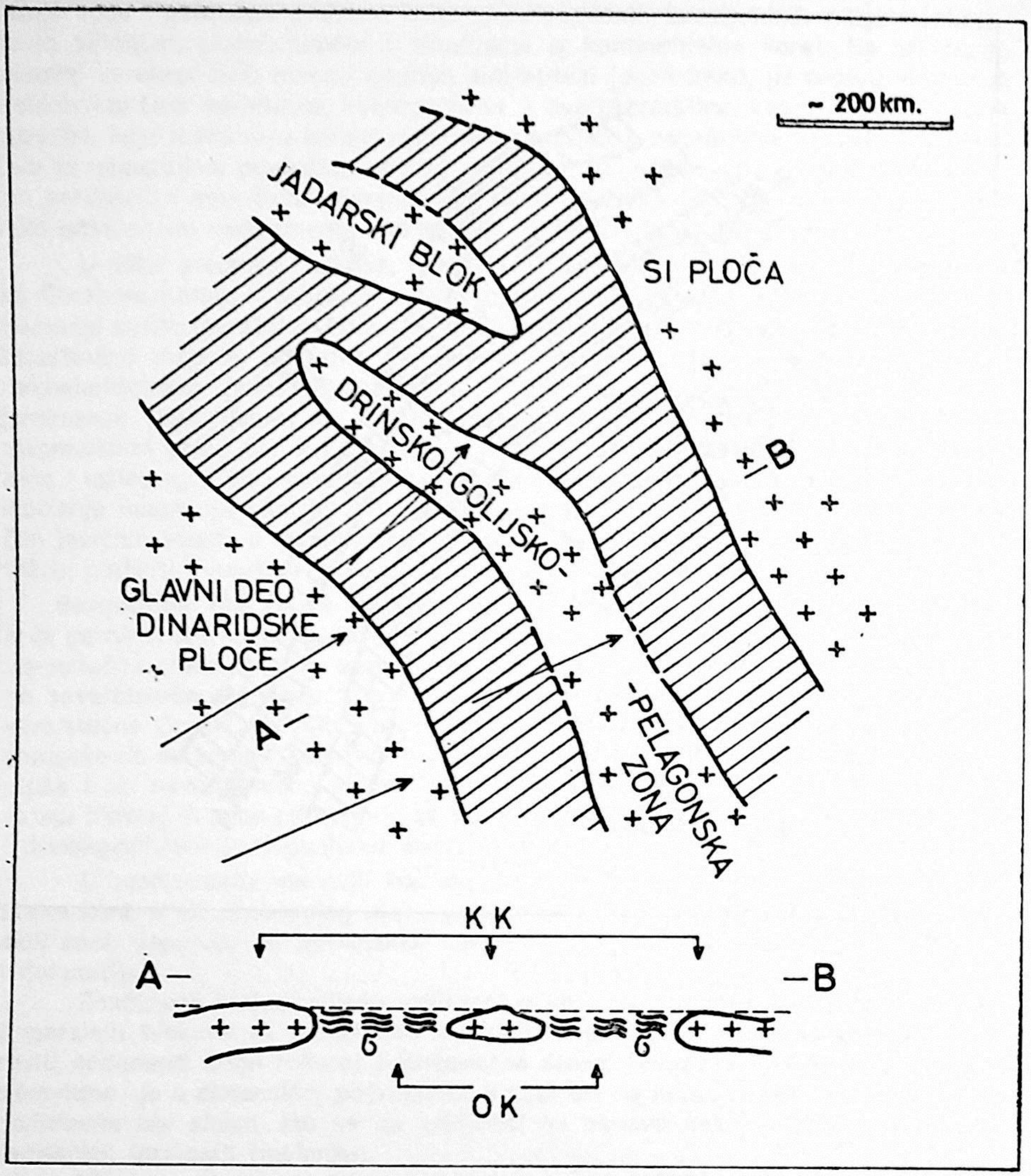
Znači, već krajem trijasa prelazeći u juru, u graničnim delovima ovih kontinentalnih blokova sa okeanskim područjima ta'ože se peskovito-glinovito-laporoviti sedimenti, ređe rožnaci i karbonatne stene (Zvijezda formacija, Kopaonik). Verovatno je u okeanskim područjima, s obzirom na njihovu malu širinu, karakter sedimenta bio sličan, što se da zaključiti na osnovu nekih olistotita u dijabaz-rožnačkoj formaciji (melanžu).

U okeanskim područjima po Karamati (1975.) sedimenti su taloženi preko ofiolitskog kompleksa: (okeanska kora) spiliti i dijabazi, ispod njih gabroidi i slične magmatske stene, a ispod njih (gornji omotač) ultramafiti interno izrazito metamorfno prerađeni. Način formiranja okeanske kore nije jasan. U vezi s tim, autor ovog modela geotektonskog razvoja dijabaz-rožnačke formacije, predviđa tri mogućnosti, počev od eventualnog postojanja centralnookeanskog grebena, preko više malih razbijenih grebena do okeanske kore bez jasno izraženog okeanskog grebena, kao što je slučaj u Crvenom moru. Naime, u najnovijim objavljenim podacima Izvršnog komiteta zajednice okeanografskih institucija za dubinsko oprobovanje zemlje (JOIDES) u okviru projekta dubokomorskog bušenja (JOIDES EXECUTIVE COMMITTEE: The Future of Scientific Ocean Drilling — Woods Hole, 1977.), između ostalih primera, ističe se da su pomenuti prelazi najmar-



Sl. 3.
Raspored osnovnih geoloških jedinica početkom gornjeg trijasa (Karamata, 1975).

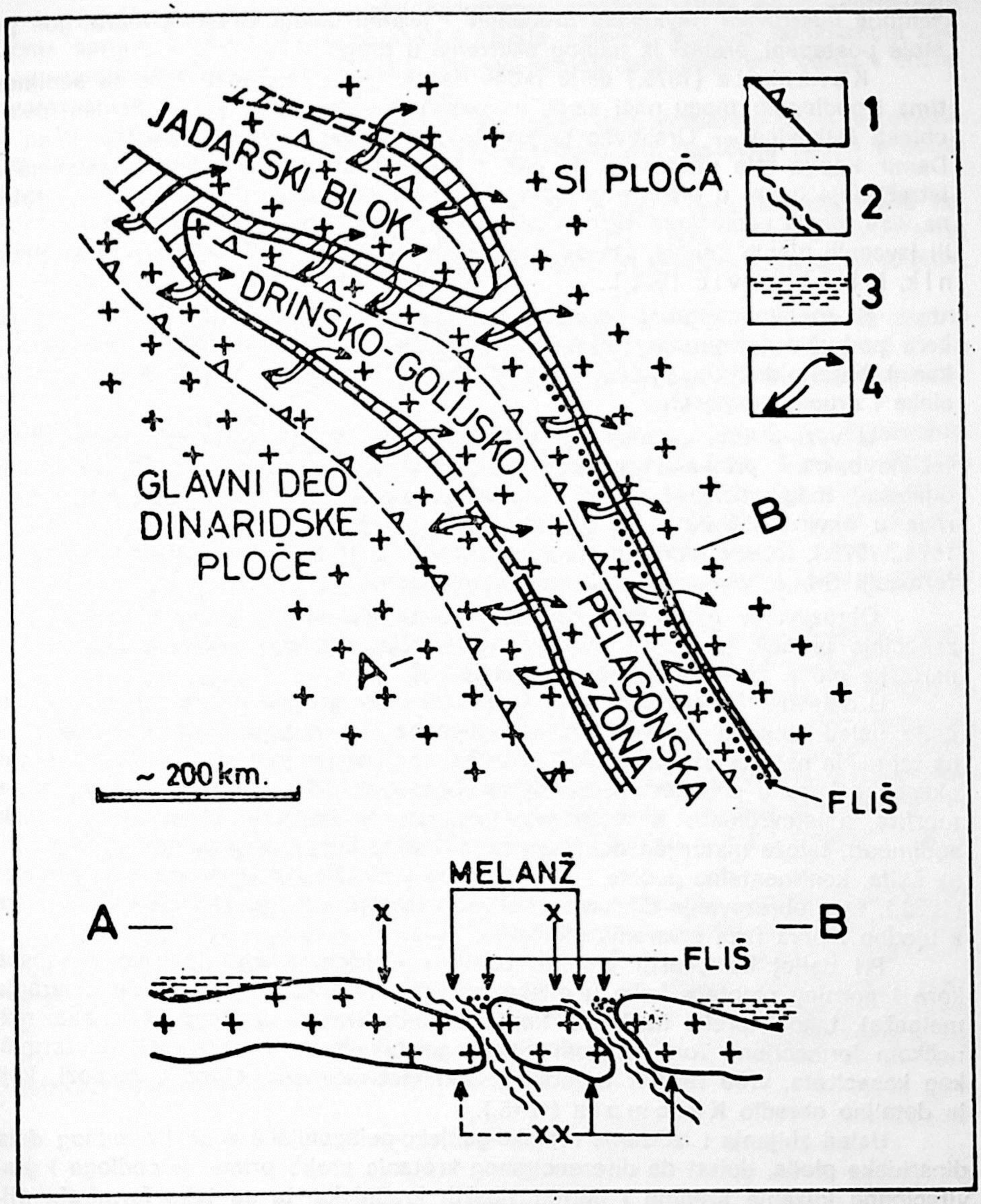
Fig. 3.
Position of main geological units at the beginning of Upper Triassic.



Sl. 4.
Raspored osnovnih geoloških jedinica početkom srednje jure. KK — kontinentalna kora OK — okeanska kora (Karamata, 1975).

Fig. 4.
Position of main geological units at the beginning of Middle Jurassic. KK — continental crust, OK — oceanic crust.

Sl. 5.
Raspored osnovnih geoloških jedinica i bitni geološki događaji u intervalu gornja jura — donja kreda (Karamata, 1975).
1. čelo zone nagurivanja okeanske kore i melanža, 2. okeanska kora sa utisnutim ultramafitima, 3. plitkovodni sedimenti, 4. pravci podvlačenja (jednostruka strelica) i istiskivanja (dvostruka strelica) okeanske kore i melanža, x — područja metamorfizma visokog P i niskih T i metamorfizma vezanog za utiskivanje ultramafita, xx — područje metamorfizma visokih temperatura i obrazovanja granitskih magmi.



Flg. 5.
Position of main geological units and the most important geological events in the period Upper Jurassic — Early Cretaceous .
1. Front of the pushed up (obducted) oceanic crust and the mélange, 2. Oceanic crust with intruded ultramafic slices, 3 .Shallow-water carbonate sediments, 4. Direction of subduction (arrow) and obduction (double arrov) of oceanic crust and the mélange, x — Zone of high pressure, low-temperature metamorphism and of metamorphism related to the emplacement of ultramafics, xx — Zone of high-temperature metamorphism and of origin of anatectic granitc melts.

kantnije ilustrovani Reykjanes grebenom i južnim delom Crvenog mora, gde postoje postepeni prelazi iz jednog ekstrema u drugi.

K a r a m a t a (1975.) dalje ističe da se relikti okeanske kore sa sedimentima i podlogom mogu naći samo na potezu Maljen — Bukovi — Povlen, dok u oblasti Đakovica — Orahovac nedostaje sedimentni član, a u predelu Dren — Demir Kapija fale ultramafiti. U vezi s tim, napominjemo da smo u toku naših istraživanja bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji na potezu Gojna Gora — Kablar, na više mesta geološkom kartom razmere 1:10.000, utvrdili relikte okeanske kore ili izvesnih njenih delova, što se jasno može uočiti na geološkim p.ofilima (P u t n i k, M i l u t i n o v i ć 1972.).

Sa metalogenetskog aspekta, K a r a m a t a (1974.) ističe, da je okeanska kora područje formiranja terigenih i hemogenih, ali i gvoždevitih sedimenata, kao i bazaltoidnih magmatita, koji mogu biti donosioci bakra, nikla, kobalta, cinka i drugih elemenata.

U vezi s tim, J a n k o v i ć (1977.) smatra da su vulkanogeno-sedimentna ležišta bakra i pratećih metala u dijabaz-rožnačkoj formaciji u nas, vezana za dijabazni magmatizam i prateću vulkansku sekvenciju. Osim toga, autor ovog rada u okviru nekoliko objavljenih radova poslednjih godina (P u t n i k, 1973., 1975., 1976.), takođe ističe da su mineralizacije i ležišta bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji Srbije, vezana za dijabazni magmatizam.

Obrazovanje okeanske kore nastavlja se i u donjoj juri, a u srednjoj juri započinje proces zatvaranja okeanskih područja, odnosno relativno kretanje dinaridske ploče ka severoistočnoj ploči (sl. 5).

U delovima uz severoistočnu ploču, i drinsko-golijsko-pelagonijsku zonu, počinje usled zbijanja, podvlačenje okeanske kore pod kontinentalne blokove, te na taj način najveći deo okeanskih područja već krajem jure biva zatvoren. Stene okeanske kore u podvučenim delovima se metamorfišu u amfibolite i d.. metamorfite, a istovremeno u rovovima iznad zona podvlačenja zbijaju se okeanski sedimenti, talože materijali donešeni sa susednih kopna, akumuliraju se olistoliti sa šelfa, kontinentalne padine i iz okeanskog područja. To je prema K a r a m a t i (1975.), faza obrazovanja dijabaz-rožnačke formacije u formi koju danas srećemo, a ujedno i prva faza stvaranja melanža.

Pri daljoj kompresiji vrši se utiskivanje (nagurivanje) blokova okeanske kore i gornjeg omotača kako u dijabaz-rožnačkoj formaciji (druga faza stvaranja melanža), tako i preko nadirućih kontinentalnih blokova zajedno sa dijabaz-rožnačkom formacijom. Tom prilikom ultramagmatska tela, u zavisnosti od termičkog kapaciteta, vrše različit termodinamički metamorfizam stena u podlozi, koji je detaljno obradio K a r a m a t a (1975.).

Usled zbijanja i izdizanja drinsko-golijsko-pelagonijske zone i obodnog dela dinaridske ploče, dolazi do diferenciranog kretanja preko primarne podloge i gravitacionog kliženja srednje i gornjotrijaskih krečnjaka, te se tako formiraju njihove navlake preko dijabaz-rožnačke formacije i ultramafita. Pri daljem zbijanju vrši se neprekidno uklapanje delova tih krečnjaka (treća faza obrazovanja melanža), čim se ustvari i završava formiranje melanža.

Zbijanje je verovatno bilo najintenzivnije između severoistočne ploče i južnog dela drinsko-golijsko-pelagonijske zone, gde u duboko zagnjurenim delovima kontinentalnih blokova nastaju anateksne granitske magme i gde se vrši metamorfizam visokih temperatura u dubinama, a niskih temperatura i srednjih p"itisaka u višim nivoima. Ove magme daju jursko-kredne granite zone Furka-Plauš-Štip-Lojane-Kuršumlija(-Polumir?), praćene intenzivnom migmatizacijom.

Pri kraju gornje jure, preko formiranog melanža talože se u »Vardarskoj zoni« sprudni titonski krečnjaci (Demir Kapija, Lojane), a zatim donjokredni fliš, a u »unutrašnje dinarskom pojasu« titonsko-donjokredna pogarska serija i slične tvorevine.

Zatvaranje okeanskih područja u severnom delu vardarske zone, verovatno se odigralo nešto kasnije, te se bazaltoidni vulkanizam nastavlja tako i u donju kredu.

Starost dijabaz-rožnačke farmacije je još krajem devetnajestog veka najavio Žujović (1893.) kao jursku, koju je Katzer 1906. godine u okviru svog čuvenog rada »Geologische Uebersichtskarte von Bosnien-Hercegovina 1:200.000«, potencirao i potvrdio.

Ovo shvatanje Katzera između dva svetska rata, prihvatio je znatno manji broj geologa kao što su: Kossmat (1924.), Loczy (1924.), Gočanin (1938.) i dr. U čitavom nizu objavljenih radova u to vreme, starost ove formacije smatrana je trijaskom.

Početkom pedesetih godina, međutim, na bazi paleontološki dokumentovanih podataka, većina istraživača dijabaz-rožnačke formacije Srbije, prihvatila je njenu srednje i gornjo-jursku starost (Ćirić, 1954—1967; Karamata, 1954., 1957.; Anđelković, 1958; Mojsilović i Radoičić, 1963.; M. D. Dimitrijević i M. N. Dimtrijević 1973.), mada M. D. Dimtrijević i M. N. Dimitrijević (1974.) ističu da su u oblasti melanža Jelice i okolnih planina u zvorničkom šavu, sigurno dokazani senonski elementi.

Jurska starost ove formacije »indirektno« je potvrđena određivanjem apsolutne starosti stena i minerala u oblasti ultramafitskog masiva Brezovice, od strane Karamate i Lovrića (1978.), kao i ranijim ispitivanjima amfibolita Bistrice (južni obod Zlatiborskog masiva) i Vijake u Bosni (Lanphere i koautori, 1976.). Ova dva autora, su prema izvršenim ispitivanjima K-Ar metodom, došli do zaključka da je smeštaj, odnosno nagurivanje ultramafitske mase, izvršeno pre približno 175—173 miliona godina, na granici lijasa i dogera, a Lanphere i koautori, da su amfiboliti Bistrice i Vijake obrazovani u toku srednje jure, tj. pre 160—170 miliona godina.

Na kraju našeg razmatranja geotektonske evolucije dijabaz-rožnačke formacije u nas, bez obzira da li se za model uzima kao baza nova geotektonska hipoteza nazvana tektonikom ploča, ili poznato učenje o evoluciji i unutrašnjoj organizaciji geosinklinala, nameće se zaključak da sa aspekta metalogenije bakra ne postoje bitne razlike, kako u pogledu porekla rudnih metala u okviru registrovanih mineralizacija i ležišta bakra, tako i sa aspekta svih drugih faktora koji definišu njihovo pojavljivanje u ovoj formaciji.

Opšte petrohemijske karakteristike magmatskih stena dijabaz-rožnačke formacije

Za izučavani deo dijabaz-rožnačke formacije u predelu Podrinjsko-polimskog regiona (prilog 1. i 2.), sa dosta pouzdanosti se može konstatovati da se odlikuje litološkim sastavom, koji je manje ili više karakterističan za ovu formaciju u celini. Naime, i pored izvesnih raznovrsnosti u pogledu litološke građe, na relativno kratkim odstojanjima, dijabaz-rožnačka formacija na ovom području se u osnovi sastoji od različitih sedimenata (peščari, alevroliti, glinci, rožnaci, breče, konglomerati, laporci i krečnjaci) i magmatskih stena (dijabazi, spiliti, pilou lave, dijabazne breče, gabro, dioriti, kvarc dioriti, granodioriti, granitoidne stene i peridotiti).

No, i ako se radi o gotovo potpuno razvijenom ofiolitskom kompleksu, bar kada je u pitanju podrinjski deo ove formacije (prilog 1.), sa karakterističnim sedimentnim i magmatskim članovima, u ovom poglavlju nećemo se zadržavati na detaljnijem razmatranju sedimentnih stena, iz dva, po našem mišljenju, opravdana razloga. Prvi razlog se sastoji u nedovoljnoj izučenosti sedimenata sa naše strane (ispitivali smo ih i izučavali samo u obodnim delovima dijabaznih i gabro stenskih masa), a drugi razlog predstavlja podatak da u okviru Izrade Osnovne geološke karte na pomenutom prostoru, osim delimično na listu Prijepolje (Ćirić, 1978.) nisu uopšte vršena posebna izdvajanja pojedinih članova ovog složenog sedimentnog kompleksa, te smo na taj način bili lišeni u datom trenutku, jedino mogućeg izvora geoloških informacija sa tog aspekta.

Kao posebno značajno pitanje, sa aspekta pojedinačnog raščlanjavanja ovih sedimenata, postavlja se izostavljanje inače veoma potrebnog izdvajanja, ili makar samo grafičkog markiranja mesta pojavljivanja rožnaca na Osnovnoj geološkoj karti, a naročito glinovito-gvožđevitih partija ovih stena, koje prema podacima iz literature, mogu biti vrlo dobri prospekcijski reperi sa stanovišta indiciranja masivnih piritsko-halkopiritskih orudnjenja. Primera radi, u vezi s tim, napominjemo da u izvesnim delovima ofiolitskih kompleksa u Albaniji (zona Mirdite, vulkanogeno-sedimentni pojas Morine — Selište) i na Kipru (Trodos), na kontaktu dijabaza ili, znatno čišće, pilou lava (pillow) sa hermetičkim glinovito-rožnačkim stenama, često se sreću veoma kvalitetna masivna piritsko-halkopiritska rudna tela sa sadržajem bakra u izvesnim delovima do preko 10%.

Magmatske stene, međutim, bile su predmet naših detaljnijih istraživanja i ispitivanja gotovo u svim fazama do sada izvedenih prospekcijskih i istražnih geoloških radova pri istraživanju bakrovih mineralizacija i orudnjenja u dijabaz-rožnačkoj formaciji Srbije. Sa tog aspekta, samo u laboratorijama Geoinstituta, do kraja 1977. godine, urađeno je preko 2000 petroloških (mikroskopskih) i drugih analiza magmatskih stena.

Prema strukturnim osobinama i načinu pojavljivanja, u dijabaz-rožnačkoj formaciji podrinjsko-polimskog regiona, izdvojili smo dve asocijacije bazičnih stena:

— Prvu asocijaciju čine stene dijabaz-spilitske grupe (efuzivna facija) sastavljene od dijabaza, albitisanih dijabaza, spilita, dijabaz-porfirita, dijabaznih breča i pilou lava (pillow lavas) — Ćebić, 1976.

— Drugu asocijaciju čine stene dijabaz-gabroidne grupe (intruzivna facija) sastavljene od dijabaza i gabrova, kao i prelaznih oblika gabro-dijabaza i dijabaz--gabrova. Uz ovu asocijaciju stena javljaju se intermedijarne i kisele intruzivne stene (Ćebić, 1976.).

U daljem tekstu izložićemo osnovna petrografska obeležja navedenih asocijacija stena, u najkraćim crtama.

Stene dijabaz-spiltske grupe

U okviru ove grupe stena količinski su najzastupljeniji dijabazi (prilog 1. i 2.), dok se učešće spilita, pilou lava i dijabaznih breča, javlja u znatno nižim proporcijama. Osnovni način pojavljivanja ovih bazičnih stena predstavljaju slivovi, konkordantno utisnuti silovi ili plitko očvrsla (u pripovršinskim delovima tla), subvulkanska tela, koja po svim osobinama pripadaju efuzivnoj (submarinskoj) faciji magmatizma u dijabaz-rožnačkoj formaciji. U izvesnim delovima rasprostranjenja ovih bazičnih vulkanita, često se sreću naizmenična smenjivanja dijabaza sa partijama dijabaznih breča ili pilou lava.

Dijabazi

Dijabazi su masivne, homogene stene, tamnozelene do tamnosive boje. U pojedinim delovima su zdrobljene i kataklazirane a zatim intenzivnije silifikovane, karbonatizirane ili orudnjene sulfidnom mineralizacijom. Dijabazi su vrlo često ispresecani žilicama kvarca, kalcita, prenita, epidota, zeolita i ponekad datolita. Limonitizacija je zapažena u orudnjenim i kataklaziranim dijabazima.

Strukture su ofitske do dijabazno-zrnaste i intersertalne sa heterogenom krupnoćom zrna od sitnih iglica do zrna od 1—2 mm. Porfiroidni varijeteti se zapažaju obodom masa. Mandole su dosta retke i sitne a ispunjene su hloritom, kvarcom,karbonatima i retko epidotom.

Bitni sastojci dijabaza su plagioklasi, augit i sekundarni hlorit, amfibol, zatim kvarc, epidot, klinocoisit, promenljiva količina zeolita, karbonata i neprovidnih minerala. Od sporednih sastojaka se javljaju apatit, sfen i cirkon.

Karakteristično je da su ovi dijabazi retko sveže stene. Veoma su retki dijabazi sa svežim plagioklasima i augitom. Obično su plagioklasi zamenjeni nisko temperaturnom asocijacijom minerala: epidotom, klinocoisitom, albitom, ponekad prenitom, sericitom ili zeolitom. Plagioklasi, takođe, veoma često uklapaju sitne liskice hlorita. Augit je obično zamenjen sekundarnim amfibolom ili hloritom i retko se zapažaju sveža zrna augita u masi hlorita. Varijeteti sa amfibolom su ređe zapaženi i obično su praćeni povećanom količinom epidota i klinocoisita. Hlorit je stalni sastojak dijabaza (često jedini Fe-Mg sastojak) i obično ispunjava međuprostore plagioklasa, mestimično gradeći nagomilanja ili žilice. Kvarc se javla mestimično a obično je međuprostoran zajedno sa hloritom ili pak potiskuje plagioklase zajedno sa sericitom.

Pored normalnih alteracionih promena dijabazi su mestimično zahvaćeni hidrotermalnim promenama koje su uglavnom vezane za orudnjenje zone ili rasedne zone. Od hidrotermalnih promena najrasprostranjenija je silifikacija, hloritizacija, karbonatizacija i albitizacija, dok su argilizacija i sericitizacija samo mestimične pojave.

Spiliti

Spiliti su afanatične, sitnozrne, često mandolaste stene, zelene do tamnozelene boje i makroskopski se teško razlikuju od dijabaza. U oblasti Tolišnice i Stanče se zapažaju variolitski varijeteti (Ćebić, 1976.).

Spiliti se javljaju u vidu submarinskih izliva, zajedno sa dijabazima ili pak u vidu slivova sa pilou lavama.

Spiliti su pretežno interesertalne i mikroofitske strukture dok je variolitska struktura zapažena u spilitima Tolišnice i Stanče. Veličina mikrolita iz osnovne mase je veoma heterogena što se zapaža čak i u istom preparatu. Spiliti se sastoje od igličastih ili izduženih zrnaca albita ili kiselih oligoklasa, čije međuprostore ispunjava augit, amfibol i hlorit sa kojima je intimno udružena promenljiva količina neprovodnih minerala, kvarca, epidota, klinocoisita i karbonata. U porfiroidnim varijetetima, albit i augit (koji je ponekad potuno zamenjen sekundarnim amfibolom ili hloritom javljaju se kao fenokristali ili mikrofenokristali.

Interesantno je pomenuti da se piroksen u ovim stenama ponekad javlja svež u masi hlorita a razvijen je u vidu alotriomorfnih zrna, perastih formi, kratkih prizmi ili veoma izduženih kristala (kod variolita Tolišnice).

U variolitskim varijetetima zapaža se međuprostorno, delimično devitrifikovano staklo kao i skeletni kristali augita. Ovaj, relativno niski kristalinitet stena ukazuje na brzo i naglo hlađenje rubova piloua.

Mandole su znatno češće u spilitima nego u dijabazima. Obično su manjih dimenzija i nepravilnog oblika a ispunjene su hloritom, kalcitom, prenitom, epidotom, kvarcom i kalcedonom ili zeolitom.

Pilou lave

Pilou lave su najzastupljenije u oblasti Maljena, Kablara, Goveđa Glava-Mravinci (prilog 1.) i na potezu Bistrica-Priboj (prilog 2.). Najčešći način njihovog pojavljivanja su slivovi, koji se mestimično smenjuju sa dijabaznim brečama i slivovima dijabaza i spilita.

Po sastavu to su najčešće spiliti, varioliti ili sitnozrni, afanatični dijabazi, a razlikuju se od ostalih stena istog sastava samo po posebnim formama u kojima se javljaju. Lava se naime, javlja u kuglastim »jastučastim« nagomilanjima manjih dimenzija, gde duža osa ne prelazi 1 m (fot. 1. i 2.). Prostor između piloua (pillow) »jastuka« ispunjen je sitnozrnom osnovom najčešće spilitskog ili dijabaznog sastava. Kuglasta tela (»jastuci«) su afanatična, skoro staklasta, sa mestimično mandolastom teksturom. Često po obodu prelaze u varijolite. Ovakav način izlivanja je karakterističan za submarinske ekstruzije. Debljina slivova se najčešće kreće od nekoliko metara do više desetina metara (Jakovljević, 1977.). Mestimično su zapaženi nagli prelazi od pilou lava ka spilitima, odnosno dijabazima.

Dijabazne breče

Dijabazne breče su konstatovane na više mesta u obliku zona koje se smenjuju sa slivovima dijabaza i spilita ili pak kao partije u sedimentima dijabaz-rožne formacije. Dijabazne breče su izgrađene od fragmenata pretežno dijabaznih stena ređe spilita, koji su cementovani sitnozrnim afanatičnim vezivom dijabaznog sastava. Fragmenti drugih stena (peščara, rožnaca, krečnjaka) su znatno ređi.

Hemijski sastav dijabaznih stena

Tabela 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
SiO_2	64,50	57,50	52,60	50,70	47,12	50,16	46,00	46,35	52,32	48,30	48,04	47,32	48,52	47,40	37,56
TiO_2	0,85	1,44	0,10	0,83	0,51	0,30	0,90	0,90	1,40	1,22	0,93	0,61	2,00	1,80	2,56
Al_2O_3	12,70	13,60	13,70	16,70	15,05	16,76	16,68	17,63	16,45	15,02	15,31	17,00	13,72	16,00	13,12
Fe_2O_3	2,98	1,23	0,40	1,94	10,37	5,44	2,56	3,03	3,62	3,39	6,64	3,67	7,32	4,26	9,34
FeO	5,35	10,90	4,30	7,60	2,37	10,03	6,51	5,81	7,71	7,93	4,60	9,28	6,53	7,76	4,24
MnO	0,15	0,20	—	—	0,23	0,22	0,09	0,25	0,18	0,28	0,20	0,22	0,40	0,18	0,26
MgO	2,56	4,12	10,10	4,93	4,18	2,05	8,75	8,86	5,00	8,01	7,41	7,25	6,34	6,17	2,10
CaO	1,60	2,10	8,40	3,65	4,26	4,20	12,90	9,52	5,92	11,92	10,07	8,70	9,25	7,25	14,70
Na_2O	4,96	5,47	1,60	3,23	5,87	6,13	2,19	2,12	2,66	1,78	2,20	2,92	2,40	3,49	4,25
Ka_2O	0,70	0,17	0,75	0,36	0,24	0,15	0,99	1,27	1,34	0,82	0,07	0,15	0,05	0,20	0,15
P_2O_5	0,06	0,23	0,02	0,02	0,10	0,12	—	—	0,20	—	0,11	0,19	0,23	0,13	0,32
H_2O +	1,91	1,64	3,90	5,52	0,17	4,21	2,00	4,48	3,34	1,76	3,05	3,01	2,19	4,21	11,46
H_2O —	0,64	0,16	3,90	0,83	1,44	0,26	0,16	0,33	0,23	1,15	1,79	0,14	1,28	0,98	0,14
CO_2	0,10	1,03	—	2,81	6,42	0,19	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	0,51	—	—	0,36	1,58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	99,57	99,79	100,07	99,69	99,91	100,22	99,73	100,55	100,37	100,58	100,42	100,46	100,23	99,83	100,20

Lokalnosti:	*Vrsta stene:*
1. Žuč	Dijabaz
2. Žuč	Keratofir
3. Tolišnica	Dijabaz
4. Tolišnica	Dijabaz
5. Stanča	Dijabaz
6. Lajkovača	Spilit
7. Tejići	Dijabaz
8. Pašina Ravan	Dijabaz

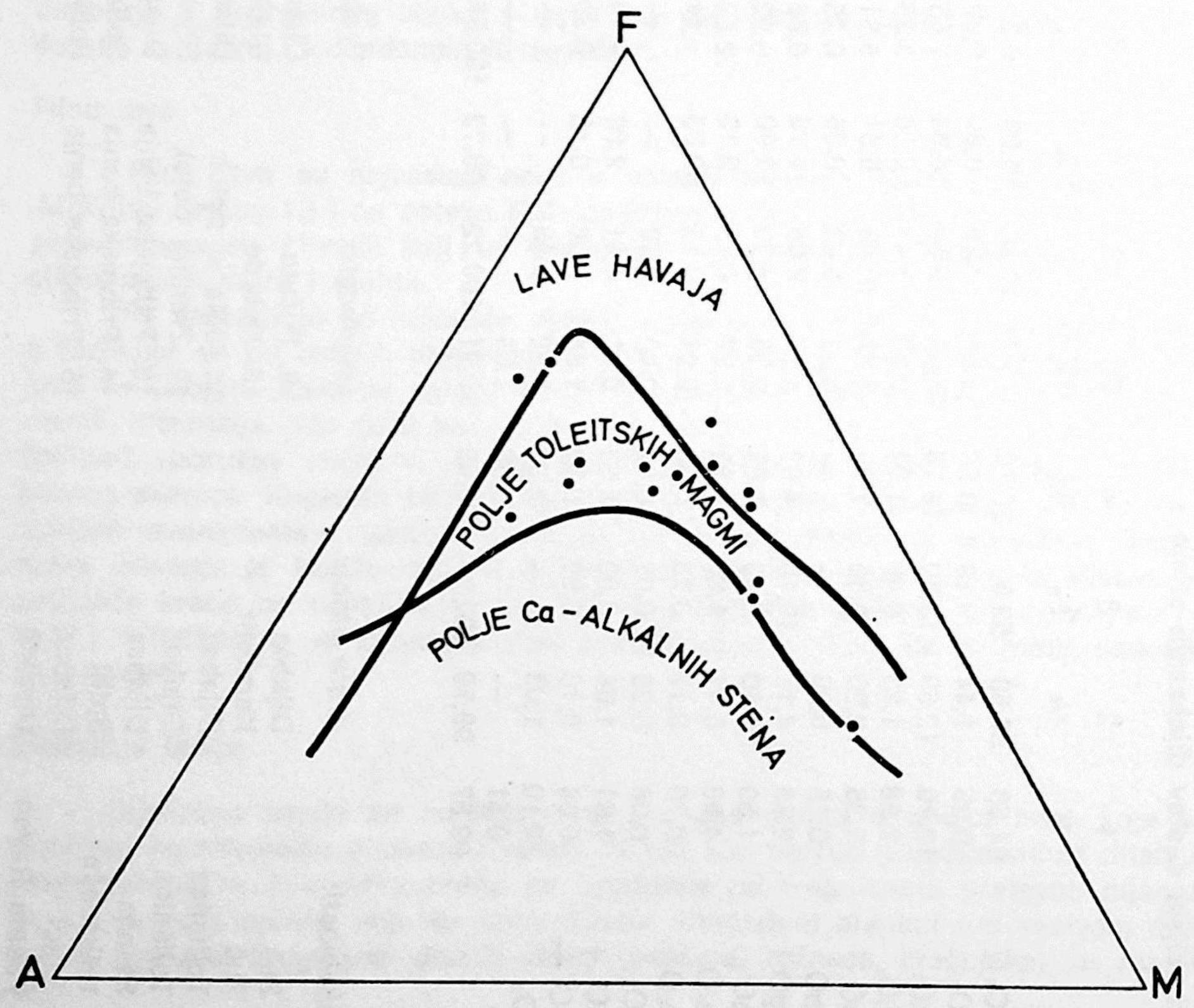
Lokalnosti:	*Vrsta stene*
9. Poćuta	Dijabaz
10. Nabrdo	Dijabaz
11. Jelački potok	Dijabaz
12. Zmijinji potok	Dijabaz
13. Pribojska banja	Dijabaz
14. Pribojska banja	Spilit
15. Pribojska banja	Spilit

Napomena:

U analizama gde CO_2 nije posebno određivan, uključen je u H_2O +

Sl. 6.
AFM dijagram bazaltoidnih magmi.

Fig. 6.
AFM diagram of basaltic magma.



Među ovim stenama zapaženi su alterisani bazični tufovi.

Prema hemijskim analizama prezentiranim u tabeli 1., može se zaključati da stene dijabaz-spilitoidne grupe, pokazuju izrazit natrijski karakter. Njihovom komparacijom sa srednjim vrednostima dijabaza po D a l i j u (D a l y), dolazi se do izrazito povećanog sadržaja SiO_2 i smanjene količine CaO.

Na osnovu dijagrama (sl. 6.), konstruisanog prema rezultatima hemijskih analiza stena dijabaz-spilitoidne grupe, datim u tabeli 1., može se konstatovati da one pripadaju toleit bazaltnom vulkanizmu, karakterističnom za okeanske grebene, odnosno okeansku koru.

Stene gabro-dijabazne grupe

Stene ove grupe karakterišu se tesnom vezom i uzajamnim prelazima između gabrova i dijabaza, mada nije zapažena nikakva pravilnost njihovog međusobnog rasporeda. Zapažaju se male mase dijabaza u okviru većih masiva gabra i obrnuto, tako da je teško povući oštru granicu između ovih stena, jer su povezane postupnim prelazima preko ofit-gabra ili dijabaz-gabra.

Dijabazi

Dijabazi kojl se javljaju u ovoj grupi karakterišu se krupnozrnom ofitskom strukturom i istim mineralnim sastavom kao i dijabazi opisani u prethodnoj grupi. Javljaju se u vidu plitkih intruzija zajedno sa gabrovima u koje postupno prelaze.

Gabrovi

Gabrovi se javljaju u vidu manjih masa ili većih intruzija, najčešće zajedno sa dijabazima i znatno su zastupljeniji u podrinjskom delu izučavanog područja (prilog 1.). To su srednjozrne do krupnozrne stene, najčešće hipidiomorfno zrnaste strukture sa pojavom ofitske kod prelaznih tipova. Boje su sivozelene do tamnozelene. U pogledu mineralnog sastava to su najčešće normalni piroksenski gabrovi, ređe amfibolitski i olivinski varijeteti, dok su noriti sasvim podređeni. Sastoje se od bazičnog plagioklasa (koji je često sosiritisan, prenitisan ili retko zeolitisan) i augita koji je mestimično uralitisan. Olivin se sreće sporadično dok je amfibol znatno češći ili pak jedini bojeni sastojak kod uralit-gabrova. Od sekundarnih sastojaka, pored uralita i aktinolita, zapaža se veća količina hlorita, epidota, klinocosita, prenita, zeolita, karbonata, limonitske materije i ponekad kvarca. Sporedni sastojci su neprovidni minerali, sfen, apatit i cirkon. Pored sosiritizacije i uralitizacije, gabrovi su na pojedinim mestima kataklazirani i hidrotermalno izmenjeni.

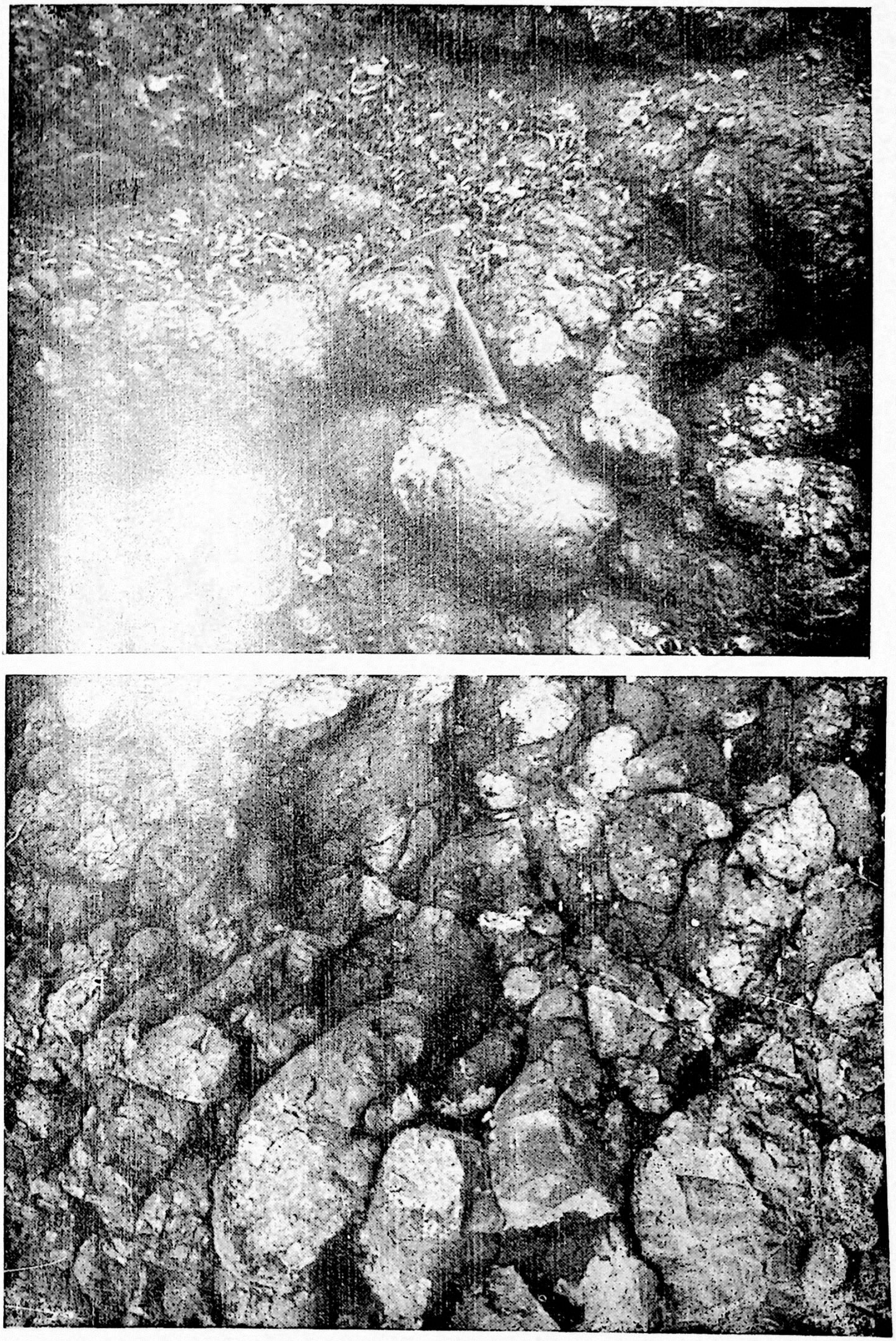
U stenama gabro-dijabazne grupe (intruzivne facije) pored gabrova i dijabaza, zapažaju se manje mase diorita, kvarc-diorita granodiorita i plagiogranita koje su međusobno intimno udružene i vezane postupnim prelazima. Ove, intermediarne i kisele stene su znatno manje rasprostranjene nego gabrovi i dijabazi. Nema neke naročite pravilnosti o pojavljivanju ovih stena, mada se one često zapažaju u blizini tektonskih kontakata, rasednih i orudnjenih zona.

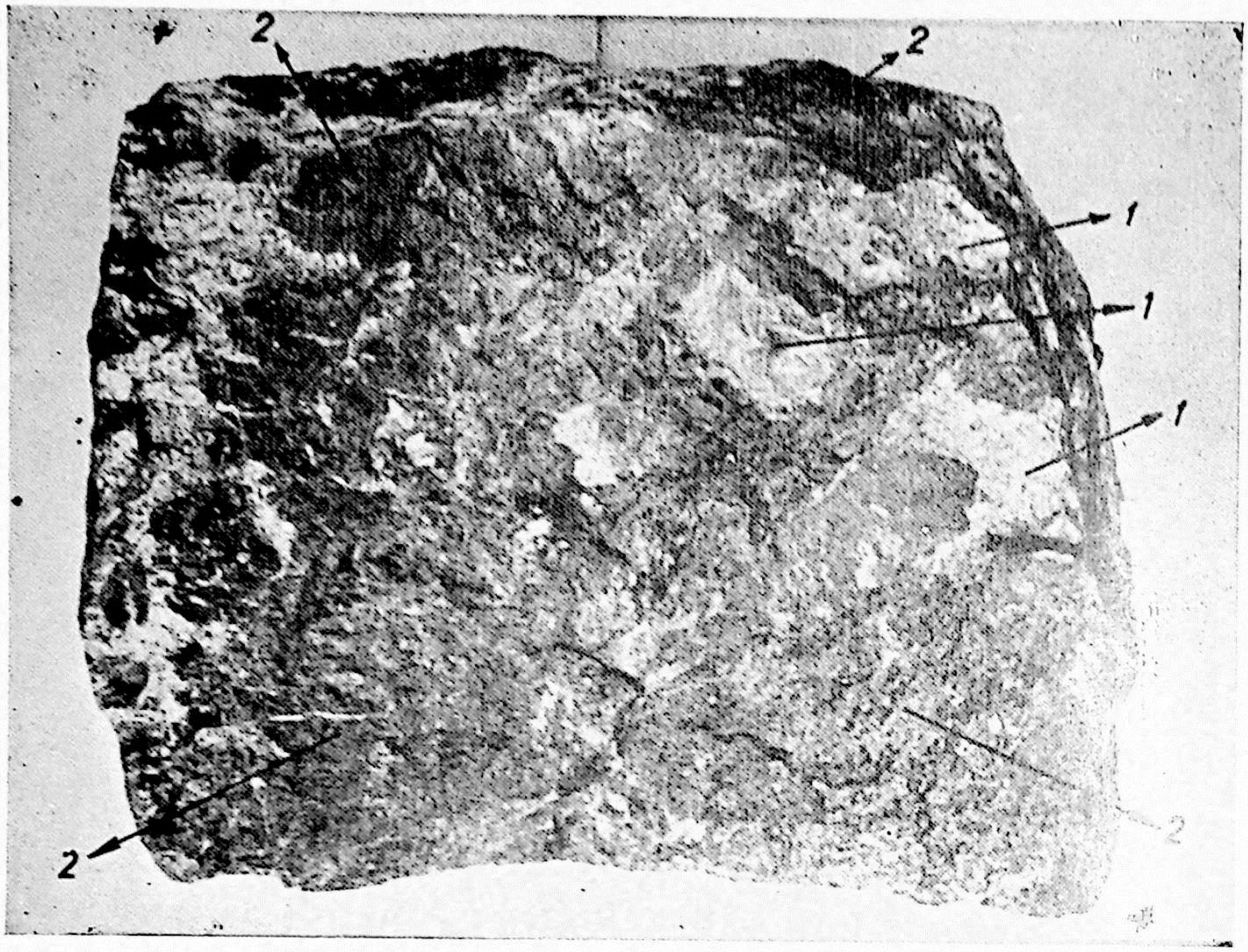
Fot. 1.
Pilou lava na putu Mravinci — Goveđa Glava.

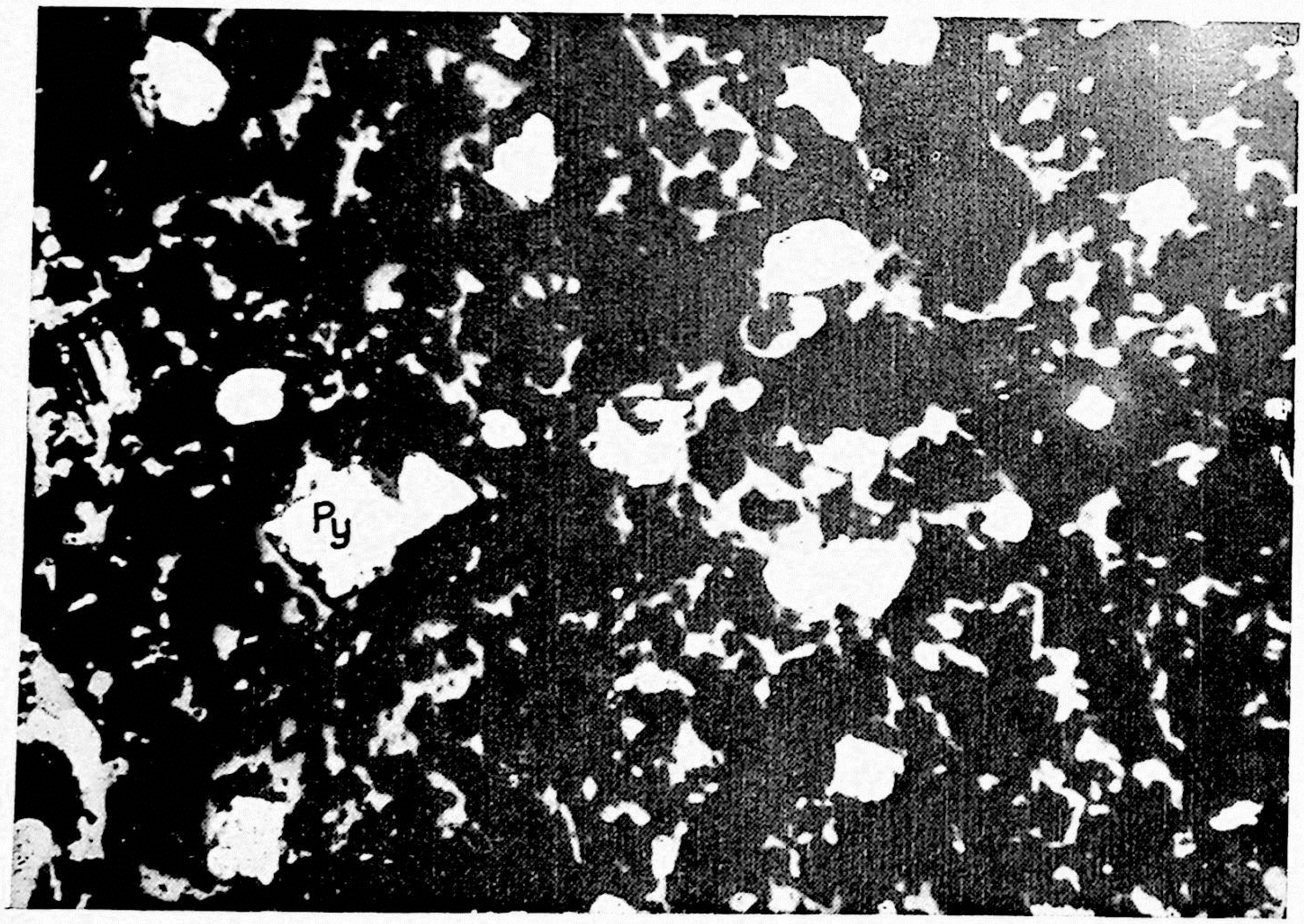
Photo 1
Pillow lava at Mravinci — Goveđa Glava road.

Fot. 2.
Pilou lava, put Priboj — Bistrica.

Photo 2.
Pillow lava, at Priboj — Bistrica road.




2
2
1
1
1
2
2


Py

Fot. 3.
Masivna ruda (metasomatsko potiskivanje petrogenih minerala u okolnoj steni ležišta Rečica).
1. Dijabaz, 2. Masivna ruda.

Photo 3.
Massive ore, with metasomatic replacement of petrogene minerals in country rocks of Rečica mineral deposit.
1. Diabase, 2. Massive ore.

Fot. 4.
Impregnacije pirita I u stenskoj masi dijabaza, kao posledica piritizacije.

Photo 4.
The pyrite I impregnation in diabase, caused by pyritization.

Dioriti

Dioriti su otkriveni na više mesta na Kablaru i Bukovima, kao i u lokalnostima Novakovača i Goveđa Glava, a obično su lokalizovani u vidu manjih masa u gabru (Kablar) ili na kontaktu dijabaz-rožnačke formacije i peridotita (Bukovi).

To su srednjezrne, masivne stene sivozelene boje. Izgrađene su od prelaznih do kiselih plagioklasa, monokliničkog piroksena i amfibola. Plagioklasi su delimično sericitisani ili epidotisani dok su bojeni sastojci često zamenjeni hloritom. Često se zapaža zamenjivanje piroksena amfibolom. Od sporednih sastojaka sadrži apatit, neprovidne minerale, sfen i malo cikrona.

Kvarc dioriti

Kvarc dioriti se javljaju lokalno uz gabrove, diorite ili plagiogranite u koje postupno prelaze i nemaju jasne kontakte. To su zrnaste stene svetlozelene do zelene boje i hipidiomorfno zrnaste strukture. Izgrađene su od prelaznih plagioklasa koji su delimično sericitisani ili kaolinisani, zatim monokliničnog piroksena (koji je delimično do intenzivno zamenjen hloritom ili amfibolom), bledozelenog uralitskog amfibola, kvarca i hlorita. Kvarc je ponekad granofirski prorastao sa plagioklasima. Od sporednih sastojaka sadrže neprovidne minerale, apatit, sfen i cirkon.

Granitoidne stene

U ovu grupu stena svrstani su albitski i biotitski graniti, granodiorit-porfiri, kvarc-porfiri i granofiri. Albitski graniti su količinski najzastupljeniji (prilog 1.) u predelu Zapadne Srbije dok su biotitski graniti podređeni. Ostale stene su znatno ređe. U odnosu na bazične stene, granitoidne stene imaju znatno manje rasprostranjenje, a javljaju se u vidu nepravilnim masa neodređenog oblika i pružanja, žica i malih intruzivnih tela često vezanih za rasedne strukture (P u t n i k 1975.).

Po svom sastavu to su najčešće albitski graniti, a znatno ređe biotitski graniti. Ove stene su masivne, homogene, srednjezrne do krupnozrne teksture. Boje su sivozelenkaste. Strukture su obično hipidiomorfno zrnaste sa slabom tendencijom ka krupnozrnoj ofitskoj strukturi (što se zapaža kod albitskih granita Povlena). Primerci sa granofirskom strukturom su znatno ređi. Kod svih plagiogranita u strukturi se jasno ističu idiomorfna ili hipidiomorfna zrna albita, dok je kvarc međuprostoran. Plagioklasi su često praćeni pojavom kataklaziranja, sericitizacije i argilizacije. Kataklastične strukture su redovno prisutne kod leukogranita.

Albitski graniti su bitno izgrađeni od albita, kiselog oligoklasa i kvarca uz promenljivo učešće bledozelenog uralitskog amfibola, hlorita, epidota, klinocoisita, kalcita, sericita i sporednih sastojaka i apatita, cirkona i neprovidnih minerala. Količina amfibola i hlorita je veoma varijabilna pa se zapaža i u istom petrografskom preparatu. Sa povećanjem sadržaja amfibola i hlorita, kao i povećanjem procenta anortita u plagioklasima ove stene prelaze u kvarc diorite (Ć e b l ć, 1976.).

Ultrabazične stene

Na izučavanom području (prilog 1. i 2.), ultrabazične stene su predstavljene peridotitima, serpentinisanim peridotima i serpentinitima. Pojavljuju se dvojako: u vidu jasno izdvojenih prostranih masiva, ili manjih sočiva i izduženih masa. U prvom slučaju, to su poznati veći ultramafitski masivi (Maljen, Suvobor. Zlatibor), a drugi slučaj predstavlaju serpentinisani peridotiti ili serpentiniti unutar tvorevina dijabaz-rožnačke formacije, po pravilu vezani za rasedne zone (tektonska istiskivanja peridotita ili mlada dijapirska premeštanja serpentinita).

Peridotiti su masivne tamnozelene stene. Boja im varira od stepena serpentizacije. Strukture su hipidiomorfno zrnaste ili mrežaste (kod izrazito serpentinisanih peridotita). Prema mineralnom sastavu odgovaraju obično harcburgitima, prelaznim oblicima od harcburgita ka lerzolitu i lerzolitima. Sastoje se od rombičnih i monokliničnih piroksena, olivina, serpentina, bastita, hlorita, talka, bazičnih plagioklasa do hidrogrosulara (kod feldspatskih periodita Maljena),gvoždevite materije i neprovidnih minerala i hromita kao sporednih sastojaka.

Serpentiniti, se javljaju u vidu manjih tela, nekad dimenzija od samo nekoliko do desetak metara. Ove stene su izgrađene od serpentinisanih minerala i vrlo retkih relikata bastita. Vrlo često su hidrotermalno izmenjeni, najčešće silifikovani, karbonatisani ili limonitisani.

Prema Karamati i Pamiću (1970.) ultramafitski kompleksi Dinarida predstavljaju tipske alpinotipne komplekse u kojima se, pored vodeće količinske uloge ultramafita, javljaju u malim količinama (ispod 10%) gabroidne stene. U stvari, ofioliti prema opšte prihvaćenom shvatanju većine savremenih istraživača, predstavljaju fragmente okeanske kore i najvišeg omotača. Pri tome niži delovi ovih kompleksa izgrađeni od ultramafita sa većinom tektonskim sklopom — odgovaraju materijalu gornjeg omotača, i to njegovim delovima neposredno ispod okeanske kore (Karamata, 1975.). Na svoje sadašnje mesto pojavljivanja alpinotipni ultramafiti su prema Karamati i Pamiću (1970.) mogli biti dovedeni samo u vidu kristalne kaše ili čvrstih blokova. Pri tome, ovi autori dijapirska premeštanja serpentinita i tektonska istiskivanja peridotita smatraju za mlađe pojave. Po Karamati (1975.), ultramafiti u toku svog kretanja, kao dublji delovi ploča, od podloge okeanskih grebena — mesta njihovog obrazovanja pa do oboda okeanskih područja i zona podvlačenja ili navlačenja okeanske ploče pod, odnosno na drugu ploču, kao i njihovog konačnog utiskivanja u zemljinu koru, menjaju svoje stanje. Od masa sa većom ili manjom količinom fluidne stopljene faze, do potpuno iskristalisanih masa, interno mobilnih do interno imobilnih (svi slučajevi mogu da nastupe). Na tom svom putu ultramafitske mase metamorfišu okolne stene. U vezi s tim, Karamata (1975.) je na slučajevima Malog Borča, Čajetine, Goleša i drugih lokaliteta, dao niz konkretnih primera.

Na kraju ovog poglavlja, umesto zaključka, može se konstatovati da je magma koja je uslovila postanak magmatskih stena u dijabaz-rožnačkoj formaciji (osim ultramafita) toleit bazaltskog karaktera (tabela 1, sl. 6.) jako diferencirana, a poreklom iz gornjeg omotača. Kristalisala je u specifičnim uslovima visokih temperatura i niskih pritisaka, submarinski je izlivana i bila je obogaćena, nepravilno raspoređenim volatilima te tamo gde su bili prisutni nastajali su spiliti, a na mestima gde su izostajali stvoreni su dijabazi (Ćebić, 1976.).

Diorit-plagiogranitska asocijacija stena znatno je manjeg obima pojavljivanja, a u genetskom smislu vezana je za gabro-dijabaznu grupu stena.

Piritsko-bakronosna ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji podrinjsko-polimskog regiona

Piritsko-bakronosna ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne i Jugoistočne Srbije (kada se radi o štokverk-impregnacionom i masivnom morfološkom tipu orudnjenja), u pogledu metalogenije, strukturno-geoloških karakteristika, veličine pojedinih ležišta, a naročito po izostajanju metamorfizma, po našem mišljenju, pokazuju izrazitu sličnost sa ležištima tzv. »kiparskog« tipa, do sada najbolje izučenih u bazičnim vulkanogeno-sedimentnim formacijama ofiolitskog kompleksa Trodos na Kipru. Ovaj zaključak se zasniva s jedne strane, na osnovu upoređivanja pomenutih karakteristika naših ležišta u ovoj formaciji, sa ležištima Kipra, a s druge strane, na analizi izvesnog broja objavljenih radova u kojima je data komparacija kiparskih ležišta sa ležištima u ofiolitima Njufaundlenda (U p a d h y a y and S t o n g, 1973, B a c h i n s k i 1977, T u a c h and K e n n e d y 1978.), Turske — Ergani maden (B a m b a 1976, J a n k o v i ć 1977.), Severne Italije, Korzike, Urala, Filipina, Japana (S i l l i t o e, 1973.).

Karakteristike pojedinih izučavanih piritsko-bakronosnih ležišta

Na osnovu izvršenih metalogenetskih analiza, jasno se sagledava da su do sada otkrivena piritsko-bakronosna ležišta (prilog 1.), čiji pregled dajemo u ovom poglavlju, prostorno lokalizovana u podrinskom delu ove formacije. To je prvenstveno posledica većeg stepena istraženosti ili tačnije rečeno, rezultat izvedenih kompleksnih regionalnih istraživanja bakra u ovom delu dijabaz-rožnačke formacije Zapadne i Jugozapadne Srbije, za razliku od njenog polimskog dela na izučavanom području (prilog 2.), koji je samo parcijalno zahvaćen manjim obimom regionalnih nesistematskih istraživanja.

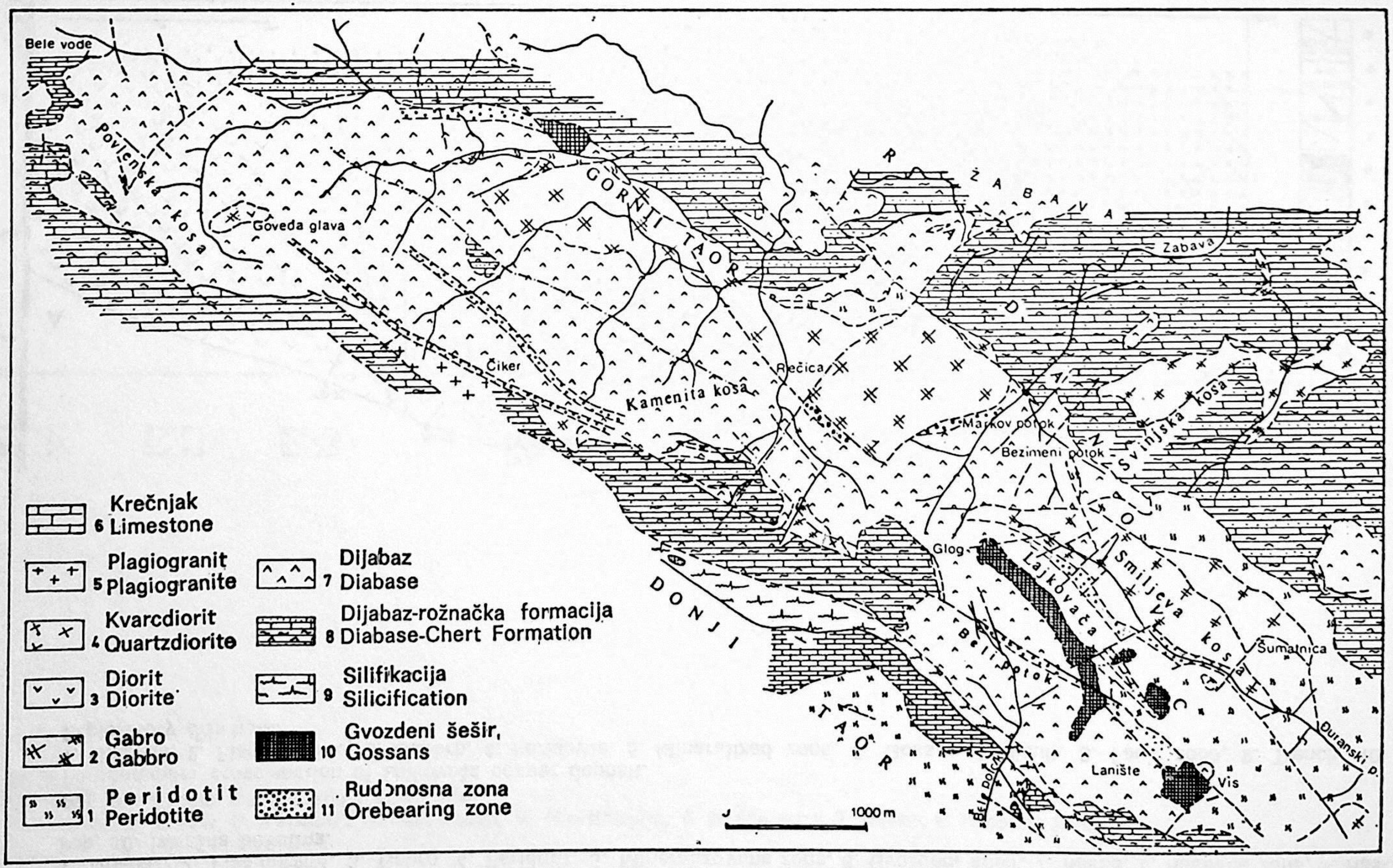
U daljem izlaganju iznećemo samo osnovne karakteristike svakog od do sada izučavanih ležišta, a njihova opšta metalogenetska obeležja, prezentiraćemo u narednom poglavlju.

Piritsko-bakronosno ležište Lajkovača

Bakrovo orudnjenje se javlja duž brečaste hidrotermalno izmenjene zone u dijabazima, koja je dosadašnjim istražnim radovima (pretežno bušenjem, a samo mestimično rudarskim istražnim radovima) istraživana po pružanju na dužini od 1.300 m.

Hidrotermalne promene manifestovane su intenzivnom silifikacijom, hloritizacijom i karbonatizacijom, a albitizacijom i epidotizacijom samo mestimično.

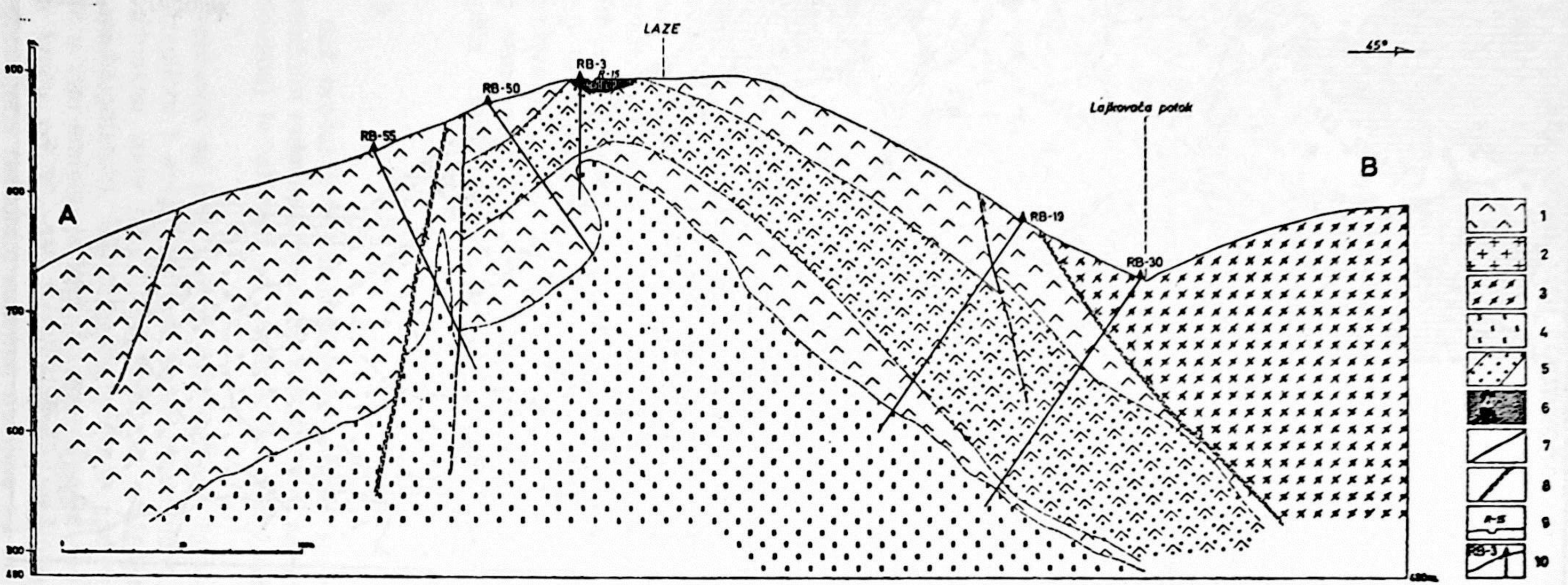
Generalni pravac pružanja rudonosne zone (sl. 7.) je saglasan pružanju dijabaz-rožnačke formacije (severozapad-jugoistok), sa najčešće strmim padom u jugoistočno polje (60—80°). Izuzetak u tom smislu, je krajnji severozapadni deo zone, gde se vrednosti padnog ugla kreću od 30—55°. Granica prema okolnim stenama je tektonska i najčešće predstavljena rasednim zonama, debljine od ne-

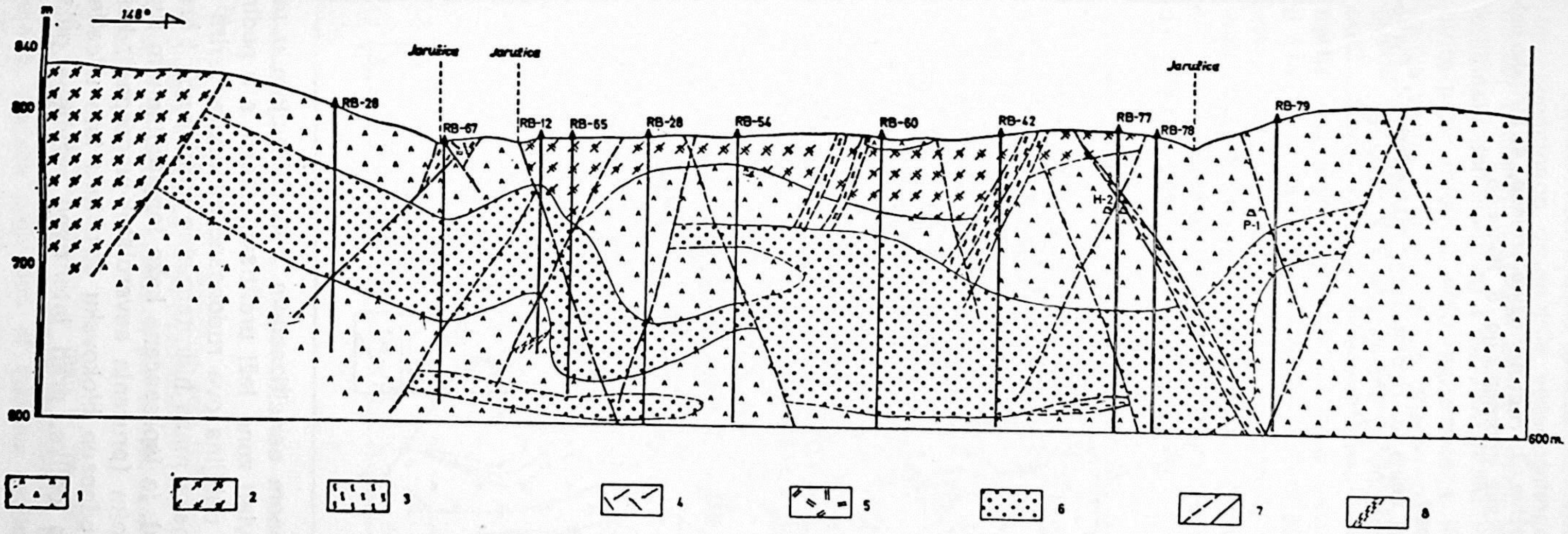


Sl. 7. Strukturno-geološka karta rudnog polja Radanovci — Taor.
Fig. 7. Structural-geological map of Radanovci-Taor ore field.

Sl. 8.
Poprečni profil kroz ležište bakra Lajkovaču.
1. Dijabaz, 2. Plagiogranit, 3. Gabro, 4. Peridotit, 5. Mineralizovana zona, 6. Gvozdeni šešir, 7. Rased, 8. Rasedna zona, 9. Raskop, 10. Istražna bušotina.

Fig. 8.
Perpendicular cross-section of Lajkovača copper deposit.
1. Diabase, 2. Plagiogranite, 3. Gabbro, 4. Peridotite, 5. Mineralized zone, 6. Gossan, 7. Fault, 8. Fault zone, 9. Trench, 10. Exploratory drill-hole.



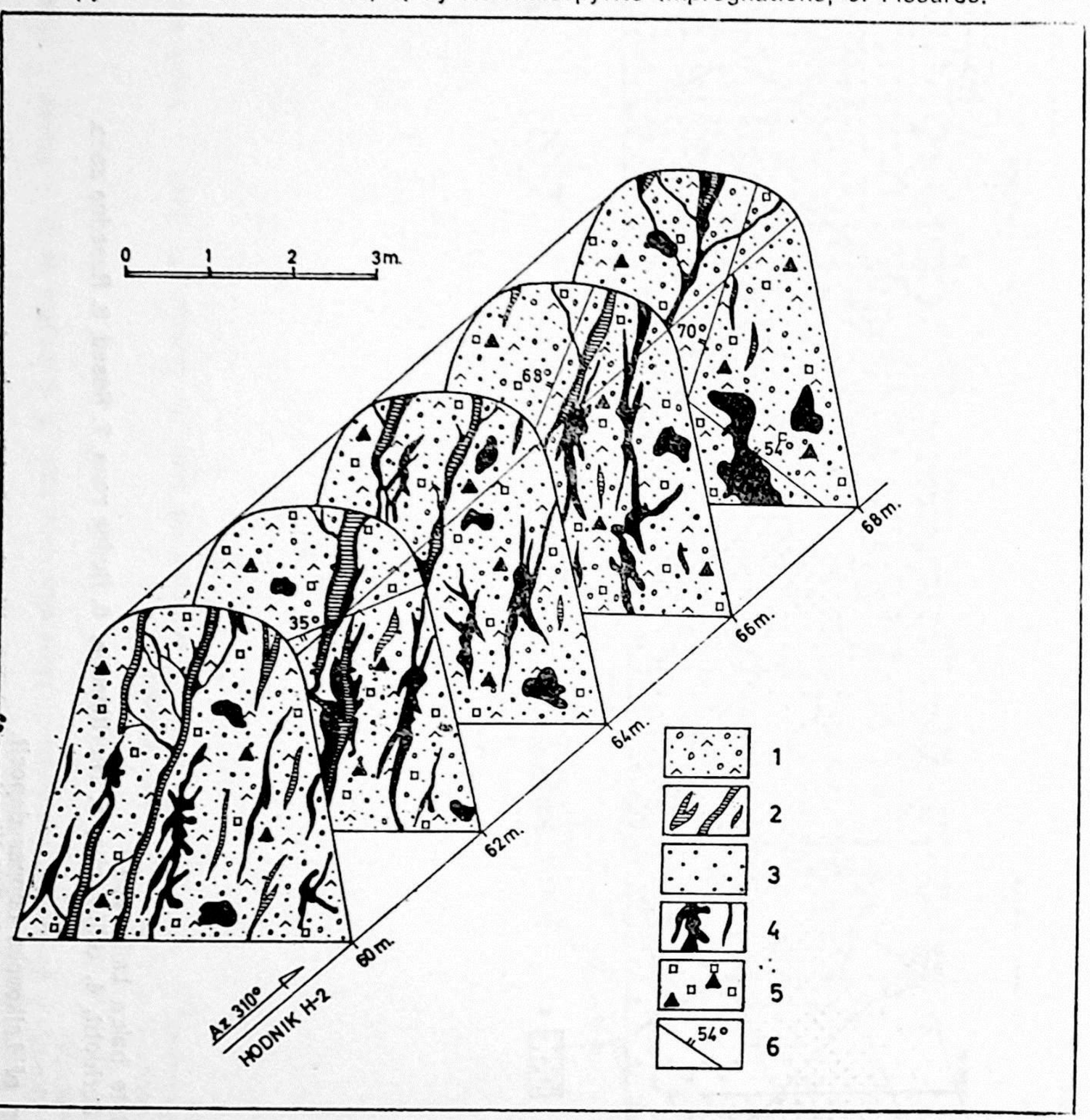


Sl. 9.
Udruženi profil kroz ležište bakra Lajkovaču.
1. Dijabaz, 2. Gabro, 3. Peridotit, 4. Silifikacija, 5. Hloritizacija, 6. Rudna zona, 7. Rased, 8. Rasedna zona.

Fig. 9.
Longitudinal cross-section of Lajkovača copper deposit.
1. Diabase; 2. Gabbro; 3. Peridotite; 4. Silicification; 5. Chloritization; 6. Mineralized zone; 7. Fault; 8. Fault zone.

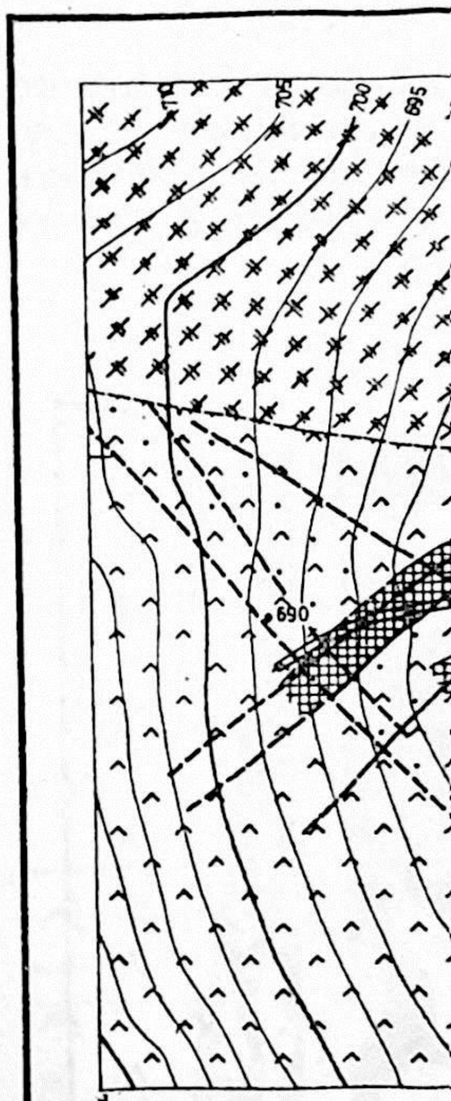
Sl. 10.
Ležište bakra Lajkovača — kulisni blok dijagram.
1. Brečizirani dijabaz, 2. Kvarcne žice i sočiva, 3. Hidrotermalne izmene, 4. Piritsko-halkopiritske žice i sočiva, 5. Piritsko-halkopiritske impregnacije, 6. Pukotine.

Fig. 10.
Curtain diagram of Lajkovača copper deposit.
1. Brecciated diabase, 2. Quartz lenses and veins, 3. Hydrothermal alterations, 4. Pyrite-chalcopyrite veins and lenses, 5. Pyrite-chalcopyrite impregnations, 6. Fissures.



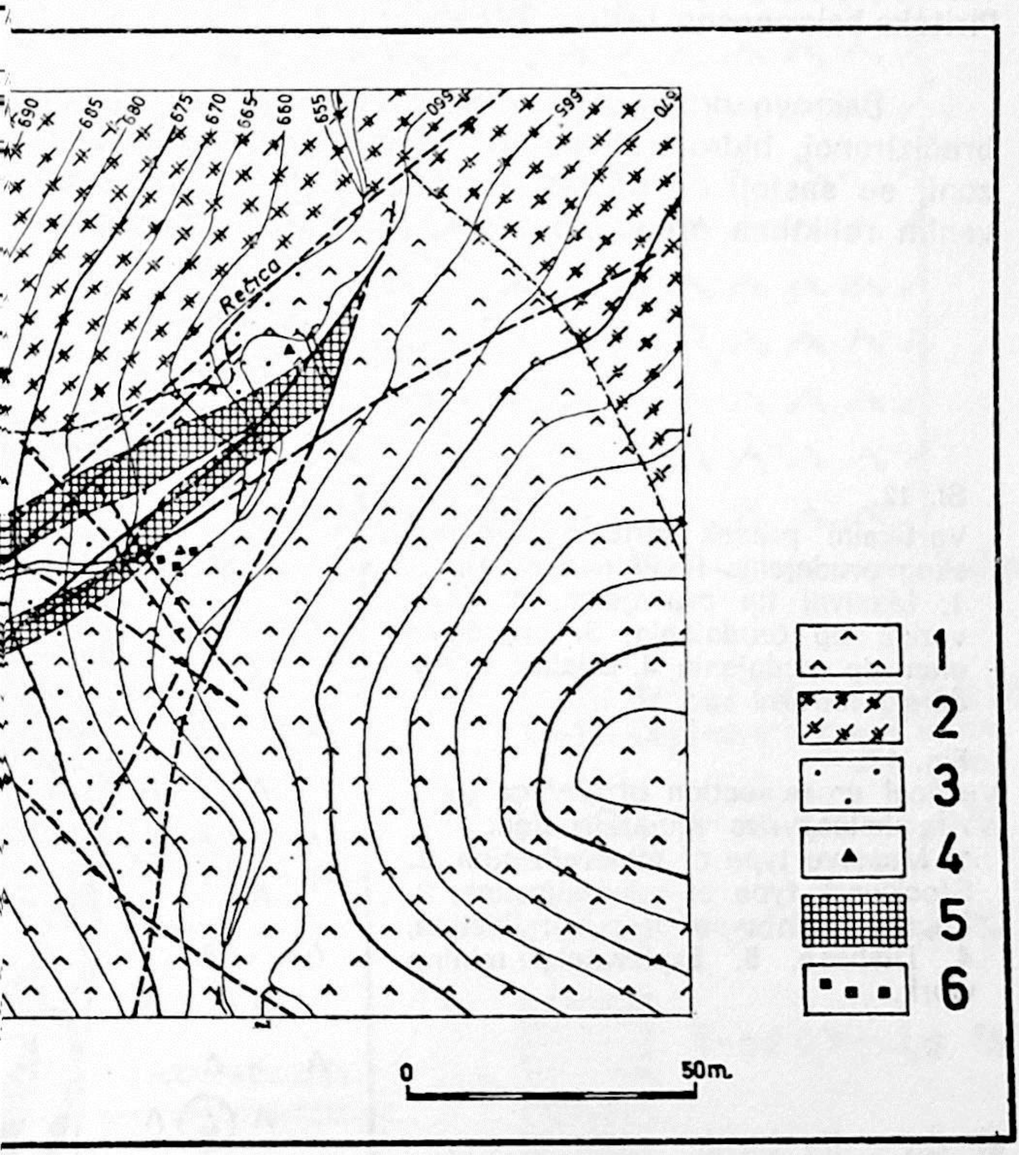
koliko do desetak metara, sa naglašenom sericitizacijom i hloritizacijom u podinskom delu. Gotovo po pravilu u povlati zone leži uralitisani gabro, a u podini dijabaz (sl. 8. i 9.). Do sada utvrđena debljina ove rudonosne strukture varira u granicama od 20 do preko 120 m. Stenska masa hidrotermalno izmenjenog i brečiziranog dijabaza u zoni (okolna stena), je ispresecana kako longitudinalnim raputrama, tako i transferzalnim postrudnim (pružanja severoistok-jugozapad), koje su uslovile česta kidanja i smicanja, odnosno blokovsku strukturu iste u celini. Ove rupturne deformacione tektonske oblike, prati intenzivno razvijena pukotinska tektonika (P u t n i k 1973 b).

Piritsko-bakronos
-Impregnacionog orudn
načkoj formaciji Zapad
količinski dominantnog
pirita prvenstveno u vi
nacija varira u vrlo ši
gustih prožimanja, koje
stati u impregnacijonu
nacija kao najzastuplj
u asocijaciji sa količin
metaličnih minerala (s
vidu žica, šlira, sočiv
sl. 10.). Sadržaj bakra
od 1 do 3, a mestimičn



Sl. 11.
Geološka karta severoz
1. Dijabaz, 2. Gabro, 3.
ruda, 5. Projekcija masi
tizacija.
Fig. 11.
Rečica ore zone, geolo
1. Diabase, 2. Gabbro,
ore 5. Surface projecti

no ležište Lajkovača, pokazuje tipične osobenosti štokverk-
enja vezanog za stene dijabaznog sastava u dijabaz-rož-
ne Srbije. Skoro čitava stenska masa okolne stene, pored
i redovno prisutnog pirita, sadrži i izvesne količine halko-
du impregnacija. Količina halkopirita u okviru ovih impreg-
okom dijapazonu, od jedva primetnih tragova do relativno
se prema rezultatima oprobavanja, mestimično mogu svr-
rudu srednjeg kvaliteta (sadržaj do 1% Cu). Pored impreg-
nijeg načina pojavljivanja rudnih minerala, halkopiriti se
ski dominantnim piritom, ponekad praćen tragovima ostalih
falerit, magnetit, markasit, kovelin, halkozin),javlja još u
a i »gnezda« (štokverkno-impregnacioni tip orudnjenja —
u ovakvim štokverkno-impregnacionim rudnim telima varira
o 4 do 6%



padnog dela rudonosne zone Rečica.
Piritsko-halkopiritske impregnacije, 4. Masivna piritsko-halkopiritska
vnog piritsko-halkopiritskog orudnjenja na površini terena, 6. Piri-

gical map of its northwestern part.
3. Pyrite-chalcopyrite impregnations, 4. Massive pyrite-chalcopyrite
on of massive pyrite-chalcopyrite mineralization, 6. Pyritization.

Izvesni delovi štokverkno-impregnacionih rudnih tela, koji su obogaćeni piritom, odlikuju se povećanim sadržajem kobalta (od 200 do 800 ppm). Pirit je glavni nosilac kobalta, mada su izvesne, znatno manje količine ovog metala, vezane za halkopirit i vrlo retko prisutan magnetit u ovom ležištu. Kobalt se javlja u piritu, prvenstveno izomorfno primešan u kristalnoj rešetci, a vrlo retko u pirotinskim inkluzijama koje sadrži ovaj mineral.

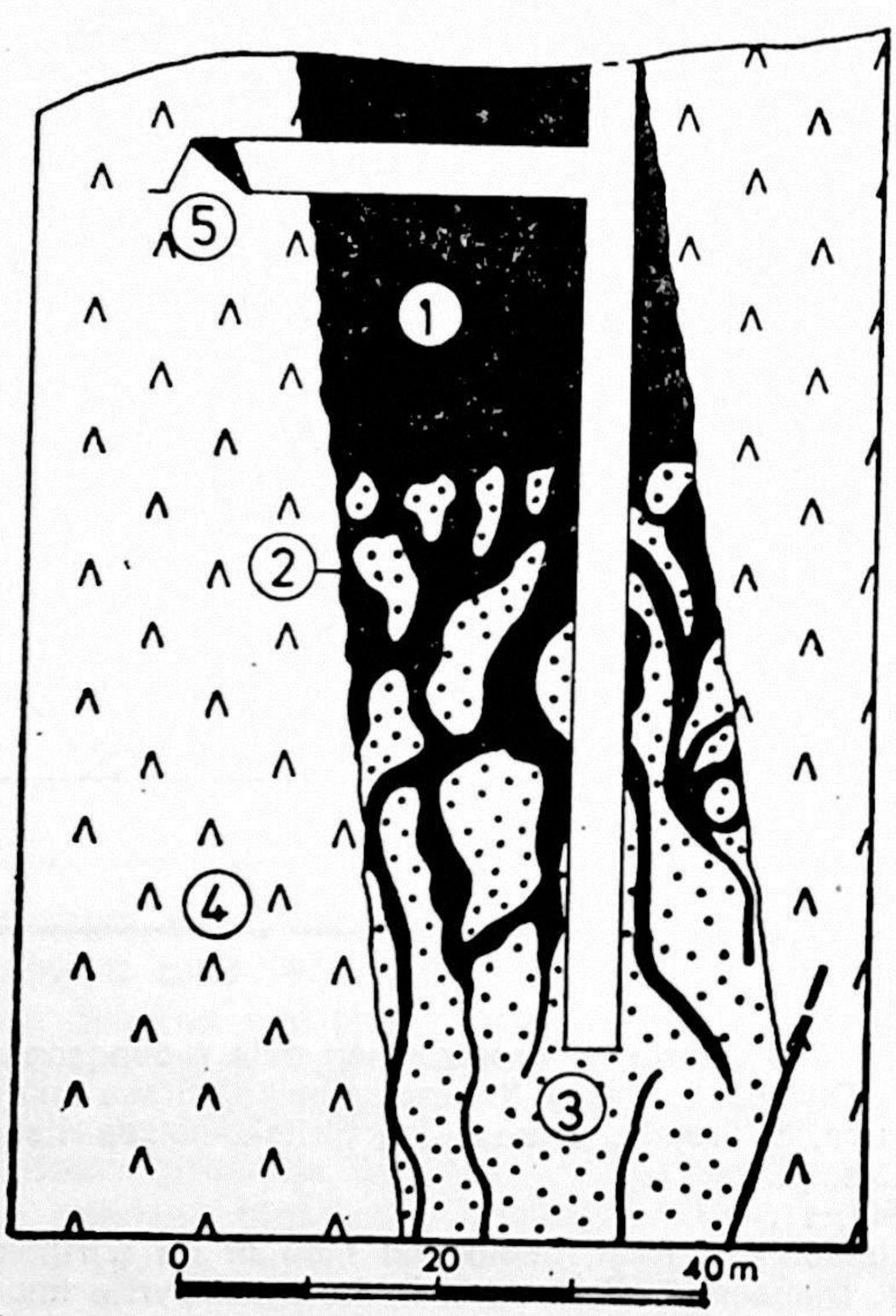
U obe vrste orudnjenja sadržaj zlata se kreće oko 1 gr/t, a srebro varira od 2 do preko 20 gr/t.

Oblik rudnih tela u okviru impregnacionog tipa orudnjenja vrlo je nepravilan i utvrđuje se isključivo na bazi rezultata sistematskog oprobavanja. Medutim, kada su u pitanju partije štokverkno-impregnacionog tipa, orudnjenje bakra se obično javlja u vidu razuđenih, izduženih štokova i rudnih tela nepravilnih, približno sočivastih formi, 100 do 300 m dužine po dužnoj osi.

Piritsko-bakronosno ležište Rečica

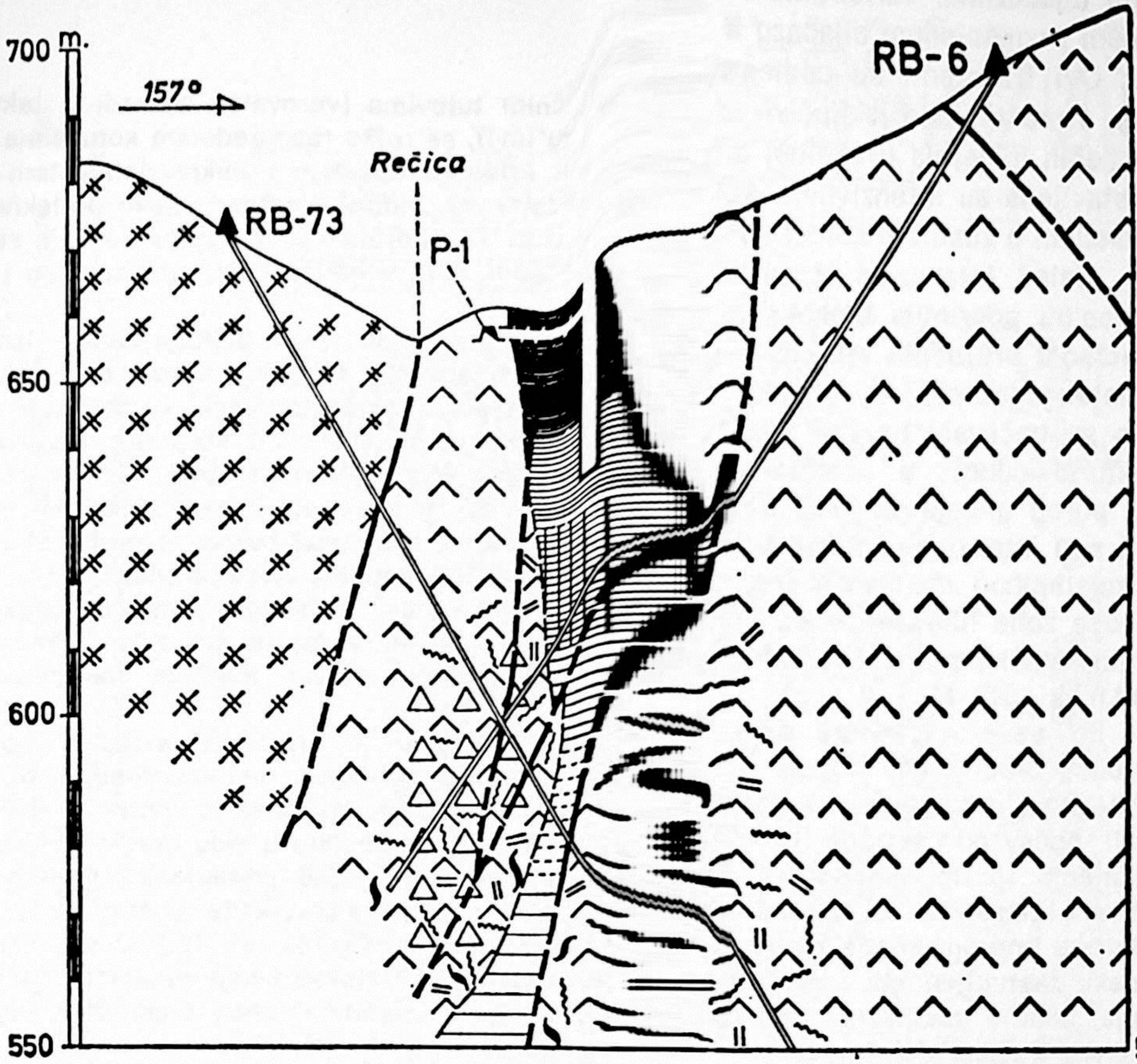
Bakrovo orudnjenje u predelu Rečice (sl. 11.), je lokalizovano u izrazito brečiziranoj, hidrotermalno izmenjenoj zoni, u dijabazima. Stenska masa u ovoj zoni, se sastoji od uglastih i poluzaobljenih fragmenata, koji prema slabo očuvanim reliktima primarnih stena, odgovaraju spilitisanim, hloritisanim i silifiko-

→ 157°



Sl. 12.
Vertikalni presek piritsko-halkopiritskog orudnjenja (ležište Rečica).
1. Masivni tip orudnjenja, 2. Štokverkni tip orudnjenja, 3. Impregnacioni tip orudnjenja, 4. Dijabaz, 5. Rudarski istražni rad.

Fig. 12.
Vertical cross-section of Rečica pyrite-chalcopyrite mineralization.
1. Massive type of mineralization, 2. Stockwork type of mineralization, 3. Impregnation type of mineralization, 4. Diabase, 5. Exploratory mining work.



1 Dijabaz-brečiziran dijabaz
Diabase and brecciated diabase

2 Gabro
Gabbro

3 Hloritizacija — karbonatizacija
Chloritization and carbonatization

4 Silifikacija
Silification

5 Rased
Fault

6—11. Sadržaj bakra u rudnoj zoni
6—11. Copper ore grade in ore zone

6- od 0,05 - 0,4 %

7—od 0,4 - 0,7 %

8-od 0,7 - 1,0 %

9-od 1,0 - 1,5 %

10-od 1,5 - 2,0 %

11- > 2,0 %

Sl. 13.
Poprečni profil kroz rudnu zonu Rečica.
Fig. 13.
Transversal cross-section of Rečica ore zone.

vanim dijabazima, variolitima i bazičnim tufovima (verovatno se radi o tektoniziranom i izmenjenom dijabazu i pilou lavi), sa retko raspoređenim komadima rožnaca. Ovi fragmenti su cementovani kriptokristalastom i mikrokristalastom silicijom, a mestimično isključivo sa rudnim mineralima (metasomatsko potiskivanje petrogenih minerala u okolnoj steni (fot. 3.). Hidrotermalne izmene okolnih stena, predstavljene su intenzivnom silifikacijom, a karbonatizacijom, albitizacijom i epidotizacijom u znatno manjem obimu.

Usled intenzivne disjuktivne tektonike, ova zona hidrotermalnih izmena je u celini poprimila blokovsku strukturu u svom severozapadnom delu (sl. 7.). Učestanost prerudnih struktura (pružanja severozapad-jugoistok) i postrudnih (severoistok-jugozapad) je gotovo brojno identična. Duž ovih struktura i pukotina, često se uočavaju tragovi kretanja u vidu dobro očuvanih strija. Veoma složeni strukturni odnosi u severozapadnom više istraživanom delu rudonosne strukture, pored uticaja na lokalizaciju i prostorni razmeštaj bakrovog orudnjenja, uslovili su i intenzivne izmene fizičko-mehaničkih osobina stenskih masa u njoj, koje su mestimično manifestovane u vidu drobljenja. Jugoistočni, manje istraživani deo ove zone hidrotermalnih izmena, karakteriše se manje komplikovanim strukturnim odnosima i znatno slabijim intenzitetom Fe-Cu sulfidne mineralizacije (P u t n i k 1973 a).

U severozapadnom delu zone, halkopirit je praktično isključivi nosilac bakrovog orudnjenja, koji se u asocijaciji sa količinski najzastupljenijim piritom i sfaleritom u tragovima, javlja u veoma različitim količinskim odnosima. Ovi minerali, počev od površine terena, pa na dole, se javljaju u vidu masivno-sulfidnog orudnjenja (prvih dvadesetak metara), sa mestimično postepenim prelazom u štokverk-impregnacioni tip orudnjenja, a ovaj nadalje takođe postepeno prelazi u tipično impregnaciono piritsko-halkopiritsko orudnjenje (sl. 12.). U pogledu količinske zastupljenosti, međutim, impregnacioni i štokverk-impregnacioni tip orudnjenja, znatno nadmašuje izdvojene partije masivno-sulfidnog orudnjenja, koje je potokom Rečica, dobrim delom erodovano i odneto (sl. 13.).

Sa stanovišta načina pojavljivanja i sadržaja bakra, štokverk-impregnacioni i impregnacioni tip orudnjenja pokazuje gotovo potpuno iste karakteristike sa prethodno opisanim orudnjenjem istog tipa u ležištu Lajkovača.

Masivno-sulfidno (piritsko-halkopiritsko) orudnjenje u okviru ovog ležišta pojavljuje se u vidu rudnih tela sočivastih formi, sa makroskopski uočljivim granicama prema štokverk-impregnacionoj rudi. Sadržaj bakra u delovima ležišta orudnjenim ovim tipom orudnjenja, varira u granicama od 2 do 8,25%. Ova ruda je tipične masivne i brečaste teksture sa retko raspoređenim fragmentima dijabaza santimetarskih dimenzija.

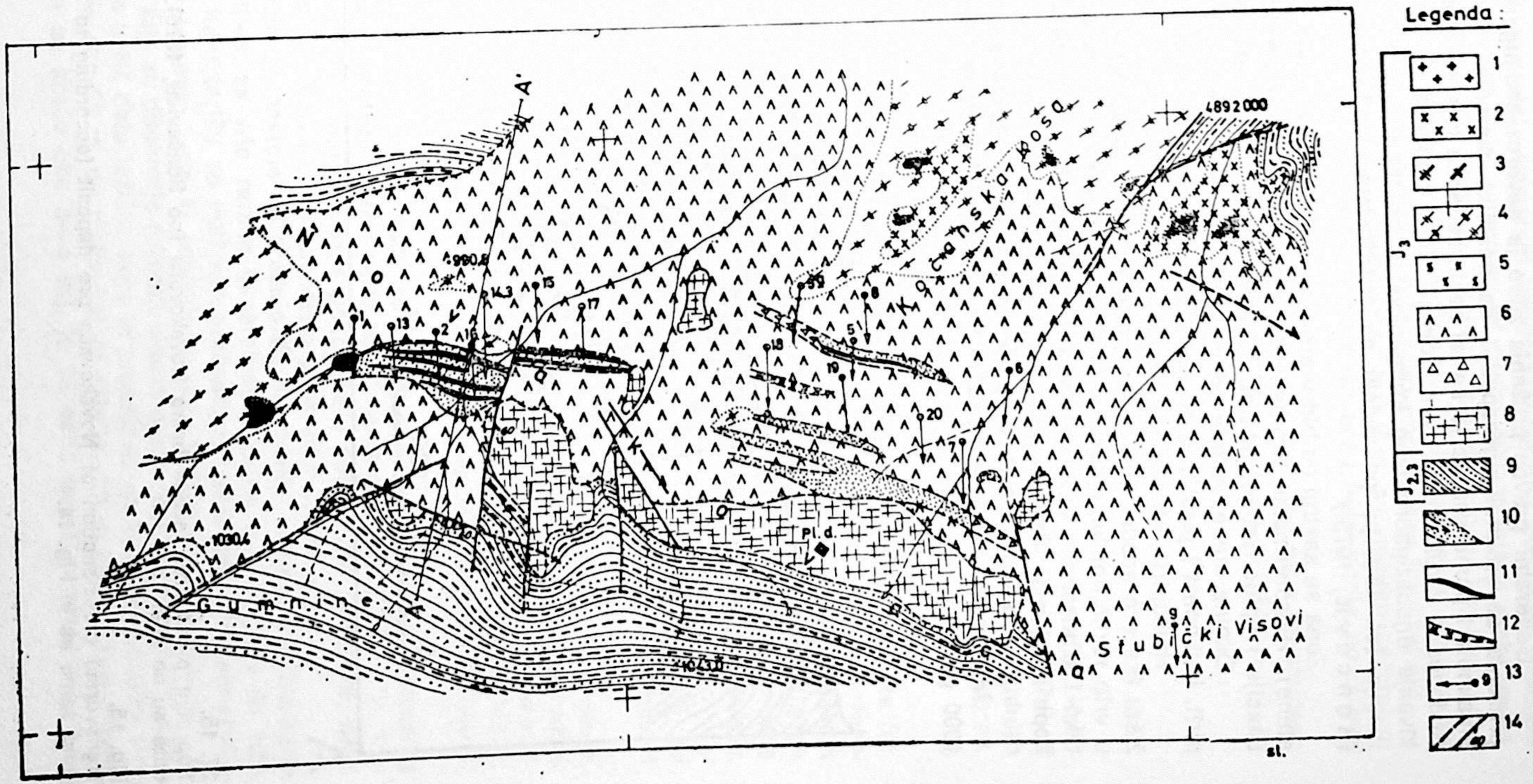
Na osnovu izvršene rekonstrukcije erodovanih i raznetih delova ovog ležišta, došli smo do zaključka da je najveći deo visoko kvalitetne masivno-sulfidne rude, razoren i raznešen potokom Rečica.

Piritsko-magnetitsko-halkopiritsko ležište Novakovača

Fe-Cu sulfidno orudnjenje u okviru ovog ležišta je lokalizovano u intenzivno brečiziranoj, hidrotermalno izmenjenoj zoni odnosno kontrolisano je disjuktivnim strukturama longitudinalnog tipa (sl. 14.). Ova zona je do sada istraživana bušenjem po jednoj retkoj mreži (200 x 150 m) po pružanju na dužini od oko 1300 m.

Sl. 14.
Geološka karta uže lokalnosti Novakovača (po Rončeviću, 1975.). 1. Plagiogranit, 2. Diorit, 3. Granodiorit, 4. Gabro, 5. Serpentinisani peridotit, 6. Dijabaz, 7. Brečasti dijabaz, 8. Masivni krečnjak, 9. Peščari, alevroliti sa rožnacima i dijabazima, 10. Mineralizovana zona, 11. Fe-Cu orudnjenje, 12. Masivna magnetitsko-piritsko-halkopiritska ruda.

Fig. 14.
Geological map of Novakovača ore deposit (according to Rončević, 1975).
1. Plagiogranite, 2. Diorite, 3. Granodiorite, 4. Gabbro, 5. Serpentinitized peridotite, 6. Diabase, 7. Brecciated diabase, 8. Massive limestone, 10. Mineralized zone, 11. Fe-Cu mineralization, 12. Massive magnetite-pyrite-chalcopyrite ore.



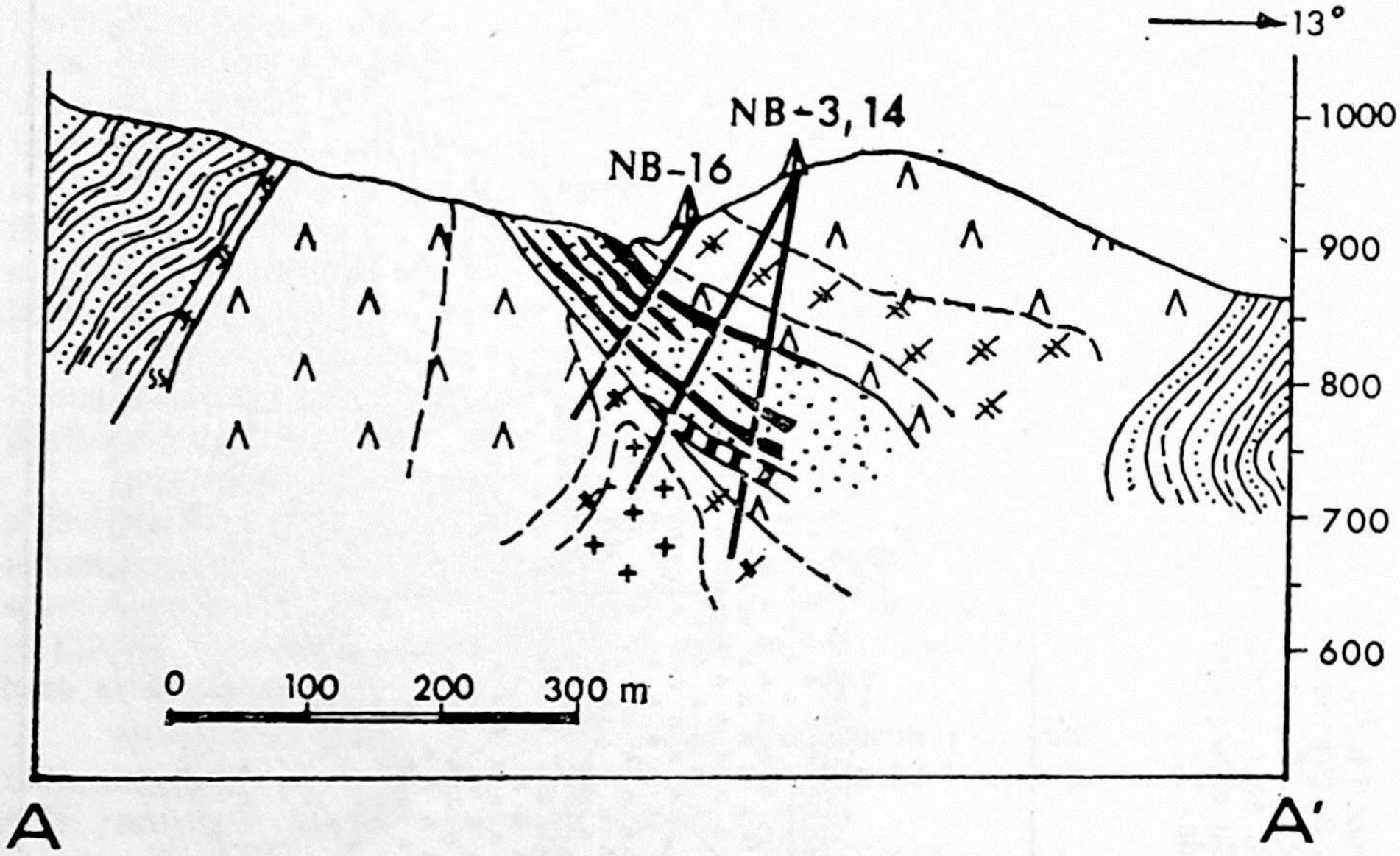
Generalni pravac pružanja zone je severozapad-jugoistok, a nizom ruptura pružanja severoistok-jugozapad i sa nekoliko sistema pukotina ispresecana je, smaknuta i pomerena, te je na taj način zadobila vrlo složena strukturna obeležja. Rudonosne strukture u okviru ovog ležišta ponekad su paralelne folijaciji utiskivanja dijabaz-gabroidnog kompleksa u sedimentnu seriju dijabaz-rožnačke formacije (sl. 15.), pa podsećaju na stratiformna vulkanogeno-sedimentna ležišta (R o n č e v i ć, 1975.).

Zona se sastoji od hidrotermalno izmenjenog dijabaza i dijabaz-gabra (okolne stene). Hidrotermalne promene su izražene u vidu intenzivne silifikacije, hloritizacije i epidotizacije, dok su karbonatizacija i prenitizacija znatno ređe pojave.

Okolne stene, sadrže od metaličnih minerala: magnetit, mušketovit, martit, pirit, halkopirit i pirotin, a od nemetaličnih kvarc, kalcedon, kalcit i epidot.

Halkopirit kao praktično jedini nosilac bakrovog orudnjenja u ovom ležištu (severozapadni deo zone), gotovo zakonito prati količinski dominantan pirit, u vrlo različitim količinskim odnosima, kako u okviru impregnacionog orudnjenja, tako i u masivnoj piritsko-halkopiritskoj ili magnetit (mušketovit) — piritsko-halkopiritskoj rudi. Shodno distribuciji halkopirita u okviru ova dva morfološka tipa orudnjenja, sadržaj bakra varira u vrlo širokom dijapazonu od 0,1 do 4%.

Masivna rudna tela sadrže povišen sadržaj kobalta koji mestimično prelazi 1000 gr/t.



Sl. 15.
Poprečni profil kroz ležište bakra Novakovača (po Rončeviću, 1975). Oznake za legendu date su na slici 14.

Fig. 15.
Transversal cross-section of Novakovača ore deposit (according to Rončević, 1975). Legend same as in Fig. 14.

Sa aspekta bakronosnosti, pomenuti severozapadni deo ove zone, ocenjen je kao perspektivniji (u tom delu na dužini od preko 500 m, njena maksimalna debljina mestimčno dostiže 100—110 m). Ustvari, taj deo zone, koji praktično čini ležište Novakovaču, se pored piritsko-halkopiritskih impregnacija karakteriše bogatim intervalima piritsko-halkopiritske ili piritsko-magnetitsko (mušketovit) — halkopiritske masivne rude, čija zbirna debljina prelazi 9 m, sa visokim sadržajem Fe (do 42%) i Cu do preko 4%. Dimenzije za sada najvećeg rudnog tela, po dužnoj osi, dostižu blizu 400 m.

Pored bakarnog orudnjenja, u okviru pojavljivanja masivne rude konstatovan je relativno visok kvalitet mušketovitsko-magnetitske rude sa sadržajem Fe od 30 do 45%.

Piritsko-bakronosno ležište Rebelje

Polazeći od podataka Simića (1951.), datih u okviru monografije »Istorijski razvoj našeg rudarstva«, o eksploataciji i topljenju rude u rudniku Rebelj (1898—1903.) od strane »Francuskog akcionarskog društva valjevskih rudnika bakra, kao i na osnovu izvršenih regionalnih istraživanja (Geozavod — Beograd, 1965.), RTB Bor je u 1966. godini pristupio istraživanju bakra u domenu ovog ležišta.

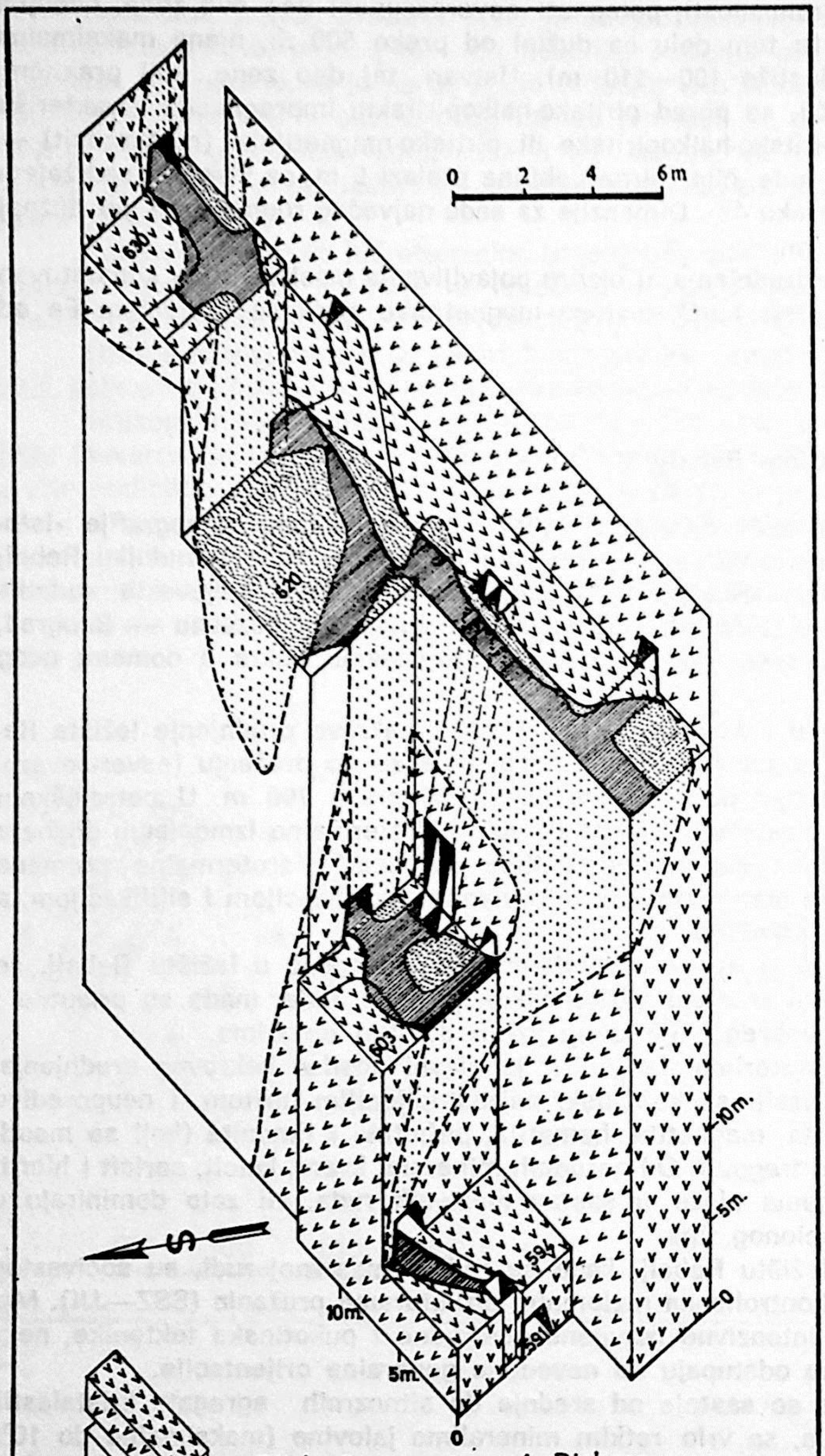
Prema Terziću i Jovanoviću (1974.), bakrovo orudnjenje ležišta Rebelj, lokalizovano je unutar zdrobljenih zona, koje se po pružanju (sever-severozapad-jug-jugoistok), mogu da prate na dužini od preko 700 m. U petrološkom pogledu, ove zone se sastoje od manje ili više hidrotermalno izmenjenih dijabaza i spilita, sa retko raspoređenim fragmentima rožnaca. Hidrotermalne promene ovih (okolnih) stena su manifestovane intenzivnom hloritizacijom i silifikacijom, a albitizacijom samo mestimično.

Orudnjenje bakra u okviru zdrobljenih zona, odnosno u ležištu Rebelj, se pretežno javlja u obliku masivne piritsko-halkopiritske rude, mada su prisutne i piritsko-halkopiritske impregnacije u njegovim dubljim delovima.

Po navedenim autorima, halkopirit je glavni nosilac bakrovog orudnjenja, koji se javlja u asocijaciji sa količinski najzastupljenijim piritom, i neuporedivo nižim učešćem sfalerita, magnetita, hematita, pirhotina i limonita (koji se mestimično sreću samo kao tragovi). Od nerudnih minerala, kvarc, kalcit, sericit i hlorit, u podređenim količinama ulaze u sastav masivnih ruda, ali zato dominiraju u orunjenjima impregnacionog tipa.

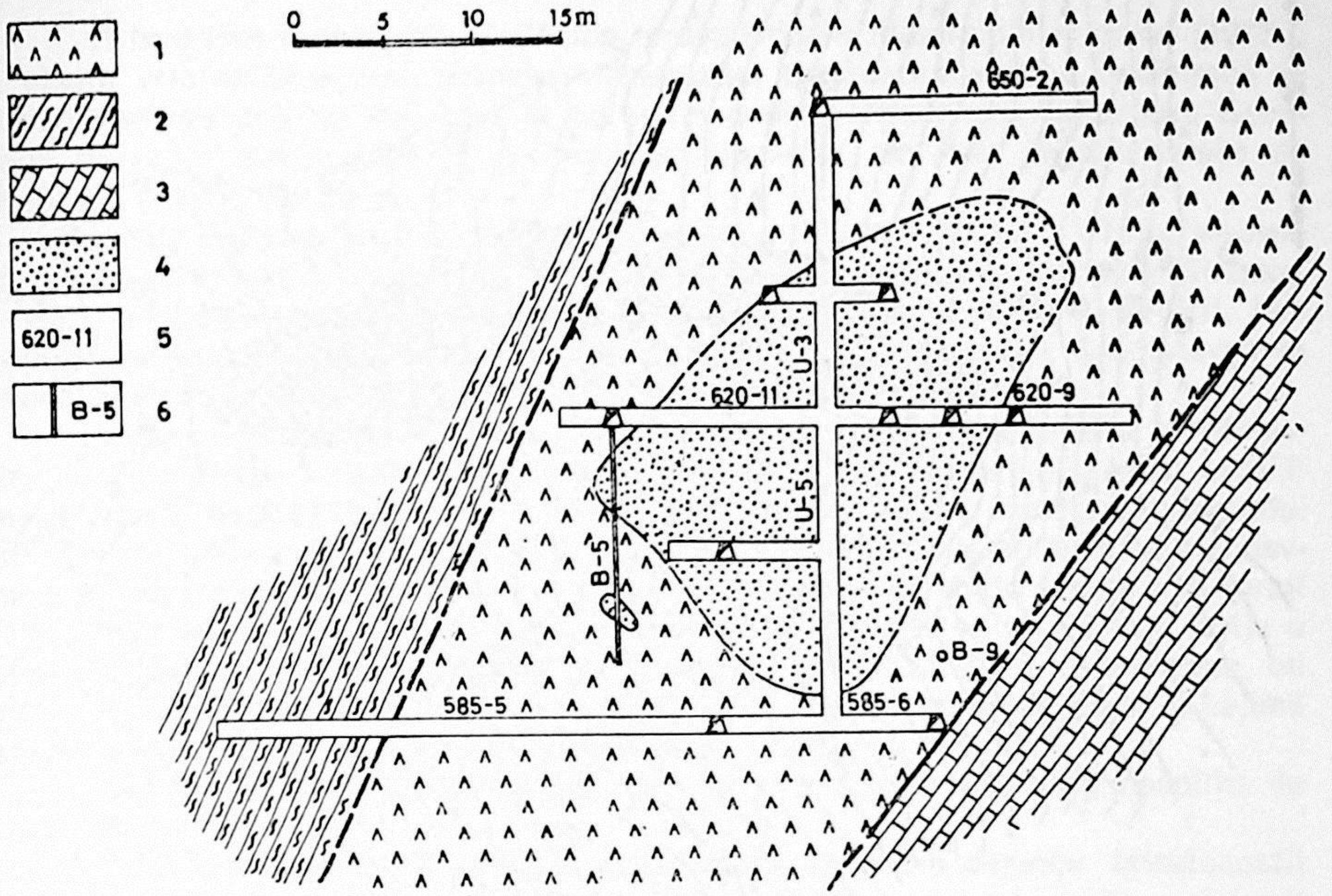
Rudna tela u ležištu Rebelj, kada se radi o masivnoj rudi, su sočivastog oblika i u osnovi su kontrolisana razlomnim strukturama pružanja (SSZ—JJI). Međutim, usled dejstva intenzivno razvijene postrudne i pukotinske tektonike, neka od rudnih tela lokalno odstupaju od navedene generalne orijentacije.

Ova rudna tela se sastoje od srednje do sitnozrnih agregata kristalastih do kolomorfnih sulfida, sa vrlo retkim mineralima jalovine (maksimalno do 10% od ukupne mase). Karakterišu se tipičnom brečastom, trakastom, trakasto-povijenom i masivnom teksturom rude. U centralnom delu ležišta (sl. 16.) otkriveni su ostaci rudnog tela, čije su dimenzije rekonstruisane prema veličini zasipa (30 x 25 x x 5 m). Rudno telo u SZ delu ležišta, koje je presečeno na horizontu 620 m I po pružanju praćeno na oko 55 m, pri maksimalnoj debljini 6,3 m (moćnost u ostalim njegovim delovima se kreće oko 3—4 m), je za sada najveće poznato u ovom ležištu (sl. 17.).



Sl. 16.
Ležište bakra Rebelj, blok dijagram po Terziću i Jovanoviću, 1974.

Fig. 16.
Rebelj copper deposit, a block diagram according to Terzić and Jovanović (1974).



Sl. 17.
Ležište bakra Rebelj — uzdužni profil kroz rudno telo u SZ delu (po Terziću i Jovanoviću, 1974).
1. Dijabaz, 2. Škriljci, 3. Krečnjak, 4. Masivna ruda, 5. Oznake hodnika, 6. Projekcija bušotine na ravan rudnog tela.

Fig. 17.
Rebelj copper deposit, a longitudinal cross-section of an ore body in NW part of deposit (according to Terzić and Jovanović, 1974).
1. Diabase, 2. Schists, 3. Limestone, 4. Massive ore, 5. Adits, 6. Projection of drill-hole on ore body plane.

Sadržaj bakra u okviru masivnog sulfidnog orudnjenja varira u širokom dijapazonu od 0,69 do 11,98%. Sadržaji zlata se kreću između 0,2 i 1,2 gr/t, a srebra od 1,4—37 gr/t.

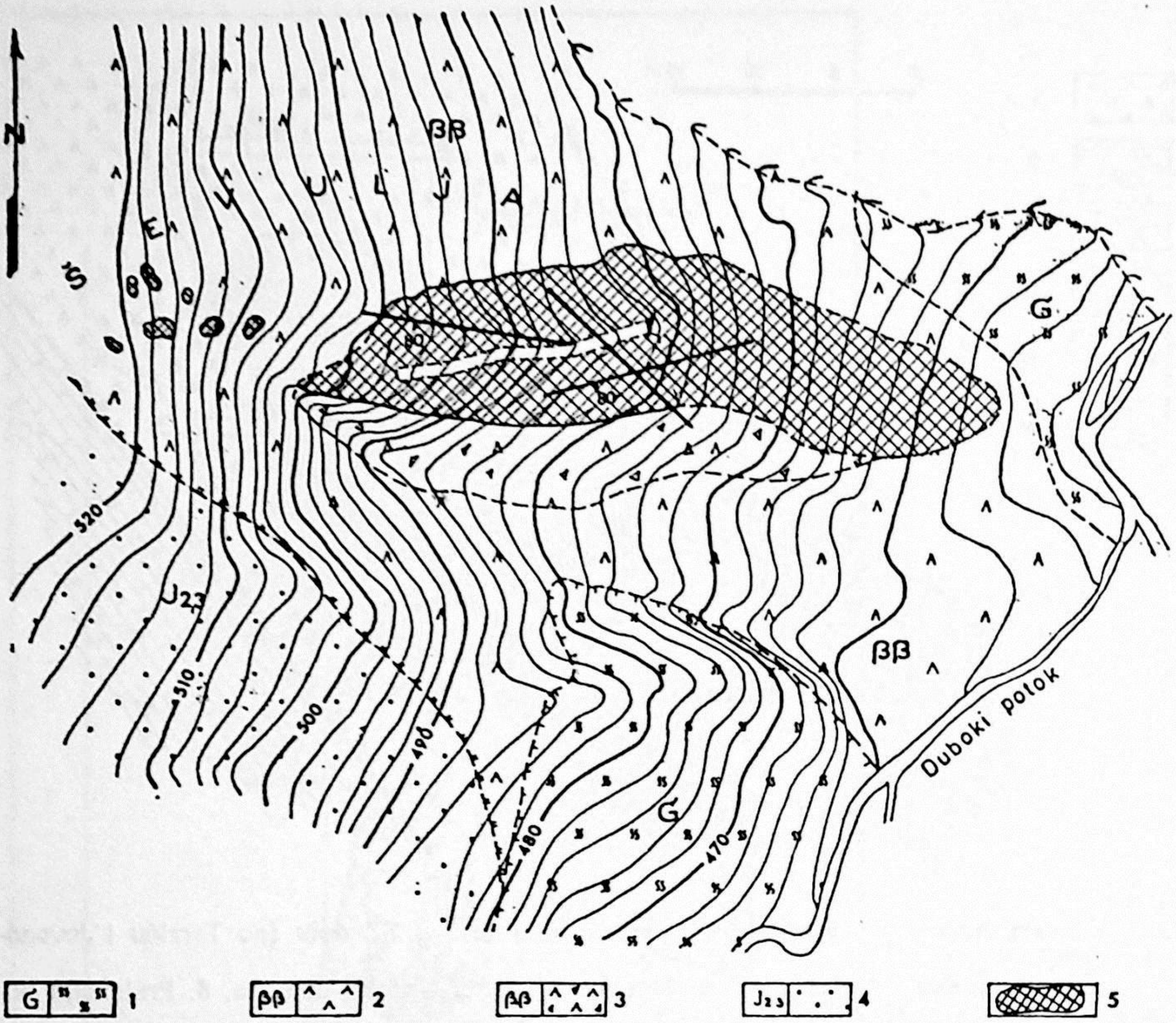
Piritsko-magnetitsko (mušketovitsko)-halkopiritsko ležište Ševulja

Ovo ležište je lokalizovano u masi dijabaza »uklještenoj« između peridotita I sedimenata dijabaz-rožnačke formacije, (sl. 18.).

Prema R o n č e v i ć u (1976.), Fe-Cu sulfidno orudnjenje se javlja duž intenzivno brečizirane rasedne zone, koja se po pružanju (ZSZ-IJI) može da prati na dužini od preko 200 m, sa prosečnom debljinom od oko 30 m.

Okolne stene dijabazi, u domenu ove zone, odnosno zaleganja orudnjenja, su vrlo brečizirane, hloritisane i silifikovane.

Ispitivanjem starog rudarskog istražnog potkopa dugog oko 50 m, iz 1903. godine, zapažen je »gvozdeni šešir«, sa reliktima mestimično dobro očuvanog masivnog orudnjenja.



Sl. 18.
Geološka karta piritsko-magnetitsko-halkopiritskog ležišta Ševulja.
1. Peridotit, 2. Dijabaz, 3. Brečizirani dijabaz, 4. Sedimentni dijabaz-rožnačke formacije, 5. Gvozdeni šešir.
Fig. 18.
Geological map of Ševulja pyrite-magnetite-chalcopyrite deposit.
1. Peridotite, 2. Diabase, 3. Brecciated diabase, 4. Sediments of Diabase-Chert Formation, 5. Gossan.

Rudnomikroskopskim ispitivanjima, konstatovana je asocijacija metaličnih minerala sa sledećim članovima: magnetit (mušketovit), hematit, pirit, halkopirit, pirotin i limonit.

Pomenute partije masivnog mušketovitsko-piritsko-halkopiritskog orudnjenja, po Rončeviću (1976.) pokazuju izrazitu sličnost sa orudnjenjem istog tipa u ležištu Novakovača.

Na osnovu svega nekoliko uzetih proba (u fazi prospekcije, 1975.), dobijeni su sledeći sadržaji Fe — do 20%, S — do 7,5%, Cu — do 0,60%, Ag — 2 gr/t, Au — u tragovima. Ovi sadržaji, s obzirom da se radi o malom broju proba s jedne strane i o oksidacionoj zoni s druge strane, sigurno ne mogu reprezentovati ležište Ševulja, u pogledu kvaliteta orudnjenja, jer se očekuje da u njegovim dubljim, za sada ne istraživanim delovima, postoji orudnjenje sličnog kvaliteta, kao i u ležištu Novakovača.

Piritsko-bakronosno ležište Tolišnica

U izvorišnom delu reke Tolišnice, prospekcijom mineralnih sirovina (1973.), u okviru vrlo složene hidrotermalno izmenjene, tektonizirane zone, indicirano je piritsko-bakronosno ležište, koje je narednih godina istraživano bušenjem. Generalni pravac pružanja zone je severozapad-jugoistok, po kom je okonturena na dužini od preko 1000 m (sl. 19.).

U petrološkom pogledu orudnjeni deo zone (sl. 20.) odnosno ležišta, se sastoji od hidrotermalno izmenjenog hloritisanog i silifikovanog brečiziranog dijabaza.

Asocijaciju metaličnih minerala čine sledeći članovi: magnetit, pirit, halkopirit, kubanit, kovelin, halkozin i limonit. Od nerudnih minerala konstatovan je kvarc, kalcedon i karbonati.

Osnovni način pojavljivanja metaličnih minerala u ovom ležištu, predstavljaju vrlo sitnozrne piritsko-halkopiritske impregnacije, u okviru kojih udeo ostalih metaličnih minerala, čini gotovo zanemarljive količine. Pored impregnacija, međutim, pirit i halkopirit, uz simbolično učešće pomenutih metaličnih minerala, javljaju se još u vidu žica, šlira, sočiva i raznolikih nagomilanja vrlo nepravilnih formi (štokverkni tip orudnjenja (sl. 21.). U delovima ležišta gde se orudnjenje javlja u vidu piritsko-halkopiritskih impregnacija, sadržaj bakra varira u granicama od 0,02—1%, za razliku od registrovanih partija orudnjenja štokverknog tipa, u kojima srednji sadržaj bakra iznosi 2,03% (pojedinačno od 0,02 do 6%).

Sadržaj zlata se kreće od 0,5 do 1 gr/t, a srebro varira od nekoliko do preko 20 gr/t.

Oblik rudnih tela (prema dosadašnjem veoma niskom stepenu istraženosti) u okviru štokverknog orudnjenja je nepravilno sočivast.

Kako u pogledu sadržaja bakra, zlata i srebra, tako i na osnovu načina pojavljivanja bakrovog orudnjenja, ovo piritsko-bakronosno ležište pokazuje izrazitu sličnost sa ležištem istog tipa Lajkovača.

Kobalt i nikl su karakteristični prateći elementi i najvećim delom su vezani za pirit. Sadržaj kobalta varira od 5 do 1500 gr/t. Štokverkna rudna tela, odnosno delovi rudonosne zone koji su bogatiji piritom, odlikuju se znatno višim sadržajem ovog elementa. Sadržaj nikla je još neravnomerniji i kreće se od 5 do 2500 gr/t. Odnos kobalta i nikla, kao i prisustvo ostalih mikroelemenata u ležištu Tolišnica, biće predmet detaljnijih razmatranja u narednom poglavlju.

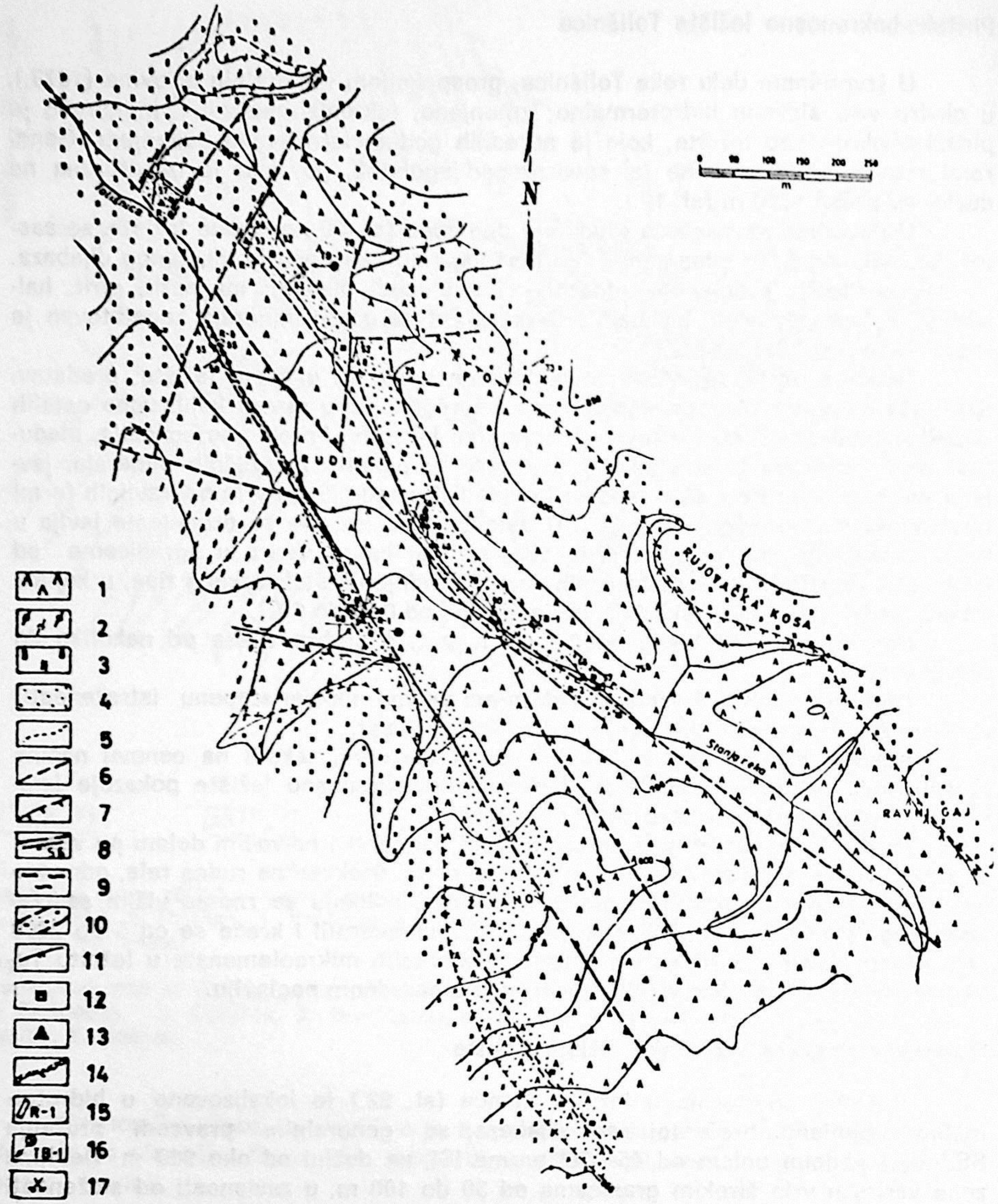
Magnetit-piritsko-halkopiritsko ležište Stanča

Bakrovo orudnjenje u ležištu Stanča (sl. 22.) je lokalizovano u hidrotermalno izmenjenoj brečastoj zoni dijabaza, sa generalnim pravcem pružanja SSZ-JJI i padnim uglom od 45—70° prema ISI, na dužini od oko 900 m. Debljina zone varira u vrlo širokim granicama od 30 do 100 m, u zavisnosti od složenosti lokalnog tektonskog režima i drugih faktora.

Hidrotermalne promene manifestovane su intenzivnom hloritizacijom i karbonatizacijom, dok intenzitet silifikacije pokazuje naglašenu promenljivost.

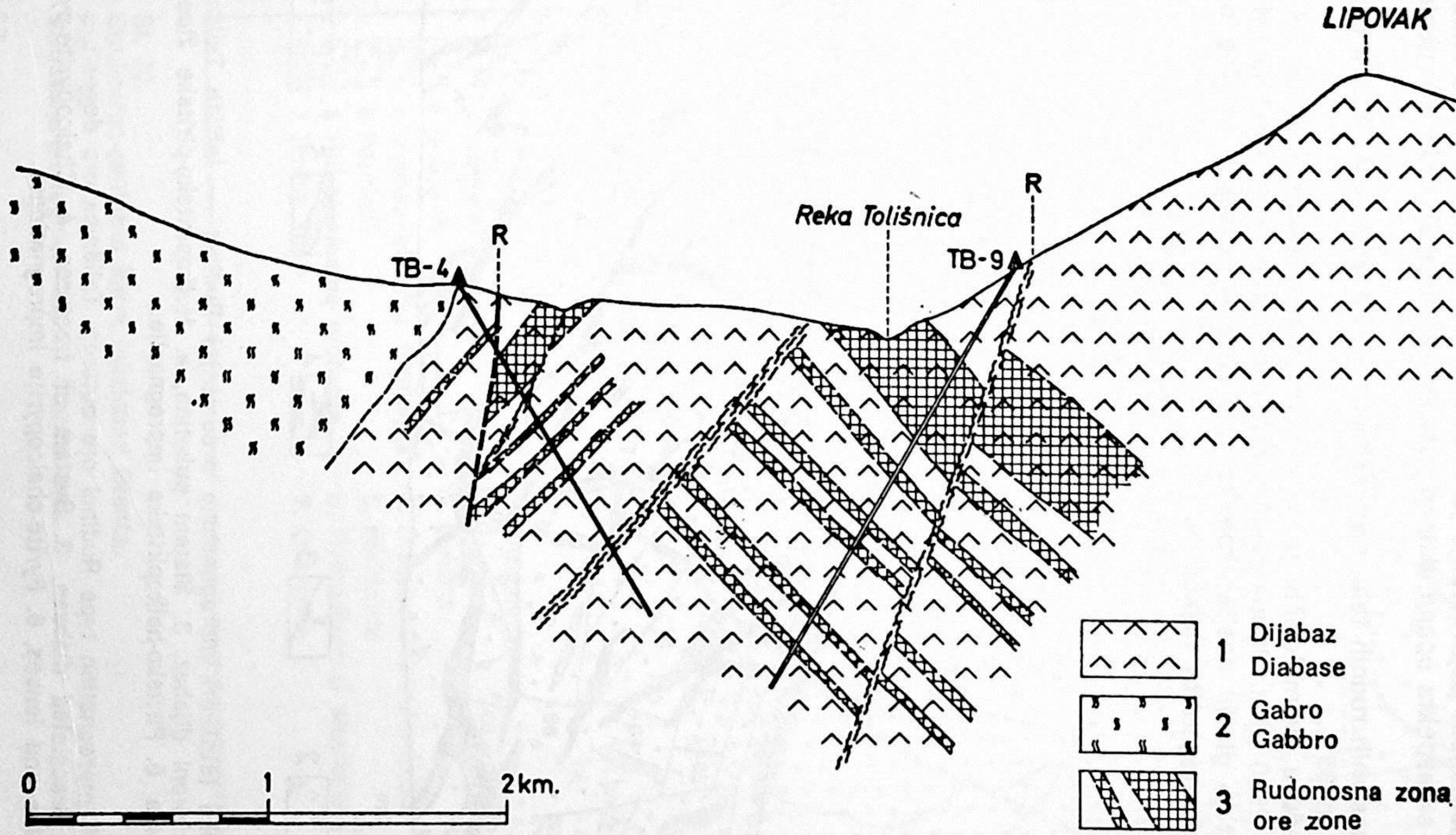
Mineralna parageneza obuhvata: magnetit, ilvait, pirit, halkopirit, pirotin, Ilneit, makinovit, limonit i druge metalične minerale, koji se pretežno javljaju u vidu finozrnih impregnacija.

Glavni i količinski najzastupljeniji mineral u ovim impregnacijama je nesumnjivo pirit, koga u vrlo različitim količinskim proporcijama gotovo redovno prati halkopirit, mestimično magnetit, a ostali metalični minerali iz pomenute asocijacije sasvim retko i u izuzetno niskim količinama.



Sl. 19.
Strukturno-geološka karta lokalnosti Tolišnica.
1. Dijabaz, 2. Gabro, 3. Peridotit, 4. Hidrotermalne promene, 5. Nedefinisana granica, 6. Aproksimativno locirana granica, 7. Granica intruziva, 8. Rased, 9. Rasedna zona, 10. Rudna zona, 11. Sistem pukotina, 12. Piritizacija, 13. Rudne pojave bakra, 14. Kvarcno-halkopiritske žice, 15. Raskop, 16. Bušotina, 17. Stari rudarski rad.

Fig. 19.
Structural-geological map of Tolišnica area.
1. Diabase, 2. Gabbro, 3. Peridotite, 4. Hydrothermal alternations, 5. Undefined boundary, 6. Approximate boundary, 7. Boundary of Intrusive, 8. Fault, 9. Fault zone, 10. Ore zone, 11. Fissure system, 12. Pyritization, 13. Copper mineral occurrences, 14. Quartz-chalcopyrite veins, 15. Trench, 16. Drill hole, 17. Old mining work.



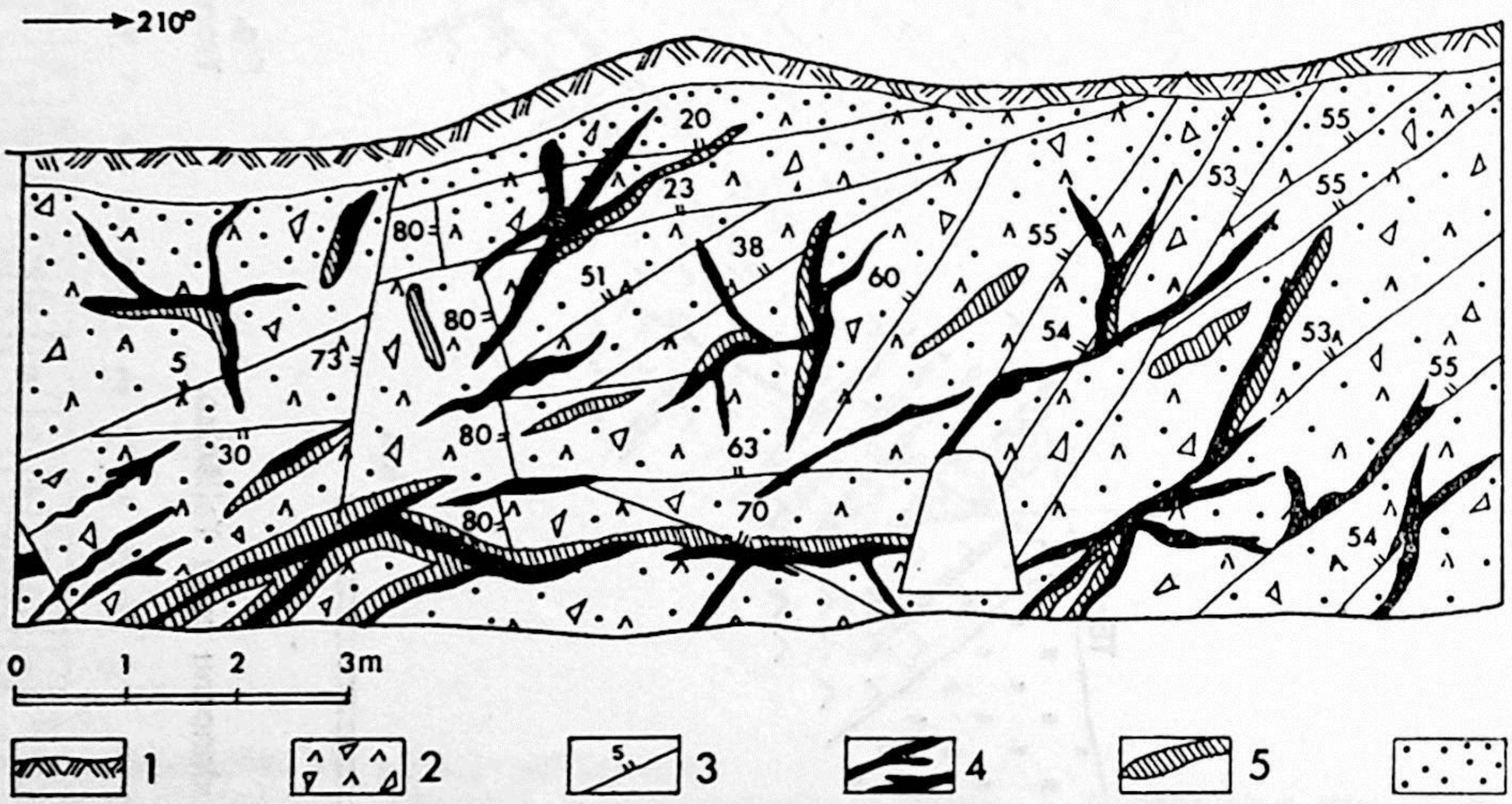
Sl. 20.
Poprečni profil kroz rudonosnu zonu Tolišnica.

Fig. 20.
Transversal cross-section of Tolišnica ore zone.

Sadržaj bakra u okviru ovih impregnacija, kao i kod drugih ležišta istog tipa, varira u granicama 0,1 do 1%. Pored impregnacija, međutim u okviru ležišta Stanča, sreću se još i nepravilno raspoređene žice i rudna tela sočivastih formi masivne piritsko-magnetitsko-halkopiritske rude u impregnacionoj stenskoj masi hidrotermalno izmenjenog dijabaza (sl. 23.), sa vrlo indikvativnim sadržajem kobalta. Debljina ovih, često vrlo nepravilnih rudnih žica i sočiva (sl. 24.) varira od 0,3 do preko 2 m, a po pružanju neke od njih praćene su na dužini od preko 100 m. Njihova učestanost pojavljivanja je relativno visoka, što može da bude od posebnog značaja sa aspekta ocene ukupne potencijalnosti ovog ležišta u pogledu bakronosnosti.

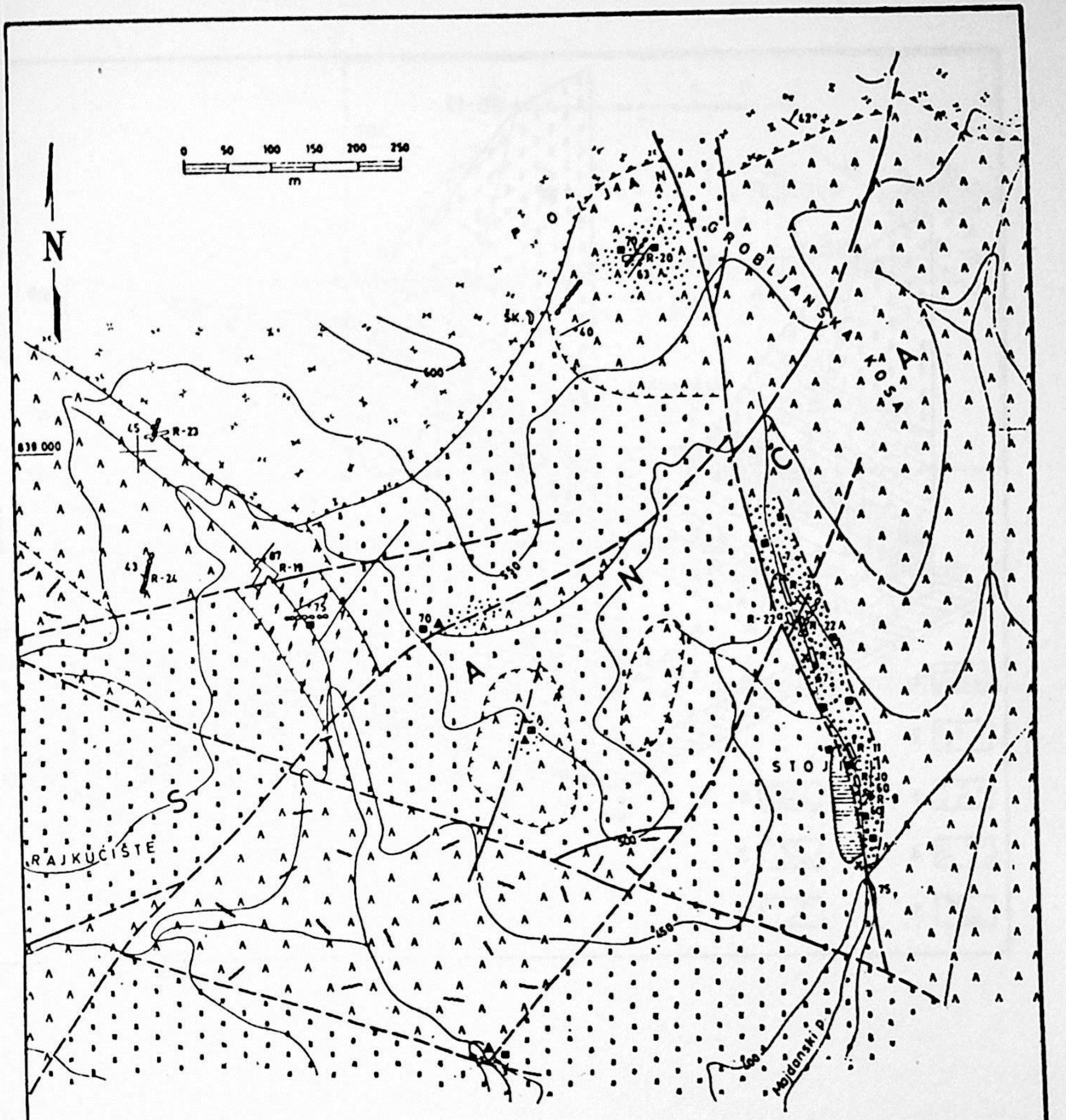
U okviru masivnih rudnih tela, sadržaj bakra varira između 2 i 6%, a oksidnog gvožđa od 20 do 35%.

Masivnu rudu u ovom ležištu prati relativno visok sadržaj kobalta, od nekoliko stotina do 1600 ppm. Prema izvršenim mineraloškim ispitivanjima (M a r k o v, 1976.), pirit je glavni nosilac kobalta, dok su znatno manje količine ovog elementa vezane za magnetit i halkopirit.



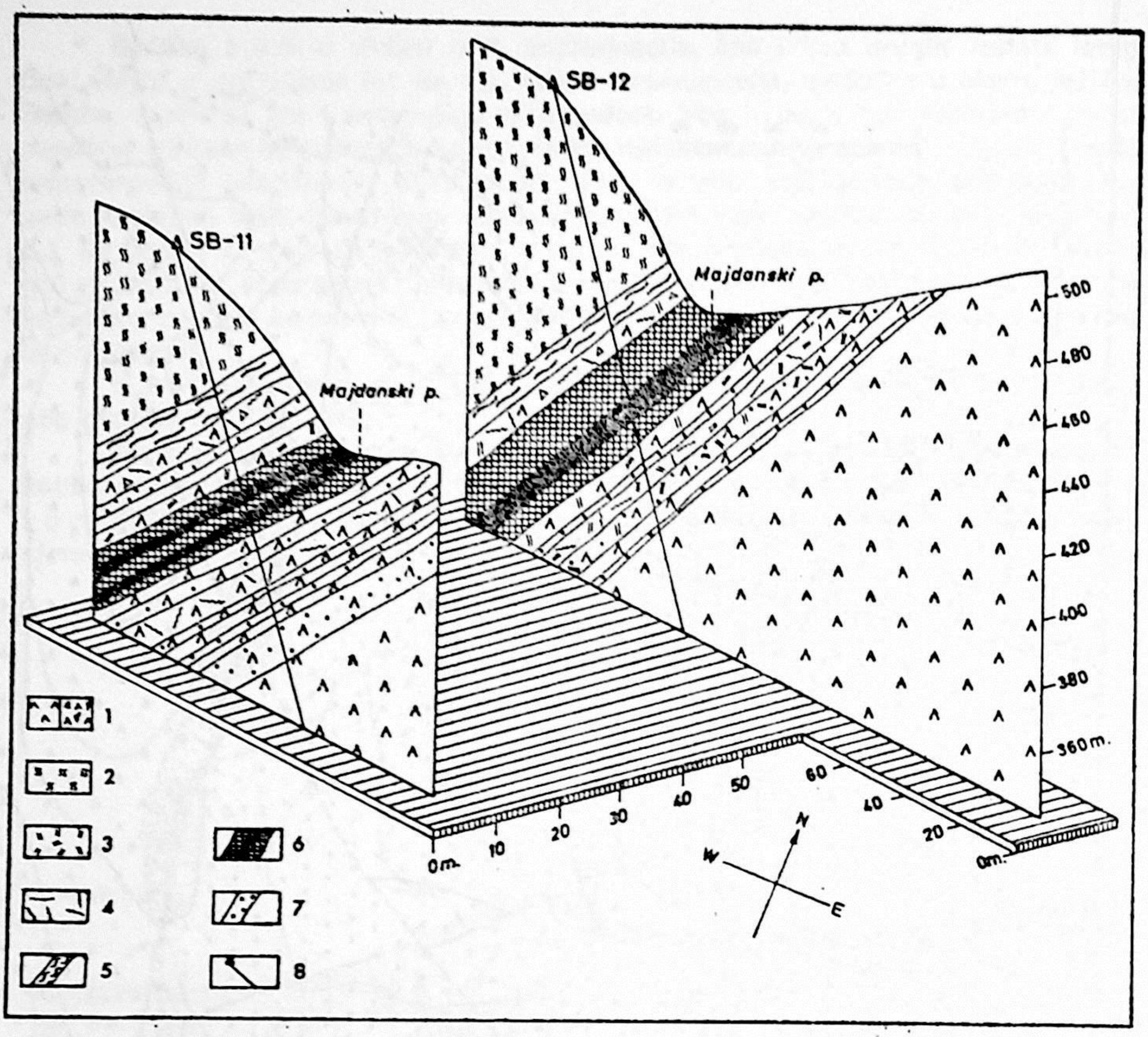
Sl. 21.
Skica rudnog izdanka (štokverk-impregnaciono orudnjenje) Rudinci — ležište Tolišnica.
1. Humus, 2. Brečizirani dijabaz, 3. Sistem pukotina, 4. Halkopiritsko-piritske žice, 5. Kvarcne žice i sočiva, 6. Piritsko-halkopiritske impregnacije.

Fig. 21.
Sketch of stockwork-impregnation type Rudinci ore outcrop, Tolišnica ore deposit.
1. Soil mantle, 2. Brecciated diabase, 3. System of fractures, 4. Chalcopyrite-pyrite veins, 5. Quartz veins and lenses, 6. Pyrite-chalcopyrite impregnations.



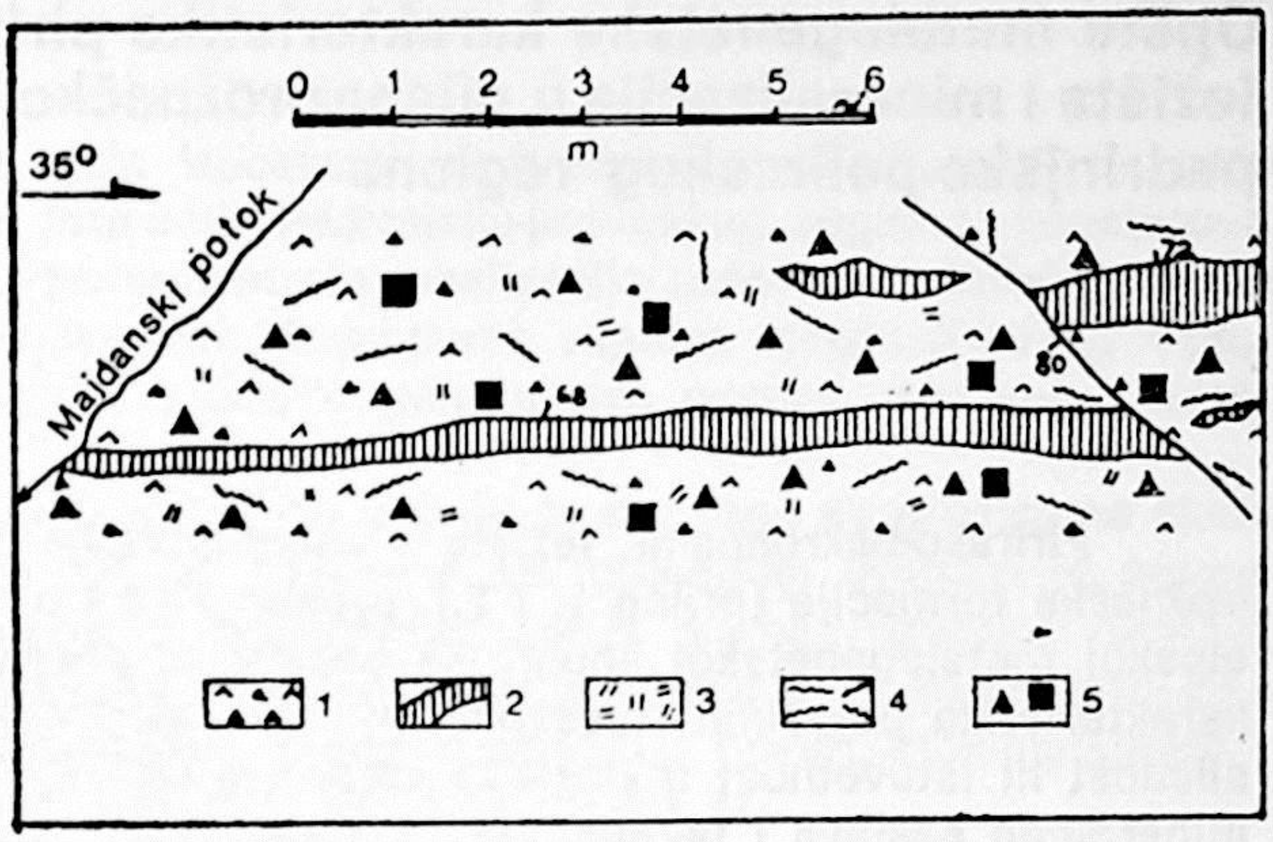
Sl. 22.
Strukturno-geološka karta lokalnosti Stanča.

Fig. 22.
Structural-geological map of Stanča area.



Sl. 23.
Kulisni blok dijagram severozapadnog dela rudonosne zone Stanča.
1. Dijabaz, 2. Peridotit, 3. Hloritizacija, 4. Silifikacija, 5. Rasedna zona, 6. Konture masivnog orudnjenja sa sadržajem bakra od 1,50—2,15%, 7. Orudnjenje impregnacionog tipa (sadržaj od 0,1—0,25% Cu), 8. Istražna bušotina.

Fig. 23.
Curtain diagram of NW part of Stanča ore zone.
1. Diabase, 2. Peridotite, 3. Chloritization, 4. Silicification, 5. Fault zone, 6. Outlines of masive mineralization, copper grade 1,50 to 2,15% Cu, 7. Impregnation-type mineralization, copper grade 0,1 to 0,25% Cu, 8. Exploratory drill hole.



Sl. 24.
Plan rudnog izdanka u Majdanskom potoku (ležište bakra Stanča).
1. Brečizirani dijabaz, 2. Žica i sočivo masivne rude, 3. Hloritizacija, 4. Silifikacija, 5. Piritsko-halkopiritske impregnacije.

Fig. 24.
Stanča ore deposit, sketch of outcrop in Majdanski Potok.
1. Brecciated diabase, 2. Vein and lens of massive ore, 3. Chloritization, 4. Silicification, 5. Pyrite-chalcopyrite impregnations.

Ovaj zaključak potvrđen je rezultatima hemijskih analiza, kojim je analizirano više uzoraka mineralnih koncentrata pirita, magnetita i halkopirita na kobalt. Prema tim rezultatima sadržaj kobalta u piritu varira od 800—1600 ppm, u magnetitu od 100—200 ppm i halkopiritu ispod 100 ppm.

Kobalt je mineraloški individualisan (R a d u s i n o v i ć, 1976.) u vidu minerala lineita i makinovita, koji se uglavnom javljaju u vidu inkluzija u pirotinu i halkopiritu. Stoga »rasipanje« sadržaja kobalta u magnetitu, treba pripisati prisustvu halkopiritskih i pirotinskih zrna u njemu. Prisustvo kobalta u piritu međutim, R a d u s i n o v i ć (1976.), jednim delom vezuje za njegovo pojavljivanje u kristalnoj rešetki pirita, a drugim delom za pirotinske inkluzije u ovom mineralu.

Konstatovan sadržaj kobalta u ovom ležištu, nesumnjivo predstavlja povoljnu indikaciju, s obzirom da prema podacima iz ekonomsko-geološke literature, minimalni ekonomski sadržaj kada se radi o kompleksnim ležištima, iznosi oko 0,020% Co.

Opšte metalogenetske karakteristike piritsko-bakronosnih ležišta i mineralizacija u dijabaz-rožnačkoj formaciji podrinjsko-polimskog regiona

Piritsko-bakronosna ležišta i mineralizacije na izučavanom delu dijabaz--rožnačke formacije (prilog 1. i 2.), prema Jankoviću (1967.) pripadaju Staroalpskoj metalogenetskoj epohi. Na osnovu, u prethodnom poglavlju, razmatranih karakteristika pojedinih izučavanih piritsko-bakronosnih ležišta, zapaža se izrazita sličnost ili istovetnost u pogledu karaktera okolnih stena, rudokontrolnih faktora, mineralnog sastava i parageneza, genetsko-morfoloških tipova, distribucije rudnih metala i pratećih mikroelemenata, promena okolnih stena, primarnih oreola rasejavanj i dr., što je verovatna posledica njihovog jedinstvenog načina postanka.

Okolne stene

Okolne stene u kojima je deponovano orudnjenje u okviru piritsko-bakronosnih ležišta i rudnih pojava u dijabaz-rožnačkoj formaciji Podrinjsko polimskog regiona najčešće su predstavljene dijabazima, dijabaz-gabrom i spilitima, a pilou lavama i dijabaznim brečama samo mestimično. Stene dijabaznog sastava, najčešće u vidu plitkih intruzija (subvulkanskih tela) ili slivova, leže unutar sedimentnih tvorevina dijabaz-rožnačke formacije. One obično zahvataju prostor od nekoliko do preko 30 km², a raspoređene su gotovo duž čitavog rasprostranjenja dijabaz--rožnačke formacije na izučavanom delu terena (prilog 1. i 2.), sa jasno izraženom generalnom orijentacijom, koja je saglasna sa pravcem pružanja dijabaz-rožnačke formacije (severozapad-jugoistok). Orudnjenje se gotovo zakonito javlja u brečiziranim partijama ovih stena (brečaste zone).

U pogledu količinske zastupljenosti pilou lava i dijabaznih breča međutim, kada je reč o okolnim stenama piritsko-bakronosnih ležišta i mineralizacija u dijabaz-rožnačkoj formaciji, po našem mišljenju, postoje izvesne rezerve. Jer, zbog intenzivnog dejstva prerudnih i postrudnih tektonskih deformacija u brečastim zonama, s jedne strane, kao i izrazitih hidrotermalnih izmena i metasomatskog potiskivanja okolnih stena s druge strane, bez posebnih strukturno-geoloških i petroloških istraživanja, veoma je teško donositi zaključke o tome da li je prvobitna stena bila dijabaz, dijabazna breča ili pilou lava. U vezi s tim, naša dosadašnja, pre svega, terenska geološka izučavanja, navode nas na zaključak da su rudna tela znatno češće lokalizovana u pilou lavama, nego što se to do sada smatralo. Stoga bi ovom pitanju u narednim fazama istraživanja bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji, trebalo pokloniti posebnu pažnju, pogotovu kada se uzme u obzir činjenica da su skoro sva masivna i štokverk-impregnaciona piritsko-bakronosna ležišta vezana za bazičnu vulkanogeno-sedimentnu formaciju u okviru ofiolitskog kompleksa Trodos na Kipru, deponovana u pilou lavama, tačnije u njihovim nižim horizontima izdvojenim kao donje pilou lave. Ove stene, kako sa aspekta fizičko--mehaničkih osobina, tako i u pogledu tektonske predispozicije, nesumnjivo predtsavljaju povoljniju geološko-geohemijsku sredinu za nastupanje hidrotermalnih rudonosnih rastvora, te samim tim i za odlaganje orudnjenja, u odnosu na dijabaze i spilite.

Rudokontrolni faktori

Gotovo kod svih do sada izučavanih piritsko-bakronosnih ležišta i rudnih pojava u dijabaz-rožnačkoj formaciji Podrinjsko-polimskog regiona, konstatovana je markantno istaknuta strukturna kontrola lokalizacije rudnih tela (brečaste zone). Opšta strukturna karakteristika ovih disjuktivnih ruptura longitudinalnog tipa, je pružanje severozapad-jugoistok, saglasno generalnom pravcu pružanja dijabaz--rožnačke formacije.

Zaleganje brečastih zona skoro po pravilu je saglasno sa granicama okolnih litoloških članova, odnosno one su paralelne sa folijacijom utiskivanja magmatskih stena dijabaznog sastava u sedimentnu seriju dijabaz-rožnačke formacije. Ove zone su redovno ispresecane, često pomerene i smaknute, postrudnim transferzalnim rupturama sa generalnim pravcem pružanja severoistok-jugopazad, te su u celini zadobile blokovsku strukturu (P u t n i k 1975 a).

Klasifikacija ležišta prema mineralnom sastavu

Prema podacima iz literature, kada je reč o piritskim ležištima uopšte, klasifikacija po mineralnom sastavu se vrši na bazi sadržaja vodeće korisne komponente. Shodno tom kriterijumu, Петровская (1964.) deli piritska ležišta na 3 osnovne grupe i to: sumporno-piritska, piritsko-bakronosna i piritsko-bakronosno--cinkova. Ovu osnovnu klasifikaciju, manje ili više, primenjuje većina istraživača, koji se bave proučavanjem pirtskih ležišta vezanih za bazični vulkanizam i prateću vulkanogenu sekvencu (H u t c h i n s o n and S e a r l e, 1971; C o n s t a n t i n o u and G o v e t t, 1973; P u t n i k, 1974; J a n k o v i ć, 1977; B a c h i n s k i 1977. i mnogi drugi autori), u okviru svojih brojnih radova iz te oblasti.

Na osnovu razmatranih karakteristika mineralnih asocijacija, shodno postojećim klasifikacijama, izučavana ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji Podrinjsko--polimskog regiona, u osnovi se mogu podeliti na dve grupe i to: piritska i piritsko-bakronosna ležišta.

Piritska ležišta

Piritska ležišta se u osnovi sastoje od pirita kao količinski dominantnog rudnog minerala, dok je prisustvo halkopirita, sfalerita i drugih metaličnih mineralnih komponenti, svedeno na rasejane pojave. Sadržaj bakra u ovim ležištima ne prelazi 0,4% (Babovića potok i Ljuboviđa).

Piritsko-bakronosna ležišta

Piritsko-bakronosna ležišta, su ona u kojima pirit i halkopirit predstavljaju glavne rudne minerale. Sadržaj bakra u zavisnosti od morfološkog tipa orudnjenja, varira u širokom dijapazonu od 0,4 do 8,5%.

U okviru ove grupe, izdvojili smo podgrupu, prema mineraloškom sastavu vrlo blisku opisu »crne« rude koju je izdvojio B a m b a (1976.) u okviru ležišta Anajatak (oblast Ergani Maden u Turskoj). U ovu podgrupu uvrstili smo ležišta Novakovaču i Stanču.

Opšte osobenosti mineralnog sastava i parageneze ležišta

Sa aspekta načina postanka bilo kog rudnog ležišta uopšte, pored niza geoloških, strukturnih, geohemijskih, odnosno fizičko-hemijskih i drugih faktora, ispitivanje i utvrđivanje njegovog mineralnog sastava i redosleda stvaranja minerala, ima izuzetno važan značaj. Upoznavanje načina i oblika pojavljivanja mineralnih komponenti u orudnjenju, kao i izučavanje njegovih strukturnih i teksturnih obeležja, može da bude jedna od osnova za razjašnjenje nekih teoretskih problema geneze datog rudišta.

Mineralni sastav izučavanih piritsko-bakronosnih ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji Podrinjsko-polimskog kraja, u većini slučajeva pokazuje izrazitu sličnost ili gotovo potpunu indentičnost. Ova sličnost ili u nekim slučajevima istovetnost mineralnog sastava, je u osnovi posledica jednorodnog porekla hidrotermalnih rastvora i rudnih metala, od kojih u suštini zavisi mineralni sastav nekog ležišta.

Prema tabeli 2, mineralni sastav izučavanih ležišta i nekih rudnih pojava, u osnovi se sastoji od relativno malog broja komponenti. Pirit, halkopirit i limonit od rudnih minerala i kvarc, hlorit i kalcit od nerudnih minerala, ustvari predstavljaju redovno prisutne komponente u utvrđenim mineralnim asocijacijama dok se ostali pre svega metalični minerali (osim mestimično magnetita i muškетovita), javljaju u vrlo niskim količinama (ponekad samo u tragovima), tako da osim mineraloškog, nemaju praktični značaj.

U daljem izlaganju, u najkraćim crtama, iznećemo karakteristike samo nekih od najzastupljenijih metaličnih minerala, kao i onih koji bez obzira na relativno malu učestalost ili količinsku zastupljenost, imaju istaknuti značaj u utvrđenim paragenetskim odnosima, odnosno u redosledu stvaranja mineralnih komponenti.

Pirit se javlja u vidu dve generacije koje smo označili kao pirit I i plrit II.

Pirit I se gotovo redovno javlja u vidu kristalnih formi, najčešće kao heksaedar, a delimično i u obliku pentagondodekaedra. Heksaedri ponekad međusobno prorastaju po pljosni 111, te stvaraju krstaste forme. Veličina kristala varira u granicama između 0,5 do 0,05 milimetara, a najveće količine se javljaju u rasponu od 0,25 do 0,10 mm. Prema načinu pojavljivanja i izgledu (glavna linija razvoja je heksaedar-oktaedar, karakteristična za izrazito više temperature), smatra se da je ovaj tip pirita nastao u procesu piritizacije dijabaznih stena, odnosno da je prethodio rudnoj etapi (fot. 4.).

Pirit II, je nastao istovremeno sa halkopiritom i učestvuje sa oko 50—60% u celokupnoj masi pirita u štokverk-impregnacionom tipu orudnjenja. Obično se javlja u vidu zrna nepravilnog oblika, često izlomljenih i sa vidljivim manifestacijama metasomatskog potiskivanja. Ova zrna pirita II, su različitih dimenzija, od makrosposki vidljivh (nekad, mada dosta retko, dostižu nekoliko desetina milimetara do mikrosposki sitnih, a najučestanija su ona čija se veličina kreće nešto ispod 1 mm.

Pojava sitnozrnog, masivnog pirita, niskog kristaliniteta ili čak i onih manjih partija drvenaste i globulaste strukture, ukazuje na povremeno prisustvo prehlađenih rastvora iz kojih je nastao ovaj mineral, odnosno na širi interval njegovog stvaranja i verovatno pulsiranje hidrotermi.

Halkopirit vrlo često u vidu zrna, agregata, masivnih partija (karakterističnog školjkastog preloma) i »plaža«, metasomatski potiskuje mušketovit, pirit i kvarc, cementuje ih i uklapa, naročito kada je reč o štokverknoj i masivnoj rudi (fot. 5.).

TABELA 2

Rudni minerali	PIRITSKO-BAKRONOSNA LEZIŠTA I RUDNE POJAVE															
	LAJKOVAČA	REČICA	NOVAKOVAČA	REBELJ	ŠEVULJA	STANČA	TOLIŠNICA	MARKOV POTOK	GOVEĐA GLAVA	MRAVINCI	LJUBOVIĐA	BABOVIĆA P.	DRENOVCI	PRIBOJSKA BANJA	PRAVOŠEVO	MEĐANE
MAGNETIT	2		1	2		1	2			2					2	2
MUŠKETOVIT			1		1								2			
HEMATIT				2	2								2	2	2	
PIRIT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
HALKOPIRIT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SFALERIT	3	3		3		3	3							3		
MARKASIT	2															
PIRHOTIN			2	2	2	2					2			2		
ILVAIT						3										
LINEIT						3										
MAKINAVIT						3										
MARTIT			3													
HALKOZIN	3		3				3							3		
KOVELIN	3		3				3							3		3
BORNIT														3		
KUBANIT							3									
MALAHIT			2								2	2		2		2
AZURIT												3		3		
LIMONIT	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Nerudni minerali																
KVARC	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
HLORIT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
KALCIT	2	2	2	2	2	2	2				2	2				
KALCEDON	2	2			2	2	2				2				2	
SERICIT				2												
SIDERIT						3					3					
EPIDOT	2		2									2	2			
OPAL	3															

Table 2 — Mineral composition.

Tab. 2 Mineralni sastav.

Sadržaj ovog minerala u takvim uslovima, mestimično prelazi 10%. Najčešći vid pojavljivanja halkopirita, međutim, svakako predstavljaju zrna nepravilnog oblika, uglavnom različitih veličina, od mikronskih do milimetarskih. Pored toga, ovaj mineral se još javlja u obliku žilica, odnosno zapunjava složene sisteme mikroprslina u mineralima pirita (fot. 6.), a u izvesnim slučajevima pukotine i prsline u okolnoj steni — »razbijeni« tip mineralizacije. Boja ovog minerala je najčešće mesingano-žuta, sa mestimično karakterističnim prelazima u zelenkastu.

Magnetit se javlja pretežno u pritkastim kristalnim oblicima, gde su pritke obično različito orijentisane — povijene, haotično ili zrakasto raspoređene. Pored toga, ovaj mineral se još pojavljuje u vidu pojedinačnih zrna, sitnozrnih kristalnih agregata ili manjih ili većih masa, obično nepovezanih. Često je porozan a mestimično sadrži uklopke jalovine.

Mušketovit kao varijetet magnetita (pseudomorfoza po hematitu) se najčešće sreće u obliku ljuspica različitih veličina, od stotih delova mikrona do maksimalno jednog mikrona. Ove ljuspice su cementovane kvarcom, koji ga metasomatski potiskuje.

Sfalerit, u pogledu količinske zastupljenosti u okviru utvrđenih mineralnih asocijacija, se skoro po pravilu javlja u vrlo niskim koncentracijama, pretežno u tragovima. Sreće se u vidu retko raspoređenih zrna i manjih usamljenih partija. Redovno u sebi sadrži izdvajanja pirhotina i halkopirita (katatermalni sfalerit — Vujanović, 1972), s tim što su ova prva, pirotinska, količinski masovnija Sfalerit je svetlo žute boje, gotovo providan, što ukazuje na vrlo nizak sadržaj FeS u njemu.

U zavisnosti od prisustva, odnosno izostajanja magnetita (mušketovita) i sfalerita, a na osnovu utvrđenih paragenetskih odnosa, u okviru izučavanih piritsko-bakronosnih ležišta konstatovan je sledeći osnovni redosled stvaranja minerala:

- magnetit, mušketovit-pirit I, kvarc-pirit II, halkopirit-kalcit;
- pirit I-kvarc-sfalerit-pirit II, halkopirit-kalcit;
- magnetit-pirit I-sfalerit-pirit II, halkopirit-kalcit (jako retko za sada samo Lajkovača).

Pojava mušketovita i magnetita, ukazuje na visoke temperature, koje su vladale pri izlučivanju prve faze mineralne parageneze, dok su pirit II i halkopirit verovatno nastali u srednje temperaturnim uslovima hidrotermalnog stvaranja.

Prisustvo magnetita (ili mušketovtia), može se objasniti sastavom hidrotermalnih rastvora, odnosno njihovim pH faktorom i režimom sumpora. Ustvari, ako pođemo od gotovo opšte prihvaćenog shvatanja da odlaganje masivnih ruda nastaje u depresijama morskog dna, kao rezultat prinosa metala, silicije i sumpora od strane gasno-tečnih hidrotermalnih rastvora, onda je jasno da je sastav ovih rastvora i pH, morao da se menja sa vremenom, što je uslovilo stvaranje različitog mineralnog sastava rude. Naime, iz prvih, najkiselijih rastvora izdvaja se magnetit i mušketovit, sa njima i manje količine pirita, koji pri smanjenju kiselosti u daljem procesu odlaganja, postaje najzastupljeniji rudni mineral. Prema laboratorijskim eksperimentima Бутузове (1969.), u redukcionoj sredini pri pH = 5, u prisustvu H_2S, oslobađaju se hidrati oksida gvožđa, a ne pirit, jer je karakterističan za manje kiselu sredinu.

S obzirom da nismo bili u mogućnosti da izvršimo ispitivanja temperatura homogenizacije tečnih inkluzija, smatramo da se podaci Spunera i Braja (Spooner and Bray, 1977.) zbog izrazitih sličnosti naših ležišta na istim u masivu Trodosa na Kipru, mogu uslovno koristiti i u našem slučaju. Naime, ovi

su autori, preko ispitivanja temperatura homogenizacije tečnih inkluzija došli do zaključka da se štokverkna mineralizacija stvarala na temperaturi 300—350°C, što približno može da odgovara pomenutim pretpostavkama o temperaturi stvaranja naših ležišta.

Struktura i tekstura rude

Rudna masa izučavanih piritsko-bakronosnih ležišta i rudnih pojava, se u osnovi javlja u 3 glavna oblika: u vidu impregnacija, štokverka i masivno-sulfidnog orudnjenja, dok se četvrti morfološki tip žično-pukotinskog zapunjavanja javlja vrlo retko.

Mikroskopskim ispitivanjima navedenih tipova orudnjenja, konstatovano je da se ono najmasovnije pojavljuje u vidu mirkrozrnaste i sitnozrne rude, sa mestimičnim, ali znatno ređim, prelazima u srednjezrne agregate. Međutim, u zavisnosti od sredine i uslova formiranja ležišta, delimično se mogu sresti retke, znatno krupnozrnije partije, igličasti agregati i međusobna prorastanja minerala, metasomatska potiskivanja starijih mineralnih komponenti i dr., čija su direktna posledica različite strukturno-teksturne karakteristike izučavanih tipova orudnjenja.

Analizom rezultata dosadašnjih mineraloških ispitivanja orudnjenja, konstatovano je da se ono karakteriše čitavim nizom različitih struktura, počev od hipidiomorfno zrnaste, porfiroblastične, kataklastične (fot. 7.), panidiomorfno zrnaste (magnetitsko-mušketovitske partije), do mestimično koloidne (samo piritske partije, Pirit I, K l e u t, 1978.) sa tipičnom strukturom rudnih bakterija (fot. 8.).

U zavisnosti od morfološkog tipa orudnjenja, utvrđeno je takođe više različitih teksturnih formi, kao što su: masivna, brečasta i trakasta (masivno-sulfidni tip orudnjenja), šlirasta i »gnezdasta« (štokverkno-impregnaciono orudnjenje) i globulasta, »drvenasta« i druga (impregnacije).

Morfološki tipovi piritsko-bakronosnih ležišta

Prema morfološkim oblicima pojavljivanja orudnjenja u okviru piritsko-bakronosnih ležišta, kao što smo napomenuli, izdvojili smo 3 osnovna tipa i to: masivna, štokverk-impregnaciona i impregnaciona ležišta, dok se četvrti tip žično-pukotinskog zapunjavanja samo mestimično sreće u nekim delovima dijabaz-rožnačke formacije u oblasti Polimlja.

Masivna ležišta, se gotovo po pravilu sastoje od više manjih masivnih rudnih tela, koja sadrže veoma visoke koncentracije sulfida (preko 80 do 90%), sočivastih ili izduženih trakastih formi, a po dužoj osi najčešće ne prelaze 100 m. U bazi ovih ležišta koja su redovno duboko zasečena erozijom, skoro po pravilu leži štokverk-impregnacioi tip orudnjenja, čije žice, šlire i sočiva u gornjim površinskim delovima brečastih zona, pokazuju tendenciju zadebljanja (»srastanja«) u nepravilna tela, te čine postepeni prelaz u masivnu rudu (sl. 12.). Sulfidni minerali u gornjim delovima masivnih rudnih tela, često su porozni i trošni, odnosno pokazuju manju svežinu i kristalinitet u odnosu na njihove dublje delove.

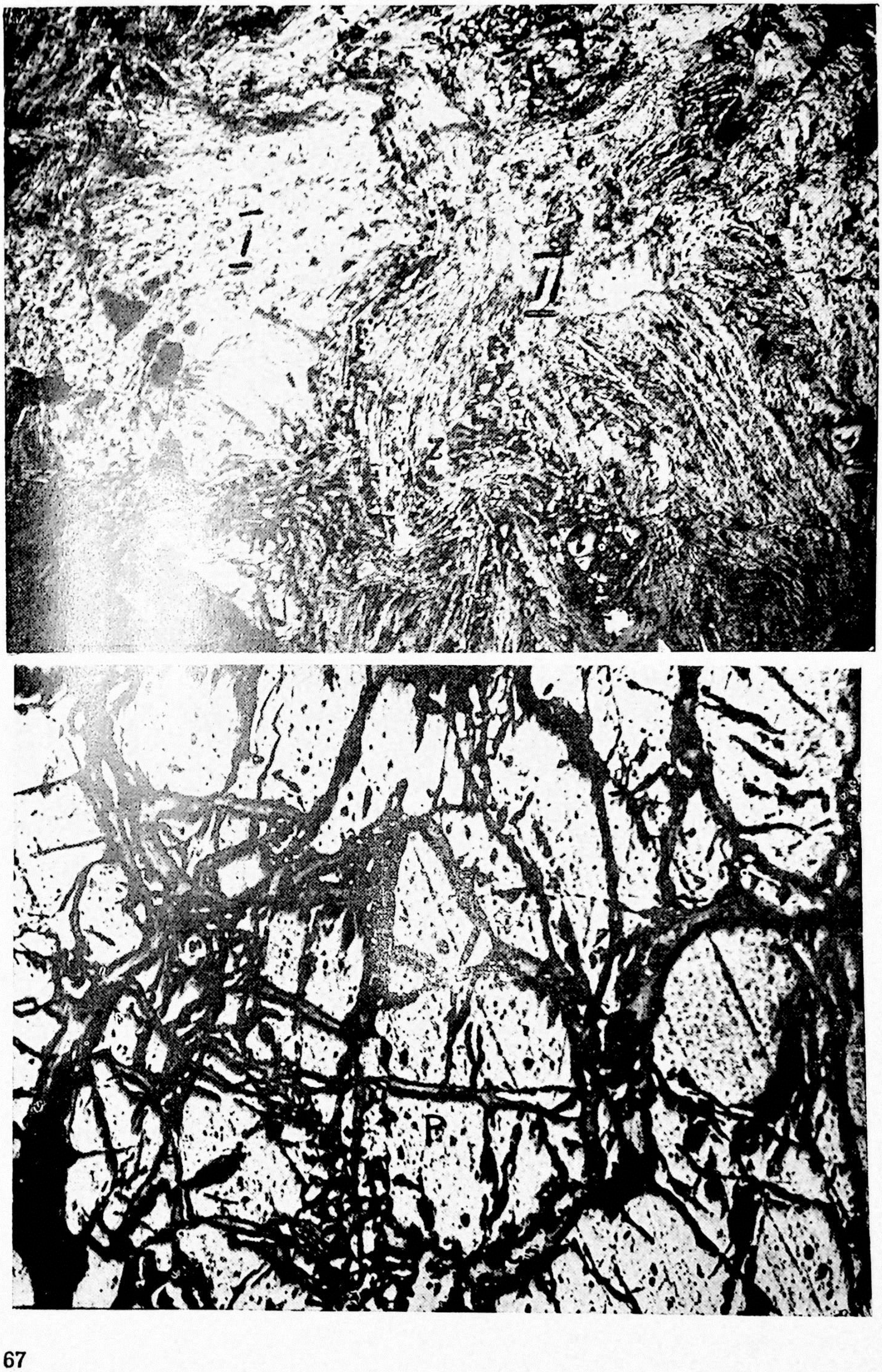
Štokverk-impregnaciona ležišta, se karakterišu orudnjenjem koje se javlja u vidu spletova žica, sočiva, šlira i »gnezdastih« piritsko-halkopiritskih agregata (sa obavezno prisutnim kvarcom), haotično raspoređenih u alterisanoj stenskoj masi brečastih zona, po pravilu prožetoj impregnacijama rudnih minerala (sl. 10 i 21.). Ovaj tip orudnjenja se pretežno odlikuje brečastom teksturom, sa retko ras-

Fot. 5.
Neporemećena piritsko-halkopiritska masivna ruda (I) i tektonizirana masivna piritsko-halkopiritska ruda (II) — ležište Stanča.

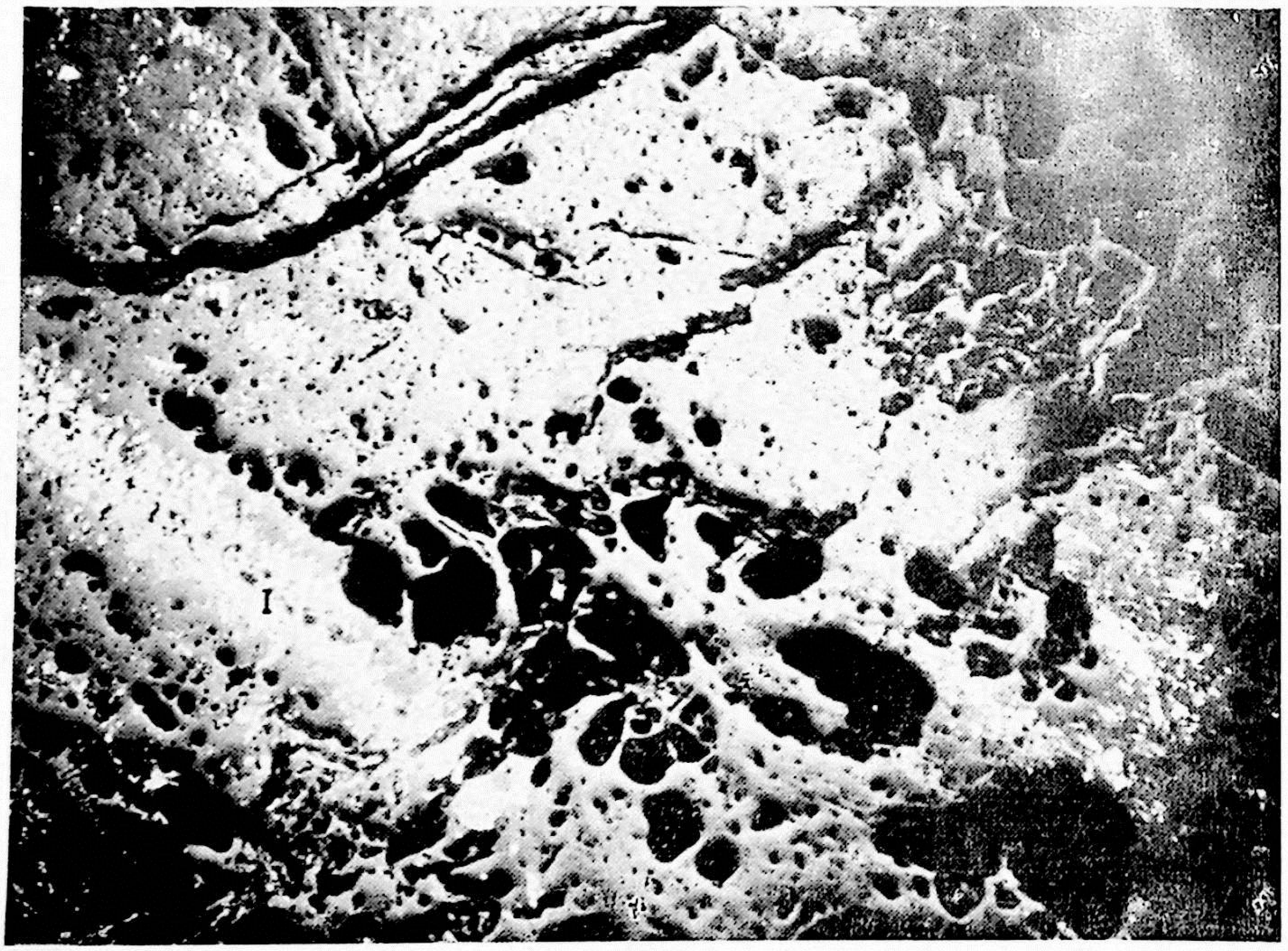
Photo 5.
Undisturbed pyrite-chalcopyrite massive ore (I), and tectonized pyrite- chalcopyrite massive ore (II), Stanča ore deposits.

Fot. 6.
Žilice halkopirita (Cp) u piritskim zrnima (P), ležište bakra Lajkovača.

Photo 6.
Chalcopyrite veinlets (Cp) in pyrite grains (P), Lajkovača ore deposit.


Z
P





I

Fot. 7.
Masivna piritsko-halkopiritska ruda, kataklastične strukture, sa nizom mikrostrukturnih elemenata — ležište bakra Stanča.

Photo 7.
Massive pyrite-chalcopyrite ore, of cataclastic structure, with numerous microstructural elements, Stanča ore deposit.

Fot. 8.
Koloidni pirit (1) — ležište bakra Tolišnica.

Photo 8.
Colloidal pyrite (1), Tolišnica ore deposit.

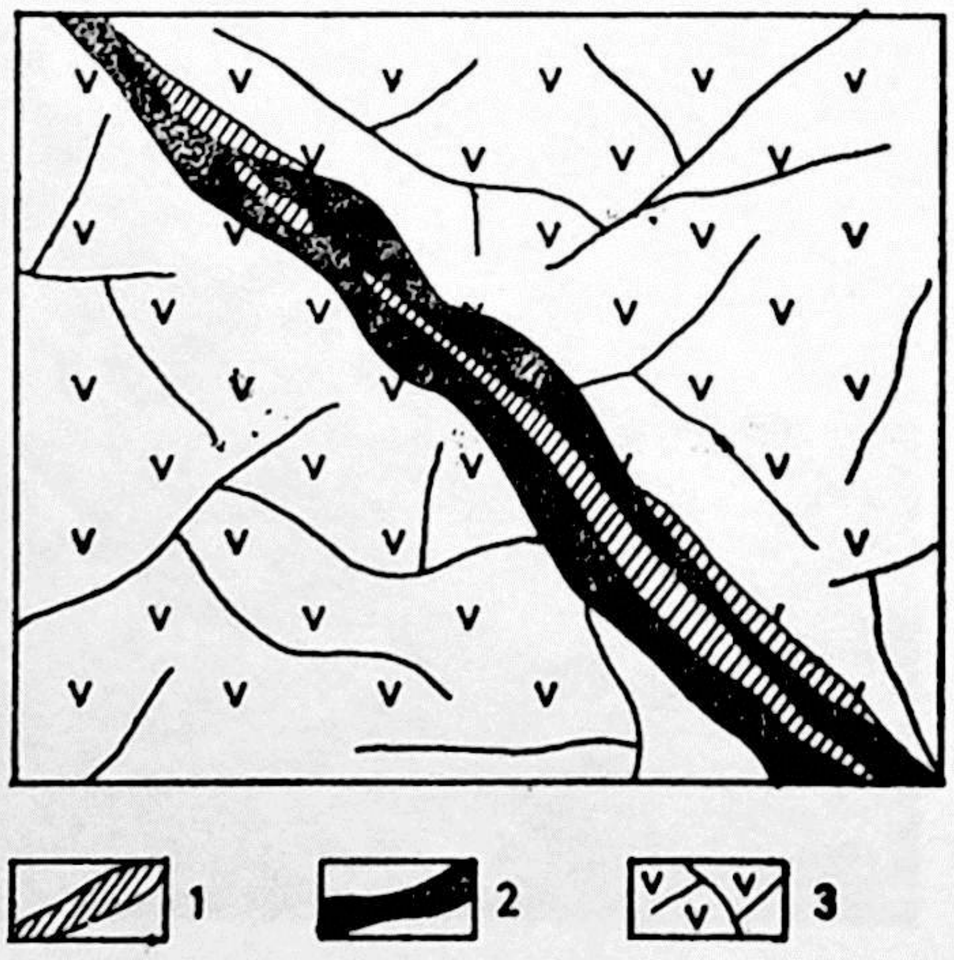
poređenim fragmentima jaspisa debljine od svega nekoliko santimetara. Kad zapunjava koncentrične pukotine na rubovima piloua, orudnjenje zadobija mrežasti, a ponekad koncentrično kružni izgled. Rudna tela u okviru ovog tipa ležišta najčešće se javljaju u obliku izometričnih ili izduženih štokova nepravilnih formi, dok su izduženi cevasti oblici znatno ređi.

U okviru impregnacionih ležišta osnovu čini »tačkasti« tip orudnjenja koji u obliku finozrnih impregnacija mikronskih i milimetarskih dimenzija, pirita i ređe halkopirita, zapunjava mikroprsline i intergranularne prostore u hidrotermalno izmenjenim i gotovo po pravilu brečiziranim okolnim stenama. Unutar impregnirane stenske mase okolnih stena, javljaju se još i nepravilno i retko raspoređene piritsko-halkopiritske kvarcne žice, santimetarskih debljina. Ovaj tip orudnjenja je karakterističan za dublje delove brečastih hidrotermalno izmenjenih zona, u čijim gornjim nivoima ponekad postepeno prelazi u štokverk-impregnacioni tip orudnjenja (P u t n i k 1973).

Žično-pukotinski tip orudnjenja je neuporedivo niže učestanosti pojavljivanja, u odnosu na prethodna tri tipa. Zapravo, registrovan je samo u okviru pojedinih rudnih pojava u okolini Pribojske banje. To su »usamljene« piritsko-halkopiritske kvarcne žice (sl. 25.), do sada utvrđene po pružanju saglasnom generalnom pravcu pružanja dijabaz-rožnačke formacije (severozapad-jugoistok), na mak-

Sl. 25.
Halkopiritsko-piritska žica sa kvarcom u kataklaziranom dijabazu.
1. Kvarc, 2. Halkopirit i pirit, 3. Dijabaz.

Fig. 25.
A chalcopyrite-pyrite vein, with quartz, in cataclised diabase.
1. Quartz, 2. Chalcopyrite and pyrite, 3. Diabase.



simalnoj dužini od 100 m pri vrlo promenljivim debljinama od 20 do 150 cm (Jović i Novković 1967—1971.).

Karakteristike promena okolnih stena

Polazeći od shvatanja Meiera i Himbija (Meier Himby, 1970.) da izmene okolnih stena ustvari predstavljaju promenu njihovog hemijskog i mineralnog sastava, nastalu u tesnoj genetskoj vezi sa rudonosnim rastvorima, odnos-on formiranjem rudnih ležišta, mi smo ovom značajnom fenomenu u procesu njihovog formiranja, posvetili odgovarajuću pažnju.

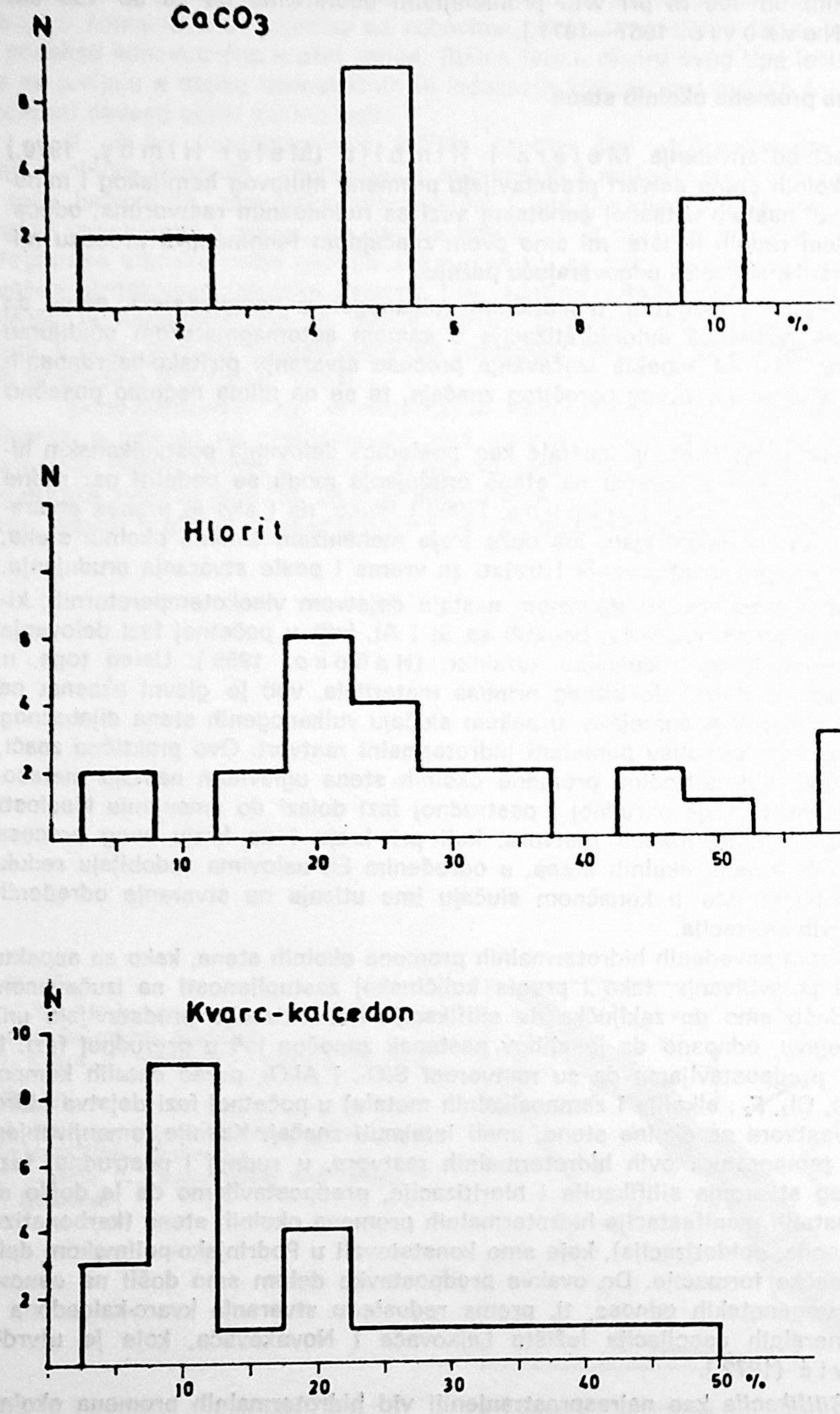
Ove promene međutim, u matičnim vulkanogenim kompleksima, mogu da nastanu i kao posledica autohidratizacije u samom automagmatskom stadijumu metamorfizma. No, sa aspekta izučavanja procesa stvaranja piritsko-bakronosnih ležišta, one nisu od nekakvog naročitog značaja, te se na njima nećemo posebno zadržavati.

Promene okolnih stena, nastale kao posledica delovanja postvulkanskih hidrotermalnih procesa u odnosu na etape orudnjenja mogu se podeliti na: rudne i postrudne. U vezi s tim, Смирнов (1969.) ističe, da i ako je proces stvaranja piritskih ležišta dugotrajan, još duže traje mehanizam izmena okolnih stena, jer može početi pre orudnjavanja i trajati za vreme i posle stvaranja orudnjenja.

Prerudne promene su uglavnom nastale dejstvom visokotemperaturnih, kiselih, pretežno gasnih rastvora, bogatih sa Si i Al, koji u početnoj fazi delovanja na okolne stene imaju redukcioni karakter (Набоко, 1959.). Usled toga, u prerudnoj fazi ne dolazi do bitnog prinosa materijala, već je glavni akcenat na pregrupaciji mineralnih sastojaka, u našem slučaju vulkanogenih stena dijabaznog sastava, kroz koje cirkulišu pomenuti hidrotermalni rastvori. Ovo praktično znači, da u ovoj fazi, hidrotermalne promene okolnih stena uglavnom nastaju metasomatskim putem. Kasnije u rudnoj i postrudnoj fazi dolazi do smanjenja kiselosti i temperature hidrotermalnih rastvora, koji pri kraju i na kraju ovog procesa hidrotermalnih izmena okolnih stena, u određenim Eh uslovima zadobijaju redukcionu sposobnost, što u konačnom slučaju ima uticaja na stvaranje određenih produkata ovih alteracija.

Analizom navedenih hidrotermalnih promena okolnih stena, kako sa aspekta učestanosti pojavljivanja, tako i prema količinskoj zastupljenosti na izučavanom području, došli smo do zaključka da silifikacija i hloritizacija predstavljaju univerzalnu pojavu, odnosno da je njihov nastanak započeo još u prerudnoj fazi. U vezi s tim, predpostavljamo da su rastvoreni SiO_2, i Al_2O_3, pored ostalih komponenata (H_2O, Cl_2, F_2 , alkalija i zemnoalkalnih metala) u početnoj fazi dejstva hidrotermalnih rastvora na okolne stene, imali istaknuti značaj. Kasnije, smanjivanjem kiselosti i temperatura ovih hidrotermalnih rastvora, u rudnoj i postrudnoj fazi, pored daljeg stvaranja silifikacije i hloritizacije, predpostavljamo da je došlo do nastanka ostalih manifestacija hidrotermalnih promena okolnih stena (karbonatizacija, albitizacija, epidotizacija), koje smo konstatovali u Podrinjsko-polimskom delu dijabaz-rožnačke formacije. Do ovakve predpostavke delom smo došli na osnovu izvesnih paragenetskih odnosa, tj. prema redosledu stvaranja kvarc-kalcedona u okviru mineralnih asocijacija ležišta Lajkovača i Novakovača, koje je utvrdio Vujanović (1972.).

— *Silifikacija* kao najrasprostranjeniji vid hidrotermalnih promena okolnih stena u dijabaz-rožnačkoj formaciji, predstavlja neku vrstu kontrole orudnjenja (obavezno je u njemu i oko njega prisutna) i u fazi prospekcije ima često istak-



Sl. 26.
Sadržaj produkata alteracije (ležište Lajkovača).
Fig. 26.
Products of alteration, Lajkovača ore deposit.

nut značaj sa aspekta uspešnog indiciranja i otkrivanja rudnih izdanaka (izdanci kao po pravilu zbog velike silifikacije imaju geomorfološki istaknut položaj — obično »strče« u gotovo redovno pokrivenom terenu). Ona u okviru ispitivanih ležišta i rudnih pojava, u najvećem broju slučajeva, zahvata čitavu masu okolnih stena, kao što se to vidi na dijagramu sadržaja produkata alteracije stena datom za ležište Lajkovača (sl. 26.), gde sadržaj silicijske materije dostiže mestimično do 50%, a na nekim drugim lokalnostima delimično se penje čak na 80%. Silifikacija se javlja u vidu minerala kvarca i kalcedona, koji najčešće zapunjavaju međuprostore između alterisanih feldspata, šupljine između liski hlorita, a najmasovnije se javljaju u vidu žica, sočiva i nagomilanja nepravilnih formi, debljine od nekoliko do oko 20 cm. Kvarc je vrlo sitnozrn, nepravilnog oblika i vrlo često nejasnih granica zrna, prema okolnim mineralima. Krupnozrniji je samo kada zapunjava šupljine i pukotine. Kalcedon je takođe sitnozrn. Ovaj mineral kad kada sam, a daleko češće zajedno sa kvarcom i većom količinom hlorita, ispunjava mandole u spilitu. Pri tome, mandole imaju koncentričnu građu sa krupnim oreolima i sve sitnijim zonama ka centru.

Hloritizacija je takođe masovna manifestacija hidrotermalnih promena okolnih stena, njome su zahvaćeni i gotovo potpuno transformisani bojeni sastojci ovih stena. Hlorit ispunjava međuprostore između izukrštanih plagioklasa ili je prisutan u obliku zrnastih agregata u mandolama. Ponekad je »izmešan« sa produktima glinovitih alteracija ili metaličnih minerala. Prema našim ispitivanjima, sadržaj hloritske facije u hidrotermalno izmenjenim okolnim stenama varira u vrlo širokom dijapazonu od 10 do 60%, što delimično ilustruje i dijagram sadržaja dat za ležište Lajkovača (sl. 26.).

Karbonatizacija, posle silifikacije i hloritizacije, je najčešći proizvod hidrotermalnih promena okolnih stena, u okviru izučavanih piritsko-bakronosnih ležišta i rudnih pojava u dijabaz-rožnačkoj formaciji. Njen sadržaj u hidrotermalno izmenjenim okolnim stenama varira u vrlo različitim količinskim proporcijama od 10 do 60%. Karbonatizacija nastaje najverovatnije na dva osnovna načina. Zapravo, ona najčešće nastaje kao proizvod raspadanja plagioklasa u procesu albitizacije i tada zauzima intersiticijalne prostore, zapunjava obode šupljina ili cele nodule. Međutim, udeo karbonatizacije u procesu hidrotermalnih izmena je sigurno količinski daleko najmasovnija pojava. Naime, u tom procesu, verovatno delom u rudnoj, a najviše u postrudnoj fazi, uz intenzivan prinos CO_8, pre svega, dejstvom hidrotermalnih rastvora na već hloritisane partije okolnih stena, dolazi do stvaranja čitavog niza sočiva i vrlo razgranatih spletova karbonatnih žica, koje su u okviru impregnacionog i štokverknog orudnjenja, istražnim radovima konstatovane gotovo u okviru svih do sada ispitivanih rudnih pojava i ležišta.

Albitizacija i produkti tih procesa, su dosta retko zastupljeni u hidrotermalno promenjenim okolnim stenama. Nastaje usled dejstva hidrotermalnih rastvora na okolne stene, na račun oslobađanja i koncentracije natrijuma u procesu razaranja bazičnih plagioklasa. U pogledu odnosa albitizacija-sulfidi, nismo došli do izvesnih zakonomernosti, osim što smo stekli još uvek nedovoljno potvrđen utisak (radi se o malom broju primera), da tamo gde se javlja albitizacija u izvesnim mineralizovanim i orudnjenim zonama, sreću se veće koncentracije sulfida (Mravinci, Rečica).

Epidotizacija, se najčešće zapaža u okviru rudnih pojava registrovanih u dijabaz-gabro stenskim masama, gde postoje postepeni prelazi između ove dve rvste stena (pl. Kablar). Obično se javlja u vidu nepravilnih, relativno krupnih zrna epidota ili u agregatima nejasnih granica prema okolnim mineralima. U ovakvim izrazito epidotisanim okolnim stenama u oblasti više lokalnosti na planini

Kablaru, javlja se karakteristčan »uprskan« tip halkopiritske mineralizacije u vidu relativno krupnih retko raspoređenih zrna, što do sada nismo registrovali kod drugih piritsko-bakronosnih pojava i ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji Podrinjsko-polimskog područja.

Opšte karakteristike distribucije rudnih metala i pratećih mikroelemenata u ležištima

Piritsko-bakronosna ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne i Jugozapadne Srbije, pored bakra kao vodeće korisne komponente, sadrže još i zlato, srebro i u nekim slučajevima pirit i magnetit, koji mogu biti ekonomski interesantni. Razmeštaj ovih komponenti u rudnim telima, pokazuje izrazitu neravnomernost kako po njihovom pružanju, tako i po padu.

Dosadašnjim istraživanjima ovih ležišta, dokazano je da se po pružanju rudonosnih struktura, kada se radi o štokverk-impregnacionom orudnjenju, gotovo zakonito naizmenično smenjuju bogatije partije bakrovog orudnjenja, sa partijama znatno slabijeg kvaliteta. Ovo je verovatno, pre svega, posledica prerudne tektonske, a delom i petrohemijske predispozicije, odnosno različitog razvića i stepena učestanosti prerudnih ruptura i sistema prateće pukotinske tektonike, kao i petrohemijskih osobina stenskih masa, u pojedinim delovima ležišta, duž kojih su nastupali hidrotermalni rastvori nosioci rudnih metala.

U okviru masivno-sulfidnog orudnjenja međutim, sadržaj bakra po pružanju rudonosnih zona je znatno ravnomerniji. To je verovatno posledica povoljnijih uslova odlaganja, jer se odlaganje masivnih ruda vrši u depresijama morskog dna, za razliku od štokverk-impregnacionog orudnjenja, gde su prostori odlaganja orudnjenja predodređeni razvićem i razgranatošću tektonskih rupturno-pukotinskih deformacija.

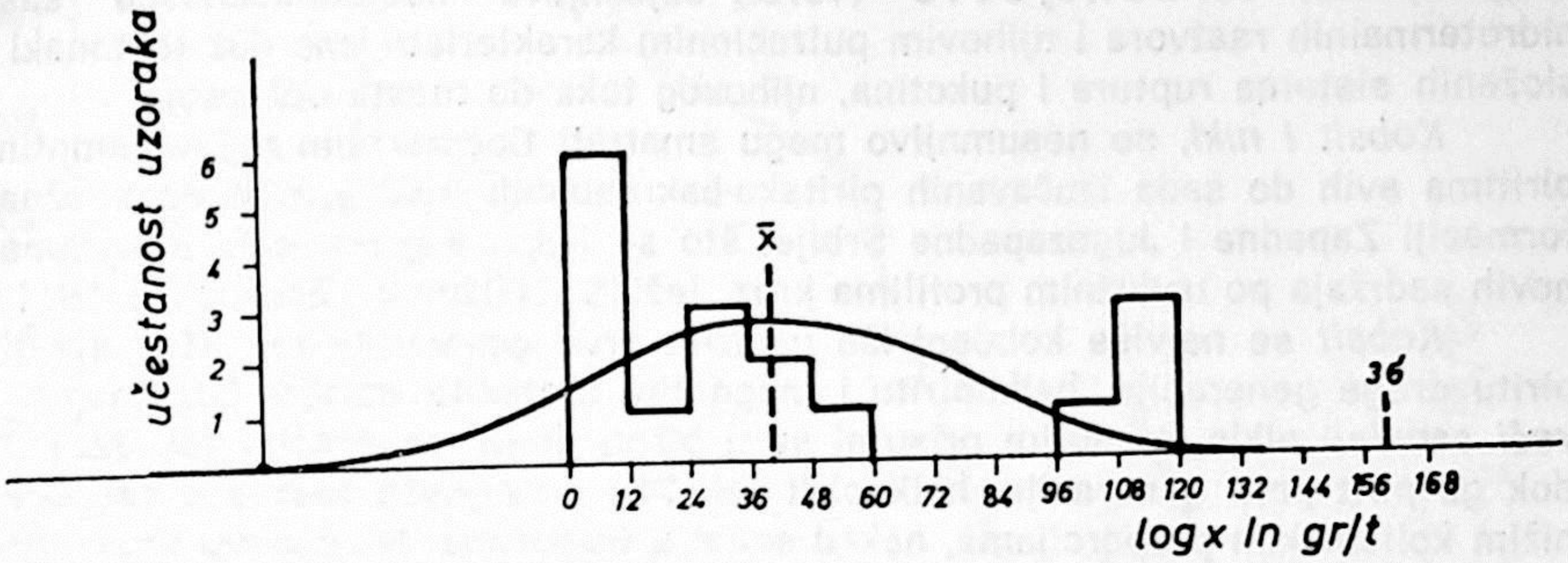
U pogledu ravnomernosti raspodele rudne supstance po padu rudonosnih struktura, generalno posmatrano, stoji zaključak da sadržaj bakra, kao i nekih mikroelemenata koji su vezani za halkopirit i pirit II generacije, sa dubinom opada. Ovo u prvom redu, po našem mišljenju, zavisi od morfološkog tipa orudnjenja, odnosno od strukturno-geoloških, geohemijskih, fizičko-hemijskih i dr faktora, koji su uslovili njegov nastavak, kao i od erozionog nivoa na kome su danas presečena orudnjenja. U vezi s tim, vrlo ilustrativne podatke smo dobili komparacijom određenih morfoloških tipova rude, sa rezultatima hemijskih analiza oprobavanja iste, na poprečnom vertikalnom profilu kroz ležište Rečica (sl. 12 i sl. 13), prema kojima se jasno ističe opadanje sadržaja bakra po padu rudonosne strukture, kako u okviru određenog morfološkog tipa orudnjenja, tako i u zavisnosti od promena morfološkog tipa orudnjenja.

Raspored bakrovog orudnjenja, kao i mestimično prisutnog magnetita u okviru okonturenih partija masivnog tipa orudnjenja, u vertikalnom pogledu, takođe pokazuje znatno veću ravnomernost, u odnosu na štokverk-impregnacioni tip orudnjenja.

Po poprečnim presecima rudonosnih struktura, međutim, na relaciji podina povlata, nismo do sada utvrdili postojanje bilo kakve zonalnosti, kad je u pitanju distribucija bakra.

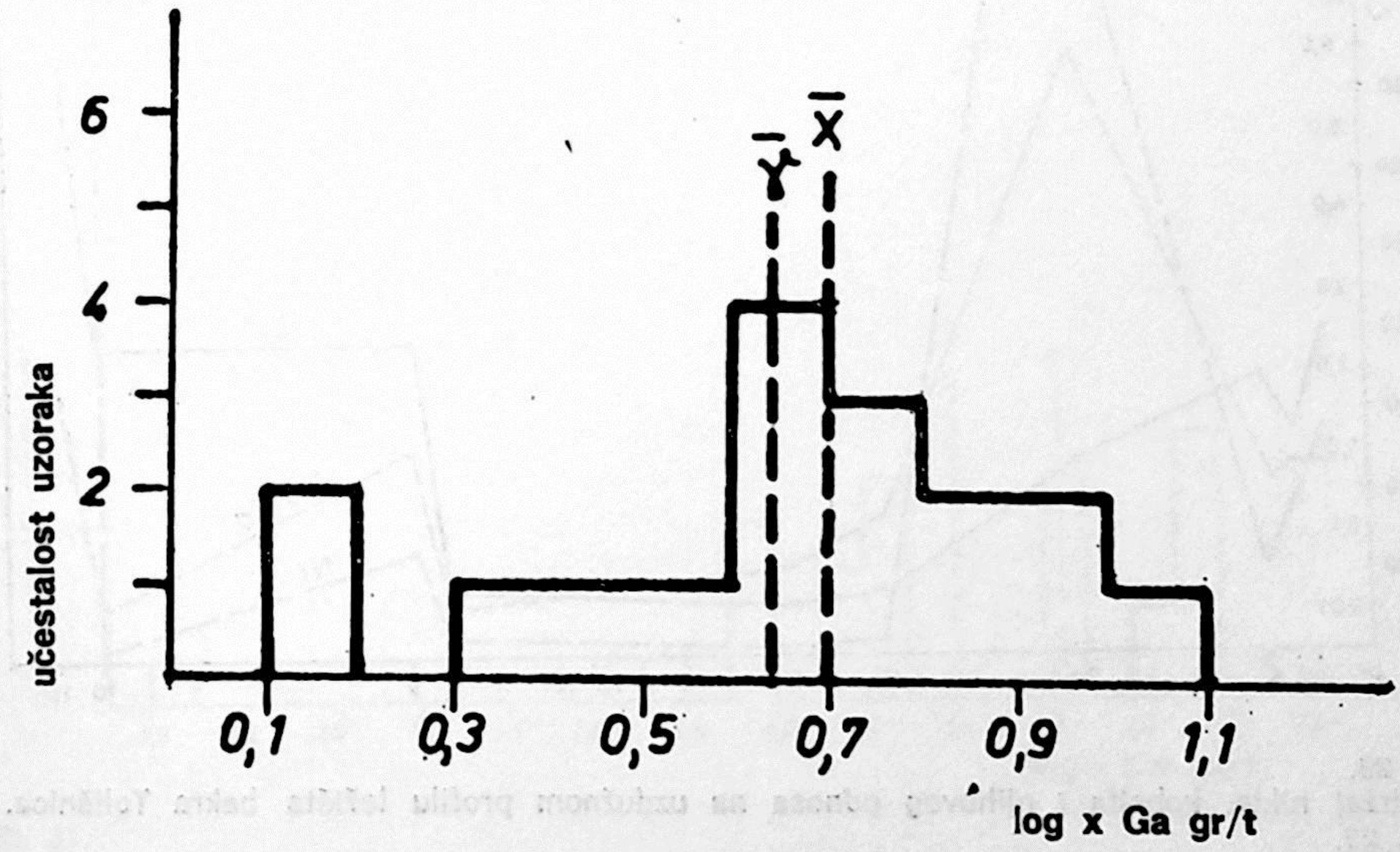
Prisustvo cinka, kao mestimičnog pratioca bakrovog orudnjenja, gotovo zakonito je vezano za halkopirit, kao posledica paragenetskih odnosa halkopirit-sfalerit, te se u pogledu promenljivosti sadržaja kada se javlja u rudonosnim strukturama, ponaša skoro identično bakru, kako po njegovom pružanju, tako i po padu.

Sl. 27.
Kriva raspodele Indijuma u halkopiritu ležišta bakra Tolišnica.
Fig. 27.
Curve showing distribution of indium in chacopyrite, Tolišnica ore deposit.



Ispitivanja mikroelemenata u pojedinim glavnim sulfidnim mineralima — piritu i halkopiritu, u okviru izučavanih mineralnih parageneza, sistematski su vršena na ležištima Tolišnica i Stanča (Arsenijević, 1976, Putnik i Purić, 1976. i 1977.). Ostala piritsko-bakronosna ležišta, sa tog stanovišta su samo mestimično ispitivana u cilju komparacije i korelacije sa rezultatima pomenutih sistematskih ispitivanja, odnosno sticanja osnovnih zaključaka o sadržaju i karakteru distribucije mikroelemenata u njima.

U tom smislu interesantan primer predstavljaju *indijum* i *galijum*, koji potpuno izostaju kada je u pitanju pirit, dok je halkopirit iz iste mineralne asocijacije redovni nosilac ovih dvaju mikroelemenata (sl. 27. i 28.).

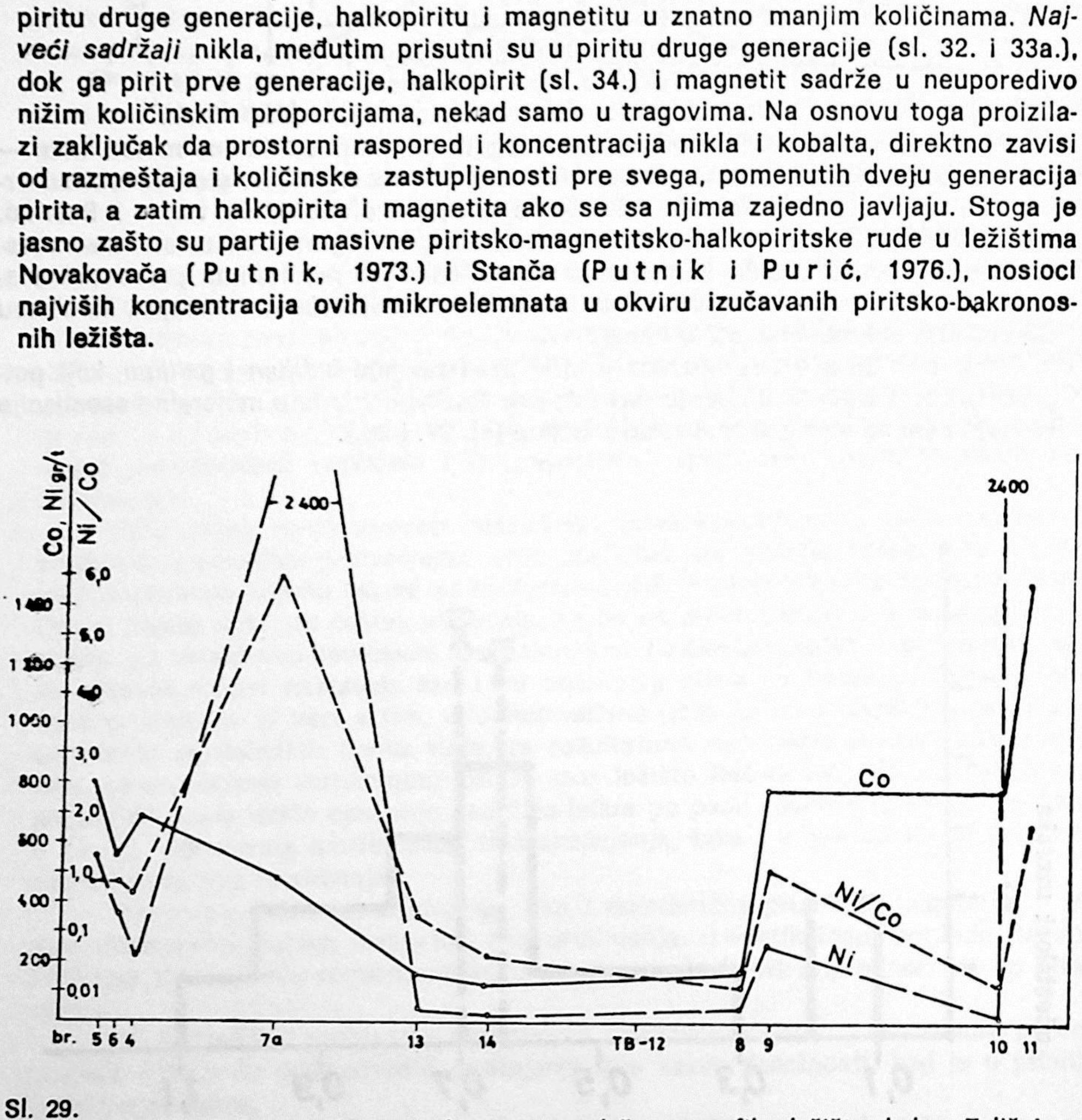


Sl. 28.
Raspodela galijuma u halkopiritu ležišta Tolišnica.
Fig. 28.
Distribution of gallium in chalcopyrite, Tolišnica ore deposit.

Selen se u halkopiritu, mada vrlo neravnomerno raspoređen, nalazi u granicama ili blizu srednjih vrednosti sadržaja za ležišta ovog tipa, za razliku od pirita gde je njegovo učešće nekoliko puta niže. Neravnomernost u distribuciji selena u halkopiritu, Arsenijević (1976.) objašnjava neujednačenošću sastava hidrotermalnih rastvora i njihovim pulzacionim karakteristikama duž tektonski vrlo složenih sistema ruptura i pukotina, njihovog toka do mesta odlaganja.

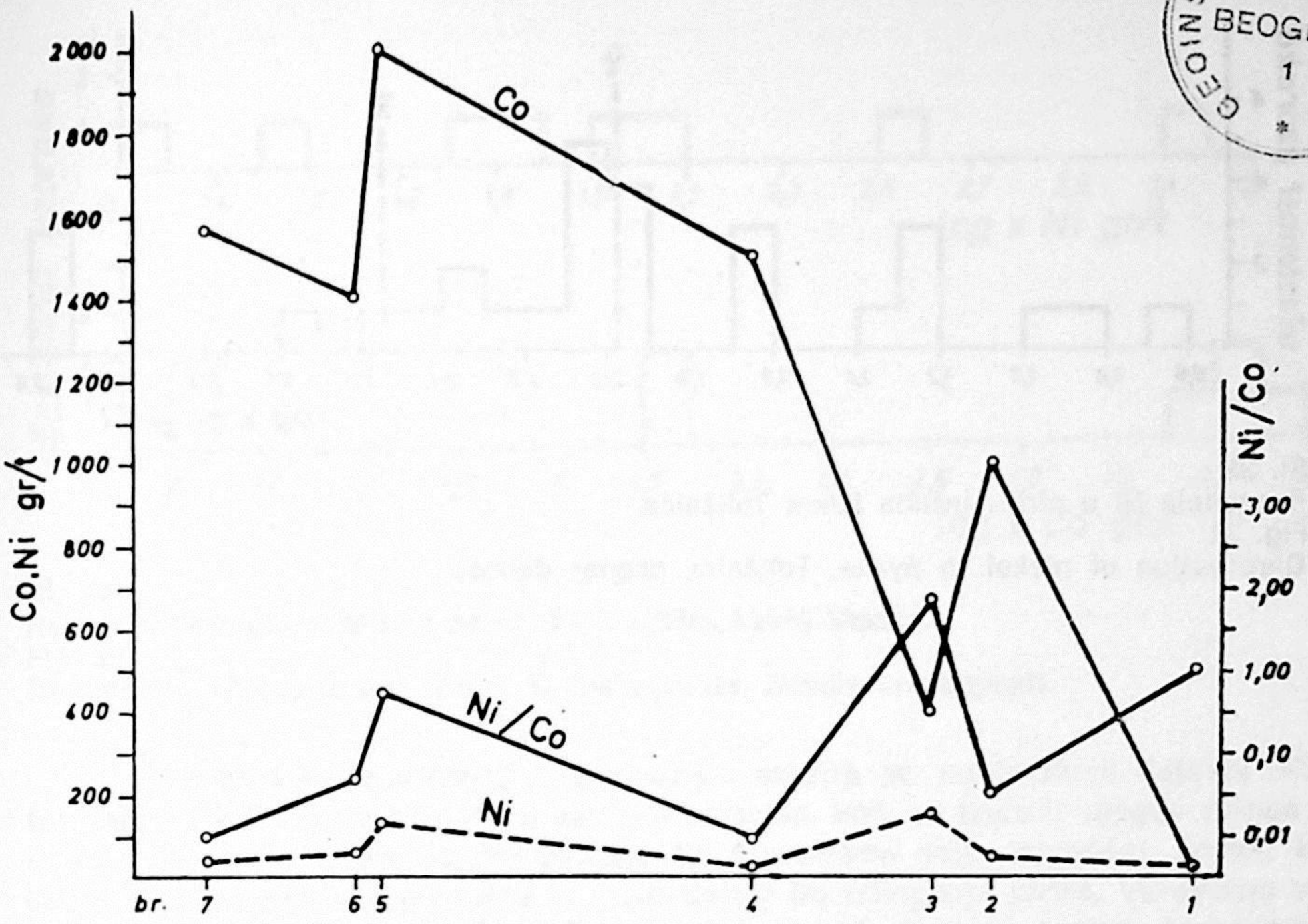
Kobalt i nikl, se nesumnjivo mogu smatrati tipomorfnim mikroelemntima u piritima svih do sada izučavanih piritsko-bakronosnih ležišta, u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne i Jugozapadne Srbije, što se jasno sagledava iz dijagrama njihovih sadržaja po uzdužnim profilima kroz ležišta Tolišnicu i Stanču (sl. 29. i 30.).

Kobalt se najviše koncentriše u piritu prve generacije (sl. 31.), a zatim u piritu druge generacije, halkopiritu i magnetitu u znatno manjim količinama. *Najveći sadržaji* nikla, međutim prisutni su u piritu druge generacije (sl. 32. i 33a.), dok ga pirit prve generacije, halkopirit (sl. 34.) i magnetit sadrže u neuporedivo nižim količinskim proporcijama, nekad samo u tragovima. Na osnovu toga proizilazi zaključak da prostorni raspored i koncentracija nikla i kobalta, direktno zavisi od razmeštaja i količinske zastupljenosti pre svega, pomenutih dveju generacija pirita, a zatim halkopirita i magnetita ako se sa njima zajedno javljaju. Stoga je jasno zašto su partije masivne piritsko-magnetitsko-halkopiritske rude u ležištima Novakovača (Putnik, 1973.) i Stanča (Putnik i Purić, 1976.), nosioci najviših koncentracija ovih mikroelemnata u okviru izučavanih piritsko-bakronosnih ležišta.

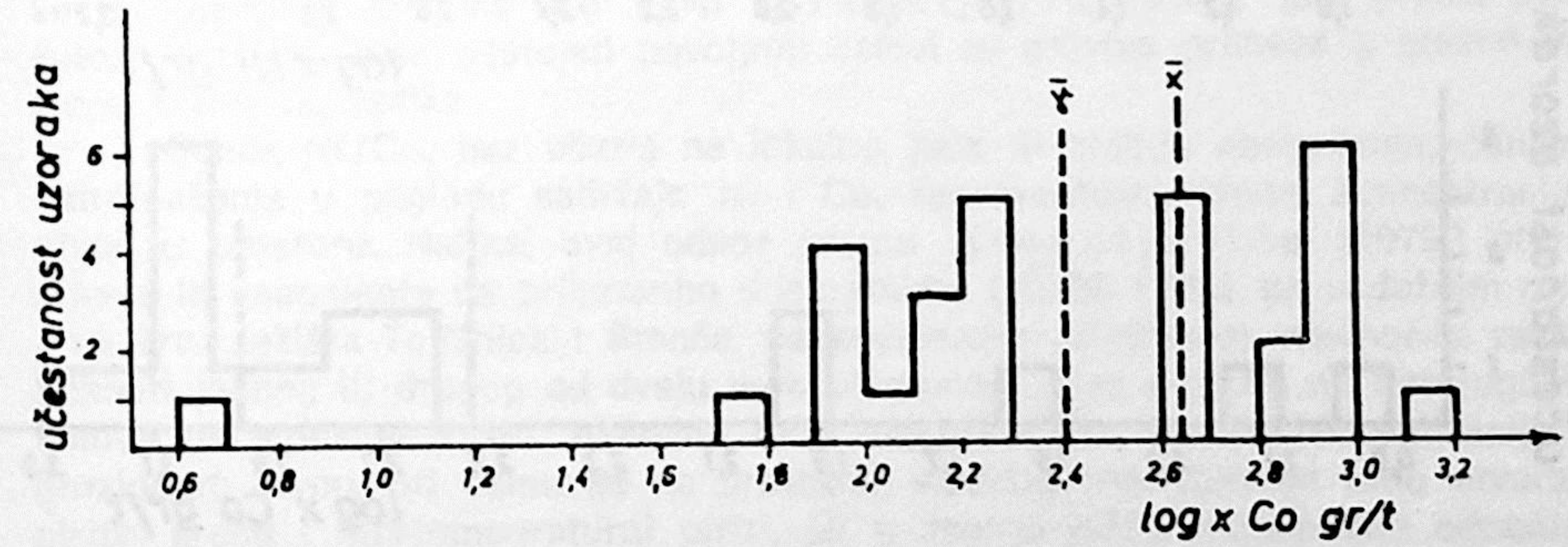


Sl. 29.
Sadržaj nikla, kobalta i njihovog odnosa na uzdužnom profilu ležišta bakra Tolišnica.
Fig. 29.
Distribution and ratio of nickel and cobalt along the longitudinal cross-section of Tolišnica ore deposit.

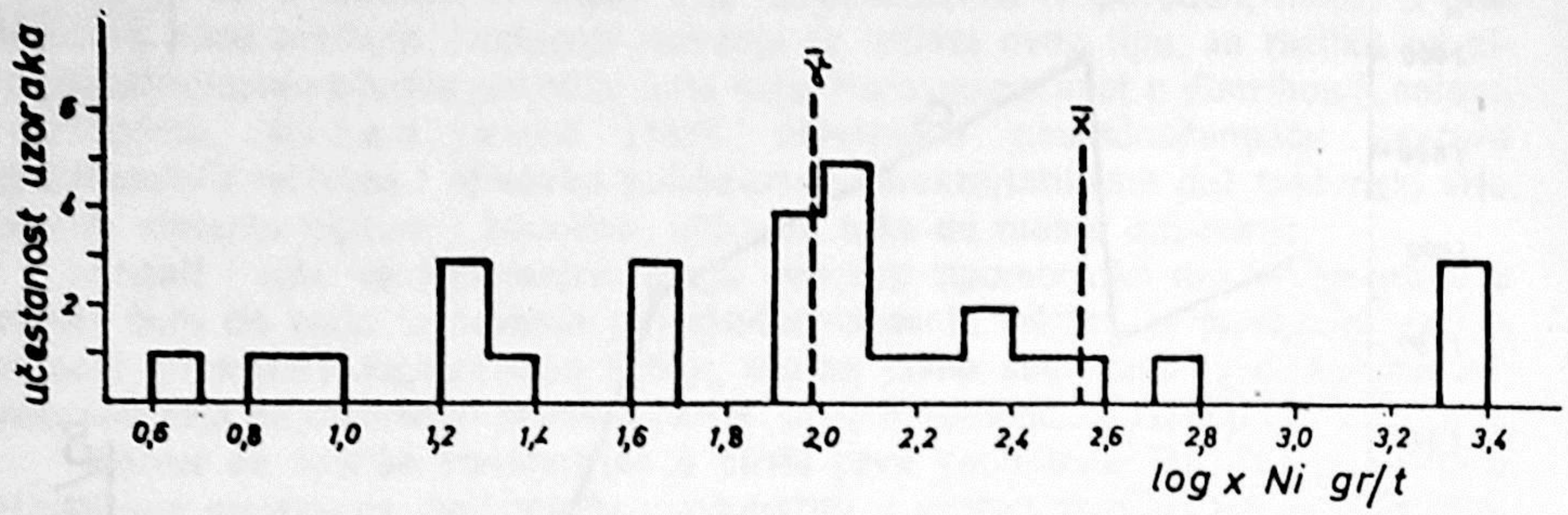
GEOINSTITUT - BIBLIOTEKA
BEOGRAD
1
*



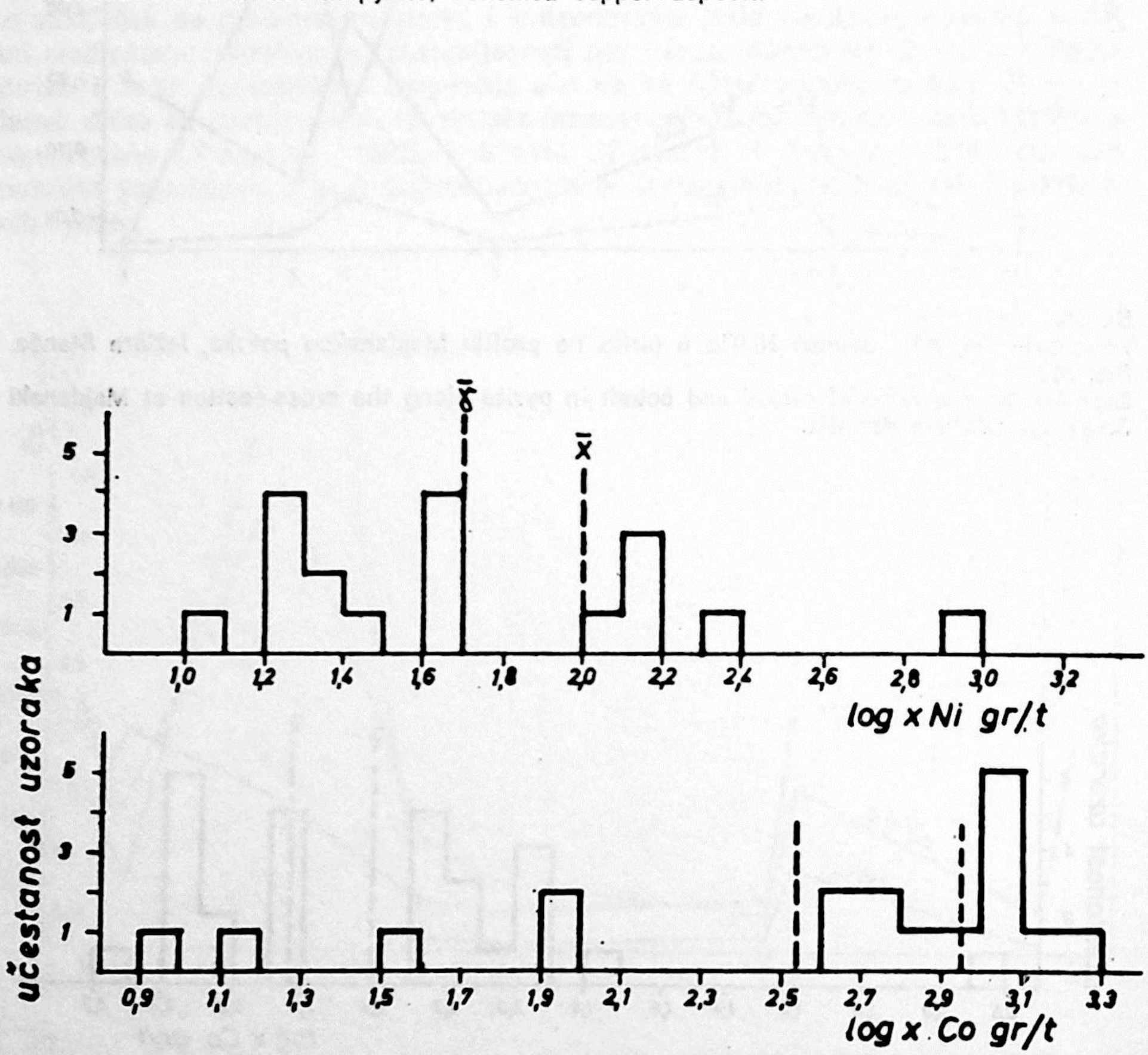
Sl. 30.
Ponašanje Co, Ni i odnosa Ni/Co u piritu na profilu Majdanskog potoka, ležište Stanča.
Fig. 30.
Distribution and ratio of nickel and cobalt in pyrite along the cross-section at Majdanski Potok, Stanča ore deposit.



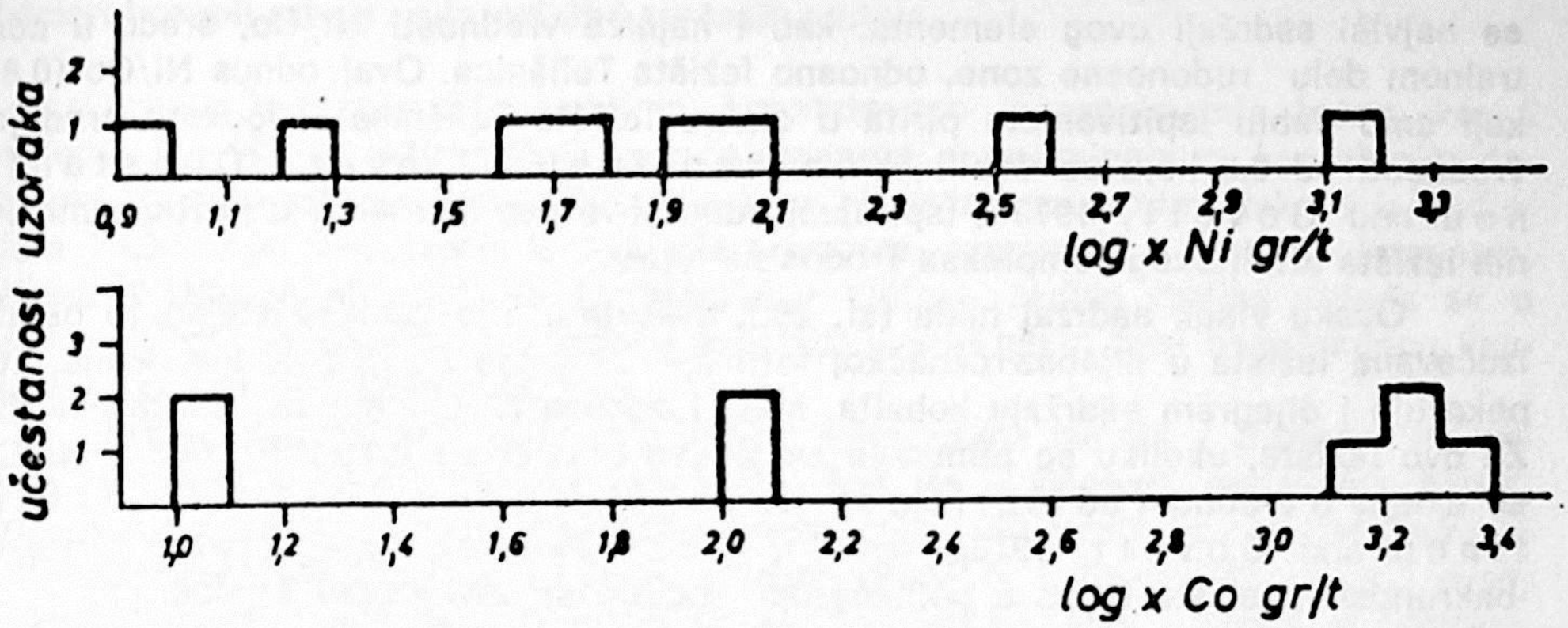
Sl. 31.
Raspodela Co u piritu, ležišta bakra Tolišnica.
Fig. 31.
Distribution of cobalt in pyrite, Tolišnica copper deposit.



Sl. 32.
Raspodela Ni u piritu ležišta bakra Tolišnica.
Fig. 32.
Distribution of nickel in pyrite, Tolišnica copper deposit.



Sl. 33.
Raspodela kobalta i nikla u piritu, ležišta Stanča.
Fig. 33.
Distribution of cobalt and nickel in pyrite, Stanča ore deposit.



Sl. 34.
Raspodela kobalta i nikla u halkopiritu, ležišta bakra Stanča.
Fig. 34.
Distribution of cobalt and nickel in chalcopyrite, Stanča ore deposit.

Prisustvo nikla u piritu i halkopiritu, smatra se posledicom dejstva hidrotermalnih rastvora na ofiolite u dubljim nivoima, koji su izvršili njegov prinos, te je na taj način došlo do obogaćenja tih hidrotermi ovim metalom. Porast koncentracije kobalta u rastvorima iz kojih dolazi do odlaganja pirita, verovatno vodi ka pojavi složenijih kombinovanih kristalnih formi. Naime, prema podacima iz literature, smatra se da prisustvo primesa Co i Ni, u piritonosnim rastvorima deluje na promenu kristalnog oblika, ali u strogoj zavisnosti sa promenom rešetke i strukturnim rasporedom. U vezi s tim, smatra se da pirit oblika kocke iz najdubljih nivoa može da sadrži niske sadržaje oba elementa (Co, Ni). Oktaedarski oblici pirita međutim, sadrže najveće koncentracije kobalta (0,4%) i umerene sadržaje nikla (oko 0,03%).

Ovakva zapažanja Arsenijević (1976.) je delimično dokazao na ležištu Tolišnica, gde se najviši sadržaji kobalta (500 do 1500 ppm) i relativno niske koncentracije nikla (20 do 500 ppm) nalaze upravo u kocka-oktaedarskoj grupaciji pirita sa slabo razvijenim pljosnima oktaedra. Međutim, čisto razvijeni oblici kocke nose niske količine Co i Ni (Arsenijević 1976.), što prema ovom autoru znači da nisu postojali povoljniji uslovi za dejstvo primesa u pravcu promene osnovnog oblika.

Odnos Ni/Co, bez obzira na lokalno jača ili slabija obogaćenja, odnosno osiromašenja u pogledu sadržaja Ni i Co, reprezentuje njihove koncentracione nivoe u prostoru. Naime, ovaj odnos prema Arsenijeviću (1976.) otkriva pravce ili segmente na prikazanim dijagramima (sl. 29. i 30.), po uzdužnim profilima kroz ležišta Tolišnica i Stanča, sa povišenom relativnom vrednošću zastupljenosti jednog ili drugog od dvaju ovih elemenata. Ovo ukazuje na heterogenost uslova obrazovanja pirita, odnosno označava genetsko stanje mineralizacije na erozionom nivou, pri čemu se na pretežno visokotemperaturnom fonu stvaranja pirita, sreću i nižetemperaturni piriti, ali u znatno nižim količinskim odnosima. To praktično znači, da na sadašnjem erozionom nivou postoji više kristalnih formi pirita kao što su: kocke i pentagon-dodekaedri, kocke-oktaedri ili kocke i kocka-pentagondodekaedri, koji sadrže povećane koncentracije Co i Ni ili samo jednog od ova dva elementa.

Prema sadržaju kobalta (sl. 29.) u odnosu Ni/Co, nameće se zaključak da se najviši sadržaji ovog elementa, kao i najniže vrednosti Ni/Co, sreću u centralnom delu rudonosne zone, odnosno ležišta Tolišnica. Ovaj odnos Ni/Co (0,8), koji smo dobili ispitivanjem pirita u okviru ležišta Tolišnica, odgovara srednjoj vrednosti od 0,8 koju su dobili Konstantinou i Govet. (Constantinou and Govett, 1973.), ispitujući odnos ova dva elementa u piritima masivnih ležišta ofiolitskog kompleksa Trodos na Kipru.

Ovako visok sadržaj nikla (sl. 29.), međutim, nije karakterističan za ostala izučavana ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne i Jugopazadne Srbije, što pokazuje i dijagram sadržaja kobalta, nikla i odnosa Ni/Co, dat za ležište Stanču. Za ovo ležište, ukoliko se eliminišu samo dve ekstremne vrednosti, odnos Ni/Co se uklapa u vrednost od (0,5) koju su Konstantinou i Govet (Constantinou and Govett, 1973.), dobili u piritima štokverk-impregnacionih piritsko-bakronosnih ležišta Kipra u pomenutom ofiolitskom kompleksu Trodos.

Srebro, pokazuje povišen sadržaj u II generaciji pirita i u halkopiritu. Prema izvršenim maseno spektrometrijskim ispitivanjima monokoncentrata halkopirita iz ležišta Lajkovača i Tolišnica, konstatovana je jasno uočljiva zavisnost sadržaja srebra od koncentracije halkopirita i pirita II.

Olovo, u piritu i halkopiritu, varira u granicama od 0 do 170 gr/t, što navodi na zaključak da se galenit krajnje retko javlja u paragenezama piritsko-bakronosnih ležišta i mineralizacija.

Ostali mikroelementi nisu karakteristični za ovaj tip piritsko-bakronosnih ležišta i rudnih pojava, osim u mestimično mineraloško-genetskom pogledu, kad se javljaju u određenim mineralnim asocijacijama.

Na osnovu rezultata dosadašnjih istraživanja opštih karakteristika distribucije rudnih metala i pratećih mikroelemenata, u piritsko-bakronosnim ležištima dijabaz-rožnačke formacije Zapadne i Jugozapadne Srbije, u mesto zaključka na kraju ovog razmatranja, iznećemo neke od ustanovljenih činjenica.

a) U pogledu distribucije bakrovog orudnjenja, kada se radi o štokverk-impregnacionom tipu orudnjenja, utvrđena je vrlo naglašena promenljivost kako po pružanju tako i po padu rudonosnih zona. U okviru masivno-sulfidnog orudnjenja međutim, sadržaj bakra je znatno ravnomerniji, mada postoje evidentne promene kako u horizontalnom tako i u vertikalnom pogledu.

Sa aspekta ravnomernosti raspodele rudne supstance po padu rudonosnih struktura, generalno posmatrano, stoji činjenica da sadržaj bakra kao i nekih pratećih mikroelemenata, koji su vezani za halkopirit i pirit druge generacije, sa dubinom opada kako u okviru određenog morfološkog tipa orudnjenja, tako i u zavisnosti od promena morfološkog tipa orudnjenja.

b) Kobalt i nikl, predstavljaju tipomorfne mikroelemente u svim izučavanim piritsko-bakronosnim ležištima. Oni se značajnije koncentrišu u piritu, gde postoje jasne razlike u pogledu njihovog sadržaja po generacijama ovog minerala. Najveće koncentracije kobalta nosi pirit I prve generacije, dok su najveći sadržaji nikla vezani za pirit druge generacije.

c) Indijum i galijum se isključivo koncentrišu u halkopiritu, a selen se u halkopiritu uglavnom nalazi na nivou srednjih vrednosti sadržaja karakterističnih za ovaj tip ležišta.

d) Sadržaji ostalih mikroelemenata prikazanih u tabeli 5, prema sadašnjem stepenu izučenosti, nisu karakteristični za ovaj tip piritsko-bakronosnih ležišta.

Primarni oreoli rasejavanja rudnih i pratećih metala

Prema izvršenim ispitivanjima, konstatovano je rasejavanje bakra, kao i pratećih i nekih karakterističnih mikroelemenata, u marginalnim, kontaktnim delovima piritsko-bakronosnih ležišta, kako u njihovim povlatnim, tako i u podinskim blokovima. Ovi oreoli u pogledu prisustva pomenutih i drugih elemenata, pokazuju izrazite sličnosti sa izučavanim ležištima. Jedina razlika ogleda se u njihovoj većoj koncentraciji, odnosno sadržaju u vrlo uskoj zoni neposrednog kontakta, i razume se u samom ležištu.

Prema rezultatima ispitivanja oreola rasejavanja rudnih i pratećih elemenata, vršenim u okviru ležišta Lajkovača, koji se u pogledu ponašanja bakra, pratećih elemenata i nekih mikroelemenata, mogu smatrati karakterističnim za većinu piritsko-bakronosnih ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne i Jugozapadne Srbije, jasno se sagledava da sadržaj bakra, olova i cinka, u dijabazu (podinski blok ležišta Lajkovača) i gabru (povratni blok ležišta), sve do blizu neposrednog kontakta sa samim ležištem, je relativno ujednačen, odnosno da u neposrednom domenu kontakta naglo počinje da raste da bi u samom ležištu dostigao maksimum.

Na osnovu istih dijagrama, uočava se slično ili identično ponašanje sadržaja molibdena i kobalta.

Procesi obrazovanja ležišta

Postanak hidrotermalnih ležišta mineralnih sirovina uopšte, predstavlja vrlo složen proces, čiji razvoj zavisi od više faktora, počev od izvora rudne komponente, načina obrazovanja hidrotermalnih rastvora, mehanizma transporta, do uslova odlaganja rudne materije, odnosno stvaranja ležišta. U okviru ovih faktora, kao najvažnija pitanja koja se pojavljuju pri razmatranju uslova nastanka hidrotermalnih ležišta, smatraju se problemi vezani za utvrđivanje porekla rudne materije, geneze hidrotermalnih rastvora i naročito porekla vode, koja u njima nesumnjivo čini osnovnu komponetu.

Naša objašnjenja i predpostavke o uslovima stvaranja piritsko-bakronosnih ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne i Jugozapadne Srbije, jednim delom se temelje na brojnim podacima iz literature (naročito kad je reč o takozvanom kiparskom tipu ležišta) o genezi ovih ležišta vezanih za bazične vulkanogeno-sedimentne formacije u ofiolitskim kompleksima u svetu, a drugim delom na rezultatima naših ispitivanja izotopnog sastava sumpora, geohemijskim izučavanjima asocijacije hemijskih elemenata u ležištima i drugim ispitivanjima i istraživanjima, čije smo rezultate razmatrali u toku dosadašnjih izlaganja.

Poreklo rudnih metala

Problem primarnih izvora rudnih metala, oduvek je privlačio pažnju geologa, koji se bave pitanjima istraživanja i geneze ležišta mineralnih sirovina, jer utvrđivanje porekla i mehanizma koncentracije rudnih metala koji obrazuju ležišta, je od posebnog interesa, ne samo sa aspekta razumevanja procesa rudnog obrazovanja, već i u pogledu utvrđivanja zakonomernosti njihovog razmeštaja u prostoru. Međutim, i ako se radi o intenzivno izučavanoj naučno-stručnoj oblasti, gotovo svi dosadašnji zaključci, predpostavke, rasprave i dr. shvatanja sa tog aspekta, redovno su se temeljili na izvesnim hipotetičnim dokazima. U vezi s tim, Janković i Petković (1974.), napominju da se do nedavno smatralo, da rudni metali, prvenstveno olovo, cink, delimično i bakar, isključivo potiču iz kontinentalne kore, dok je gornji omotač tretiran kao neinteresantan izvor rudnih metala u hidrotermalnim rudnim ležištima. Poslednjih desetak godina, međutim, u svetskoj geološkoj javnosti, preovladalo je shvatanje da gornji omotač predstavlja vrlo značajan izvor rudnih metala (Krauskopf 1970.; Searle, 1972.; Sillitoe, 1973.; Смирнов, 1975. Хитаров, 1976.; Rona, 1977. i dr.), koje se često bazira na vrlo interesantnim rezultatima eksperimentalnih laboratorijskih i geofizičkih ispitivanja, kao i na izučavanjima područja savremenih vulkana.

Хитаров, (1966.) polazi od činjenice da glavni deo procesa preko kojih se može objasniti poreklo bazičnih i ultrabazičnih stena uopšte, pa samim tim i

sa njima vezanih rudnih metala, je pre svega uslovljen uzajamnim dejstvom gornjeg omotača i iznad ležeće zemljine kore. Osobenosti tih procesa, vezane su sa fizičko-hemijskim faktorima (pritisak, temperatura, hemijski sastav materijala i dr.), a ovi sa svoje strane sa evolucijom geološkog razvoja, osobito sa tektonskim zbivanjima u pojedinm gornjim delovima zemljine kugle.

U vezi s tim, Krauskopf (1970.), smatra da mnogi bazaltoidi nastaju ispod granice Mohorovčića, a pošto je nesumnjivo dokazano da se u okeanskim i drugim bazaltoidima, mada u malim količinama (tabela 3.), nalaze gotovo svi »obični« metali rudnih ležišta, nije teško predpostaviti da se pri svakom utiskivanju bazaltoida u zemljinu koru, unose nove porcije ovih metala.

Janković (1977.) u okviru razmatranja genetskih tipova ležišta bakra i pratećih metala, vezanih za dijabazni magmatizam i prateću vulkanogenu sekvencu, u ofiolitima severoistočnog Mediterana, navodi da su rudni metali poreklom iz gornje mantije, i da su bili deponovani iz ascedentnih hidrotermalnih rastvora, vezanih za kasniju fazu diferencijacije bazaltoidne magme.

Rona (1977.) u vezi sa poreklom rudnih metala smatra da okeanska kora i gornji omotač, predstavljaju značajan izvor rudnih metala. Po njegovom shvatanju, u okviru sistema hidrotermalne konvekcije, morska voda cirkuliše kroz okeansku koru i gornji omotač pod dejstvom vulkanskih toplotnih izvora i vrši izluživanje i koncentraciju rudnih metala duž divergentnih granica ploča.

Većina autora, koji su se bavili ispitivanjem izotopnog sastava stroncijuma u bazaltoidima, ukazuje na činjenicu da su oni nastali u oblastima, gde je odnos Rb/Sr, znatno niži i postojaniji nego što je to slučaj u znatno diferenciranijem materijalu zemljine kore, gde su sada lokalizovani.

Brojna ispitivanja izotopnog sastava sumpora u piritsko-bakronosnim mineralnim asocijacijama vezanim za bazaltoidne stene u ofiolitskim kompleksima (Lloyd and Clark, 1971.; Jonson, 1972.; Tvalcrehidze i Budaze, 1972.; Bachinski 1977. i dr.), gotovo po pravilu su pokazala da približno odgovara meteoritskom sastavu, odnosno potvrdila predpostavke o poreklu rudnih metala iz gornjeg omotača.

Naša ispitivanja izotopnog sastava sumpora (Putnik i Purić, 1978.), čije ćemo rezultate razmotriti u narednom izlaganju, takođe su potvrdila opravdanost iznetih predpostavki o poreklu rudnih metala.

Tabl. 3

Koncentracije pojedinih rudnih metala u magmatskim [illegible]nama (u ppm) Iz: K. Krauskopf, 1967.)

Concentrations of different ore metals (in ppm) in magmatic rocks

	Ultrabazične		Bazične		Intermedijarne		Granitske		Sijenit
	TW	V	TW	V	TW	V	TW	V	TW
Li	0, n	0,5	17	15	24	20	40	40	28
Be	0, n	0,2	1	0,4	2	1,8	3	5,5	1
Ti	300	300	13800	9000	3400	8000	1200	2300	3500
V	40	40	250	200	88	100	44	40	30
Cr	1600	2000	170	200	22	50	4,1	25	2
Mn	1620	1500	1500	2000	540	1200	390	600	850
Co	150	200	48	45	7	10	1	5	1
Ni	2000	2000	130	160	15	55	4,5	8	4
Cu	10	20	87	100	30	35	10	20	5
Zn	50	30	105	130	60	72	39	60	130
As	1	0,5	2	2	1,9	2,4	1,5	1,5	1,4
Se	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Zr	45	30	140	100	140	260	175	200	500
Nb	16	1	19	20	20	20	21	20	35
Mo	0,3	0,2	1,5	1,4	1,0	0,9	1,3	1	0,6
Ag	0,06	0,05	0,11	0,1	0,05	0,07	0,04	0,05	0,0 n
Cd	0, n	0,05	0,22	0,19	0,13		0,13	0,1	0,13
Sn	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5		3	3	n
Sb	0,1	0,1	0,2	1	0,2	0,2	0,2	0,26	0, n
Ce	0, n		48	4,5	81		92	100	161
Ta	1,0	0,02	1,1	0,5	3,6	0,7	4,2	3,5	2,1
W	0,77	0,1	0,7	1	1,3	1	2,2	1,5	1,3
Au	0,006	0,005	0,004	0,004	0,004		0,004	0,005	0,00 n
Hg	0,0 n	0,01	0,09	0,09	0,08		0,08	0,08	0,0 n
Tl	0,06	0,01	0,21	0,2	0,72	0,5	2,3	1,5	1,4
Pb	1	0,1	6	8	15	15	19	20	12
Bi		0,001	0,007	0,007		0,01	0,01	0,01	
Th	0,004	0,005	4	3	8,5	7	17	18	13
U	0,001	0,003	1	0,5	3,0	1,8	3,0	3,5	3,0
S	300	100	300	300	300	200	300	400	300

Podaci: TW — Turekian i Vedepol (Wedepohl, 1961.) V — A Vinogradov (1962.); Vinogradov priključuje granodiorite »granitskim stenama« a Turekian i Vedepol ih svrstavaju pod »intermedijarne stene«.

Tabl. 4 Rezultati izotopnog sastava sumpora iz sulfida rudnih i mineralizovanih zona u dijabazama zapadne i jugozapadne Srbije
Isotopic composition of sulphides from mineralized zones in diabases of Western Serbia

Lokalnost		Mesto uzimanja	Mineral	δC^{34}	$C^{32}/^{34}$
1.	Ležište Lajkovača	Bušotina 41	pirit	+5,75	22,093
2.		Bušotina 41	pirit	+5,28	22,103
3.		Bušotina 41	halkopirit	+4,59	22,118
4.		Bušotina 71	pirit	+5,29	22,103
5.		Bušotina 71	pirit	+7,26	22,060
6.		Bušotina 62a	pirit	+5,09	22,107
7.		Bušotina 62a	pirit	+5,80	22,092
8.		Bušotina 72	pirit	+8,52	22,031
9.		Bušotina 77	pirit	+4,86	22,113
10.		Bušotina 77	pirit	+5,05	22,108
11.		Raskop 11	pirit	+5,32	22,102
12.		Izdanak kod bušotine 53	pirit	+7,12	22,063
13.		Šahta »Mišel«	pirit	+3,95	22,133
14.		Šahta »Mišel«	pirit	+5,53	22,098
15.		Šahta »Mišel«	halkopirit	+5,85	22,091
16.		Izdanak kod bušotine 35	pirit	+3,98	22,132
17.		Izdanak kod bušotine 35	halkopirit	+3,71	22,138
18.		Bušotina 78	pirit	+6,69	22,072
19.		Bušotina 79	pirit	+4,49	22,121
20.		Bušotina 79	halkopirit	+4,62	22,118
21.	Beli potok	Raskop 169	pirit	+6,43	22,078
22.		Raskop 168	halkopirit	+5,55	22,097
23.				+3,46	22,143
24.		Bušotina 76	pirit	+5,95	22,089
25.		Bušotina 76	pirit	+7,61	22,052
26.		Bušotina 76	pirit	+7,77	22,049
27.	Rečica	Bušotina 73	pirit	+6,69	22,072
28.		Šahta kod P-1	pirit	+4,39	22,123
29.		Šahta kod P-1	halkopirit	+5,09	22,107
30.		Izdanak kod P-1	pirit	+4,93	22,111
31.		Izdanak kod P-1	halkopirit	+5,82	22,091
32.		Šahta 0,0 m	pirit	+5,37	22,101
33.		Šahta 0,0 m	halkopirit	+5,18	22,105

34.		Šahta 1,0 m	pirit	+5,61	22,096
35.		Šahta 1,0 m	halkopirit	+5,53	22,098
36.		Šahta 2,0 m	pirit	+5,17	22,106
37.		P-2; 0,0 m	halkopirit	+6,90	22,068
38.		P-2; 0,0 m	halkopirit	+5,42	22,100
39.		P-2; 0,0 m	pirit	+5,67	22,095
40.		Raskop 144	pirit	+4,34	22,316
41.		Raskop 145	pirit	+5,52	22,098
42.		Raskop 145	halkopirit	+4,61	22,118
43.	Markov Potok	Raskop 159	pirit	+4,60	22,118
44.		Raskop 150	pirit	+5,32	22,102
45.		Raskop 25	pirit	+5,99	22,088
46.		Raskop 21	pirit	+5,92	22,089
47.		Raskop 20	pirit	+5,07	22,109
48.	Goveđa glava			+5,81	22,092
49.		Raskop 18	pirit	+4,02	22,131
50.		Raskop 50	pirit	+4,64	22,117
51.		Raskop 50	pirit	+6,01	22,087
52.	Tolišnica	Raskop 50	halkopirit	+5,87	22,090
53.		Raskop 52	pirit	+7,12	22,063
54.		Raskop 52	pirit	+4,84	22,113
55.		Potkop kod raskopa 22	pirit	+6,00	22,087
56.		Potkop kod raskopa 22	halkopirit	+6,40	22,079
57.		Potkop kod raskopa 22	pirit	+6,21	22,083
58.		Raskop 40	pirit	+4,17	22,128
59.		Raskop 41	pirit	+6,01	22,087
60.		Raskop 43	pirit	+3,38	22,145
61.		Raskop 27	pirit	+3,43	21,480
62.		Raskop 28	pirit	—2,23	22,270
63.	Stanča	Raskop 30	pirit	+5,75	22,093
64.		Raskop 30	halkopirit	+5,32	22,102
65.		Raskop 31	pirit	+5,52	22,098
66.		Raskop 33	pirit	—0,39	22,229
67.		Raskop 33	pirit	+0,64	22,206

Izotopni sastav sulfidnog sumpora

Polazeći od mišljenja В. А. і Л. Н. Гриненка (1974.), da izotopni sastav elemenata u okviru geoloških tvorevina uopšte, predstavlja »letopis« prirodnih procesa i da pravilno dešifrovanje izotopnih podataka može da obezbedi dopunske podatke o prirodi i načinu obrazovanja stena, minerala i ruda, izvršili smo masenospektrohemijska ispitivanja izotopnog sastava sumpora iz pirita i halkopirita nekih ležišta i rudnih pojava u dijabaz-rožnaćkoj formaciji Zapadne i Jugozapadne Srbije, u cilju utvrđivanja njegovog porekla.

Ovim ispitivanjima izotopnog sastava sulfidnog sumpora koja su izvršena u Institutu »Jožef Štefan« u Ljubljani iz pirita i halkopirita rudnih pojava i ležišta bakra u okviru rudnog polja Radanovci-Taor zahvaćene su sledeće lokalnosti: Lajkovača, Rečica, Beli potok, Markov potok, Goveđa glava i Mravinci, a u oblasti planine Čemerno ležišta Stanča i Tolišnica **(sl. 1., Tabela 4.).**

Ispitivanja izotopnog sastava sumpora u oblasti geologije polaze od utvrđivanja uzroka i osobenosti njegovih promena u domenu različitih fizičko hemijskih uslova nastanka geoloških tvorevina, a pre svega, sulfidnih minerala u kojim je sumpor obavezno prisutan elemenat. Na osnovu tih promena, mogu se izvesti izvesni zaključci ili predpostavke o migraciji i poreklu izotopnog sumpora, te samim tim i o procesima i uslovima stvaranja sulfidnih minerala, odnosno ležišta u konačnom slučaju. Ustvari, jedinjenja sa različitim odnosima izotopa sumpora se razlikuju po fizičkim i hemijskim svojstvima, što u geohemijskim procesima dovodi do razdvajanja sumpora.

Prema Виноградову (1967.), Бадалову і Виноградову (1967.), В. А. і Л. Н. Гриненку (1974.), i drugim autorima, ovo razdvajanje sumpora u prirodi, najčešće je uslovljeno biogenim procesima, pri čemu njegov primarni izotopni sastav može da pretrpi izvesne izmene, ali ukoliko ne dolazi do frakcionisanja, intenzitet tih promena je gotovo neznatan ili do njih uopšte ne mora doći (misli se na promene u odnosu na meteoritski sastav). No, pored biogenih procesa, koji u osnovi imaju sulfat-redukujuću ulogu, na frakcionaciju sumpora, utiče još nekoliko važnih faktora, kao što su temperatura, pH, Eh i dr. U vezi s tim, većina istraživača, koji se bave teoretskim pitanjima, kao i dobar broj onih koji su neka od tih pitanja eksperimentalno proveravali, stoji na stanovištu da postoji zavisnost konstanti ravnoteža izvesnih jedinjenja sumpora i sulfid-jona od temperature. Na osnovu toga došlo se do jedinstvenog stava, da kada su u pitanju jedinjenja sumpora, frakcionacija se smanjuje sa porastom temperature. Uticaj svih ostalih pomenutih faktora, međutim, u odnosu na dejstvo temperature je neuporedivo manji. Uz sve izneto, nužno je istaći, da na današnjem nivou svetskih saznanja u oblasti izotopa sulfidnog sumpora, još uvek ne postoje objektivno jasne interpretacije u smislu objašnjenja mehanizma prirodnog procesa frakcionacije, kao i mestimično registrovane zonalnosti iste, za sada bez jasno utvrđene zakonitosti pojavljivanja.

Analiza rezultata maseonospektrometrijskih ispitivanja izotopnog sastava sumpora iz pirita i halkopirita rudnih pojava i ležišta u okviru rudnog polja Radanovci-Taor, je dokazala da je veličina δS^{34} uiednačena sa izrazito uskim intervalima varijacije (sl. 35, 36. i 37.), ali sa nešto izraženijim obogaćenjem sa teškim izotopom S^{34} u odnosu na sadržaj istog u meteoritu.

Varijacija δS^{34} za čitavo rudno polje Radanovci — Taor, se kreće u dijapazonu od + 3,46 do + 8,85‰ (tabela 8). Najniža srednja vrednost δS^{34} konstatovana je na lokalnosti Markov potok, a najveća u predelu Rečice i Belog potoka. Opseg u kome se nalaze vrednosti δS^{34} za celo rudno polje, iznosi 5,21‰.

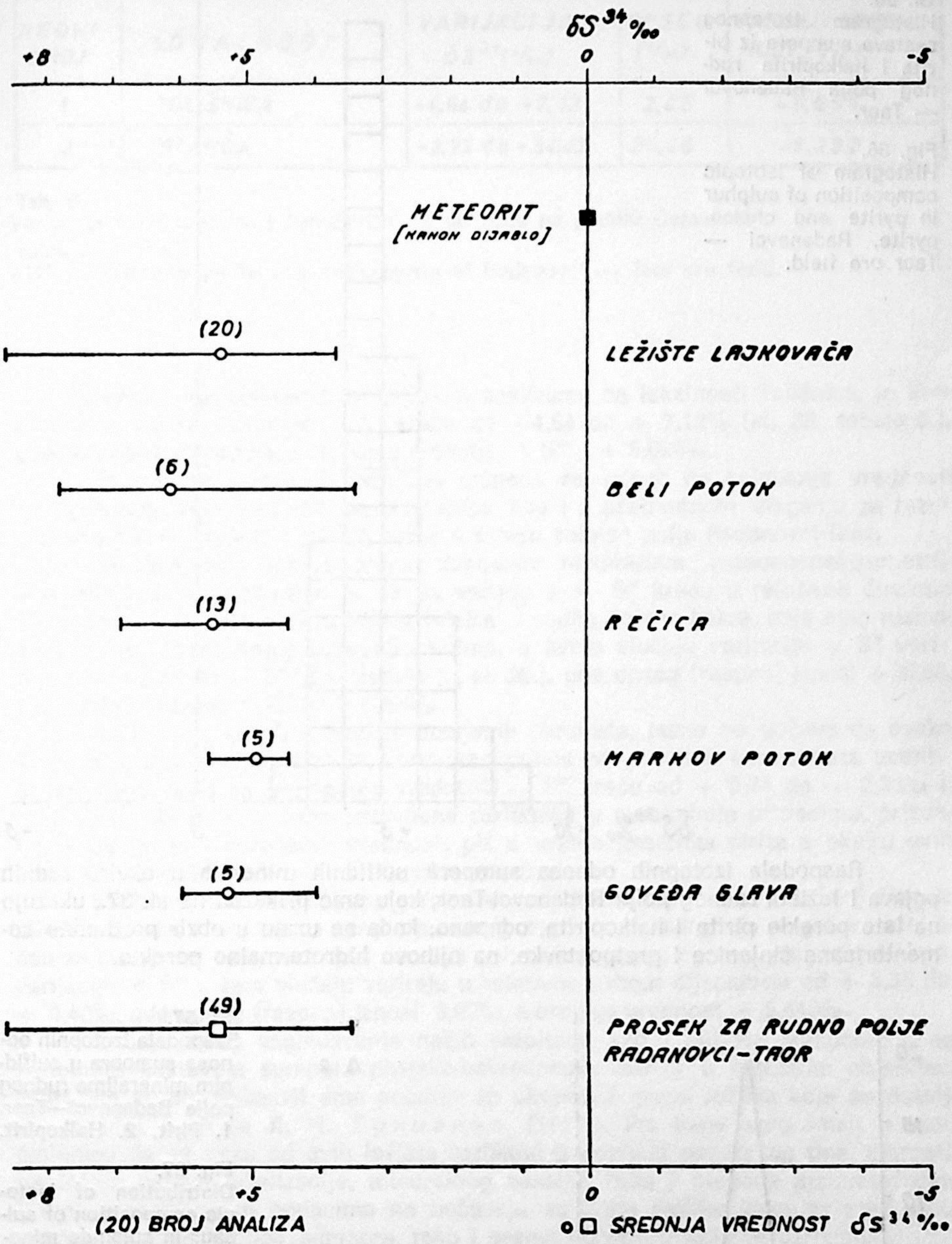
Uzak interval kolebanja δS^{34}, po našem mišljenju, je verovatno odraz jednorodne, homogene sredine i istih fizičko-hemijskih uslova obrazovanja sulfidnih minerala u ovom rudnom polju.

Konstatovano obogaćenje teškim izotopom S^{34}, je verovatno posledica relativno dugog puta rudne materije od zajedničkog izvora (ognjišta) do prostorne disociranosti rudnih rastvora.

Prema dosadašnjim saznanjima o ovakvim tipovima mineralizacije, sumpor potiče iz gornjeg omotača, što znači iz relativno dubokih izvora, te je u procesu odvajanja fluidne faze i njenog uzajamnog dejstva na okolne stene, došlo do manje frakcionizacije izotopa sumpora, i njegovog obogaćenja sa teškim izotopom S^{34}. Procesi metamorfizma i izmena stena, kada je reč o ultrabazičnim i bazičnim stenama, razvijaju se pod dejstvom tokova fluida, koji pored drugih komponenata sadrže i jedinjenja sumpora sa povišenim sadržajem izotopa S^{34}. Ovo dalje znači, da pomenuto obogaćenje teškim izotopima S^{34} može biti vezano samo za tokove lako isparljivih komponenti juvenilnog porekla, koje u uslovima srednje-okeanskih grebena mogu nastati kao rezultat degazacije gornjeg omotača ili pri hlađenju dubinskih ognjišta bazaltne magme.

Tab. 5
Varijacija δS^{34} u piritu i halkopiritu rudnog polja Radanovci — Taor.
Table 5
δS^{34} variations in pyrite and chalcopyrite of Radanovci-Taor ore field.

REDNI BROJ	LOKALNOST	VARIJACIJA δS^{34} /‰/	OPSEG /‰/	SREDNJA VREDNOST /‰/
1	LEŽIŠTE LAJKOVAČA	+3.71 do +8.58	4.87	+ 5.441
2	BELI POTOK	+3.46 do +7.77	4.31	+ 6.128
3	REČICA	+4.39 do +6.90	2.51	+ 5.521
4	MARKOV POTOK	+4.34 do +5.52	1.18	+ 4.878
5	GOVEDA GLAVA	+4.02 do +5.99	1.97	+ 5.362
6	RUD.POLJE RADANOVCI-TAOR	+3.46 do +8.58	5.12	+ 5.468

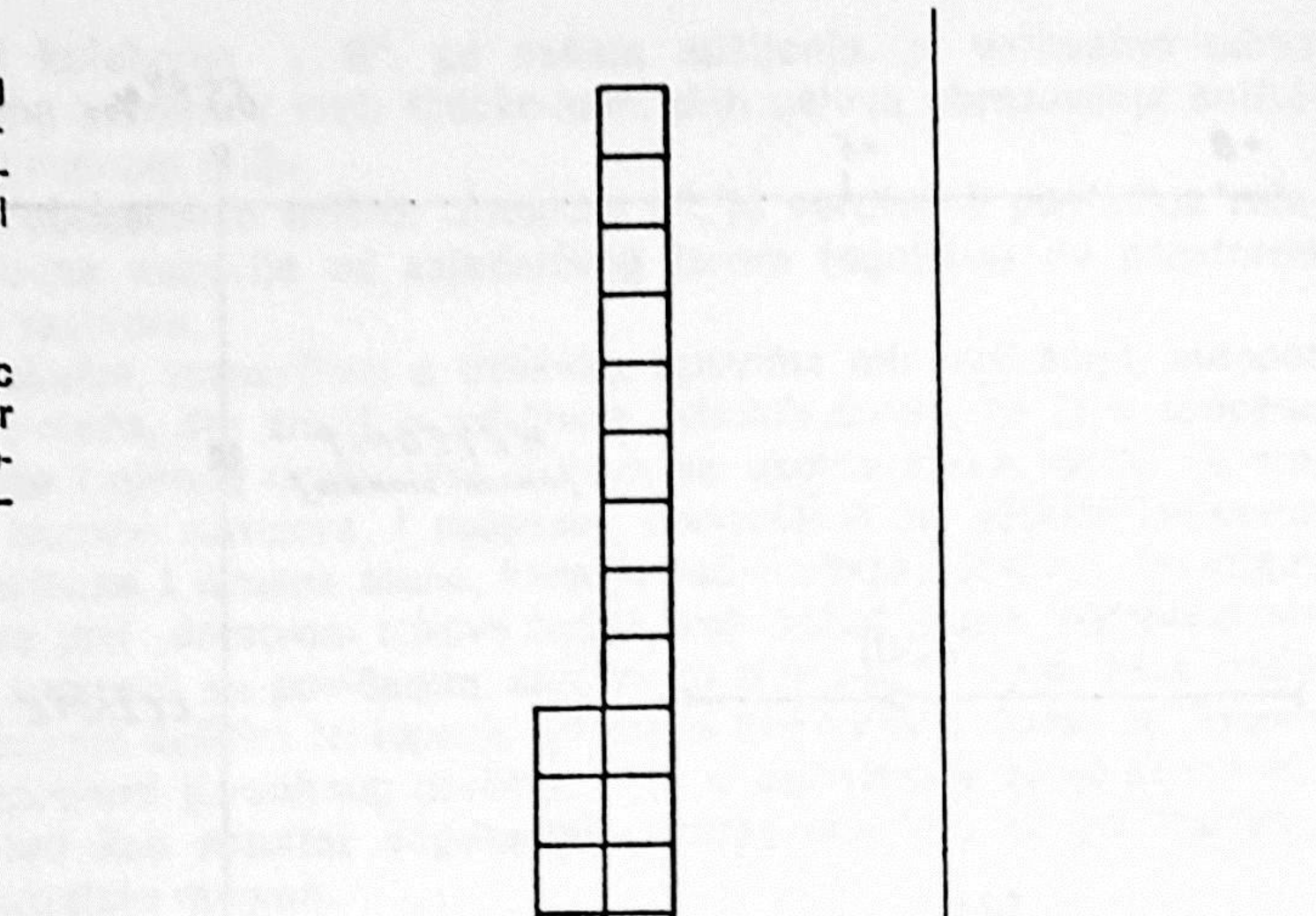


Sl. 35.
Izotopni sastav sumpora u piritu i halkopiritu rudnog polja Radanovci — Taor.

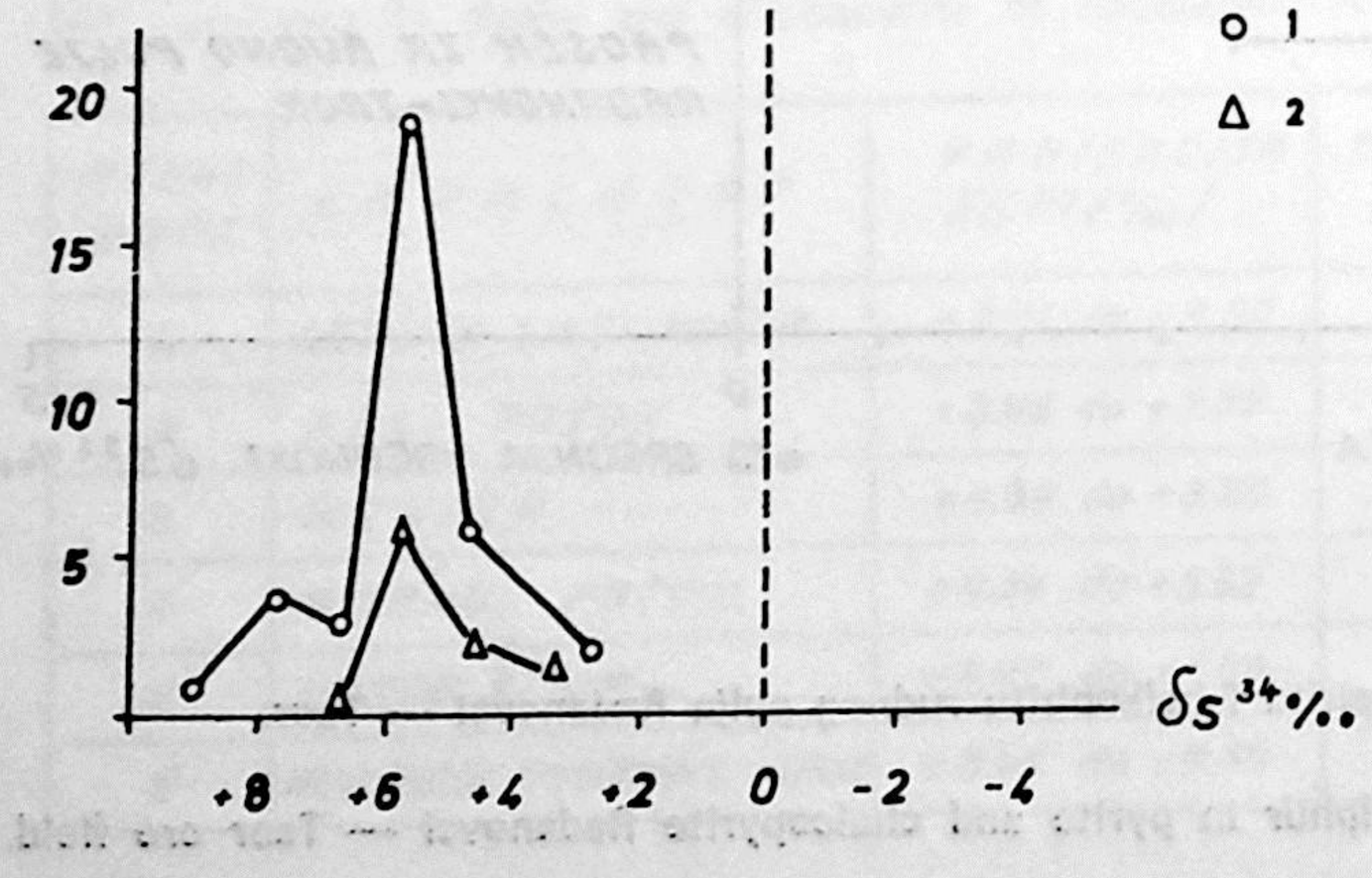
Fig. 35.
Isotopic composition of sulphur in pyrite and chalcopyrite Radanovci — Taor ore field.

Sl. 36.
Histogram izotopnog sastava sumpora iz pirita i halkopirita rudnog polja Radanovci — Taor.

Fig. 36.
Histogram of isotopic composition of sulphur in pyrite and chalcopyrite, Radanovci — Taor ore field.



Raspodela izotopnih odnosa sumpora sulfidnih minerala u okviru rudnih pojava i ležišta rudnog polja Radanovci-Taor, koju smo prikazali na sl. 37., ukazuje na isto poreklo pirita i halkopirita, odnosno, kada se uzmu u obzir prethodno komentarisane činjenice i pretpostavke, na njihovo hidrotermalno poreklo.



○ 1
△ 2

Sl. 37.
Raspodela izotopnih odnosa sumpora u sulfidnim mineralima rudnog polja Radanovci—Taor.
1. Pirit, 2. Halkopirit.

Fig. 37.
Distribution of isotopic composition of sulphur in sulphide minerals, Radanovci — Taor ore field.
1. Pyrite, 2. Chalcopyrite.

REDNI BROJ	LOKALNOST	VARIJACIJA δS^{34} (‰)	OPSEG (‰)	SREDNJA VREDNOST (‰)
1	TOLIŠNICA	+4,64 do +7,12	2,48	+5,696
2	STANČA	-2,23 do +34,43	36,66	+6,293

Tab. 6
Varijacije σ S^{34} u piritu i halkopiritu rudnih zona na planini Čemernɔ.
Table 6
σS^{34} variations in pyrite and chalcopyrite of Radanovci — Taor ore field.

Izvršenim masenospektrometrijskim analizama na lokalnosti Tolišnica, je konstatovano da se varijacije σ S^{34} kreću od +4,64 do + 7,12‰ (sl. 38, tabela 5.), gde raspon iznosi 2,48‰, a srednja vrednost σ S^{34} + 5,696‰.

Na osnovu dobijenih rezultata nameće se utisak da kolebanja vrednosti S^{34} pokazuju veoma slične karakteristike, kao i u prethodnom izlaganju za razmatrane rudne pojave i ležišta bakra u okviru rudnog polja Radanovci-Taor.

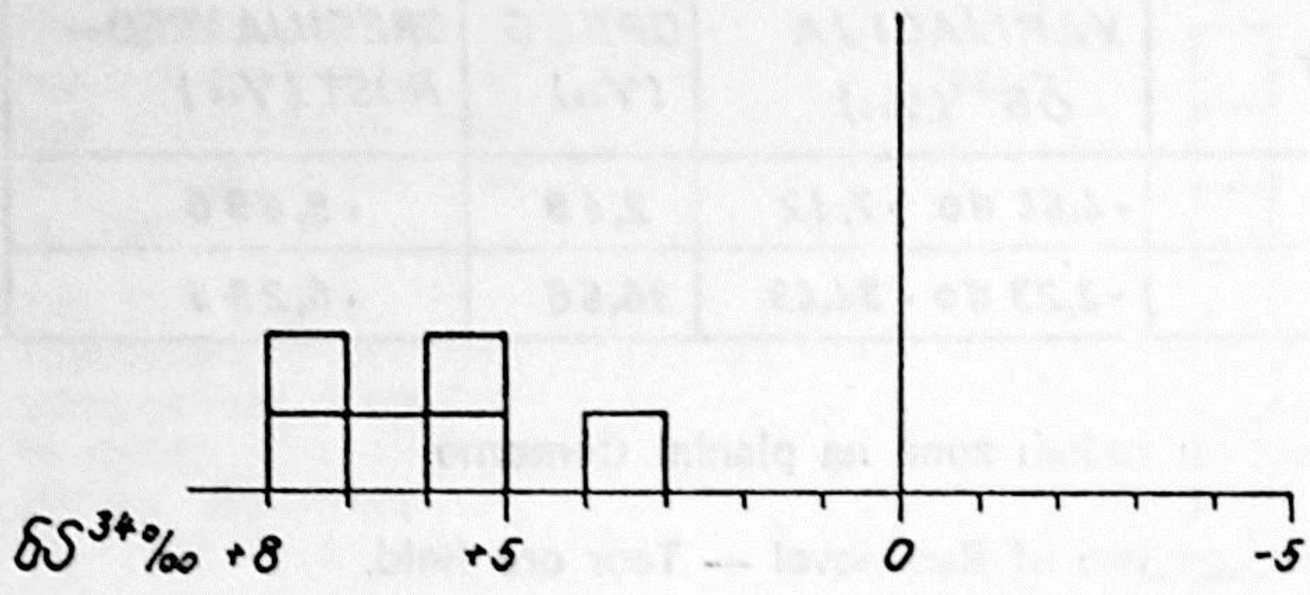
Na lokalnosti Stanča, prema dobijenim rezultatima masenospektrometrijskih merenja, konstatovano je da se varijacije σ S^{34} kreću u relativno širokom dijapazonu, u odnosu na sva ostala ležišta i rudne pojave bakra, koje smo razmatrali u toku dosadašnjeg izlaganja. Naime, u ovom slučaju varijacije σ S^{34} variraju od — 2,23 do + 34,43‰ (tabela 5., sl. 39.), gde opseg (raspon) iznosi +36,66, a srednja vrednost σ S^{34} je + 6,293‰.

Na osnovu detaljne analize dobijenih rezultata, jasno se uočava da ovako širok dijapazon varijacije σ S^{34}, verovatno potiče od piritskih koncentrata uzetih iz listvenita (gde se ekstremne vrednosti S^{34} kreću od + 0,64 do — 2,23‰ i + 34,43) i da su verovatno uslovljene razlikama u parcijalnim pritiscima, prisustvom kiseonika i određenih vrednosti pH u vreme nastanka pirita u okviru ovih stena, ili se možda radi o nekim drugim uzrocima.

Međutim, ako analiziramo samo izotopni sastav sulfida uzetih isključivo iz mineralizovane i orudnjene zone dijabaznog sastava, nalazimo da je gotovo identičan sa izotopnim sastavom svih do sada opisanih pojava u okviru ovog rada. Naime, varijacije σ S^{34} u tom slučaju variraju u relativno uskom dijapazonu od + 3,38 do + 6,40‰, gde opseg (raspon) iznosi 3,02‰, a srednja vrednost + 5,418‰.

U cilju šireg sagledavanja naših rezultata, kao i njihove komparacije sa izotopnim sastavom sumpora piritsko-bakronosnih ležišta u različitim oblastima sveta, na sl. 40. prikazali smo podatke za ukupno 7 grupa ležišta koje su detaljno obradili В. А. и Л. Н. Гриненко (1974.). Pri tome smo imali u vidu činjenicu da se neka od ovih ležišta razlikuju u pogledu genetskog tipa, starosti, geoloških uslova lokalizacije, mineralnog sastava rude i stepena metamorfizma. Prema prezentiranim podacima ne uočavaju se bitne razlike kako sa stanovišta veličine odnosa izotopa sumpora, tako i prema karakteru njihove varijacije.

Prema sl. 40., najveći deo piritsko-bakronosnih ležišta odlikuje se tendencijom povećanja teškim izotopom S^{34}. Izuzetak u tom pogledu, predstavljaju izvesna prekambrijska ležišta u Kareliji i Švedskoj, kao i manji broj ležišta pomenutog tipa u SSSR (Kavkaz, Altaj, Ural), koja se karakterišu povećanim sadržajem lakog izotopa S^{32}.

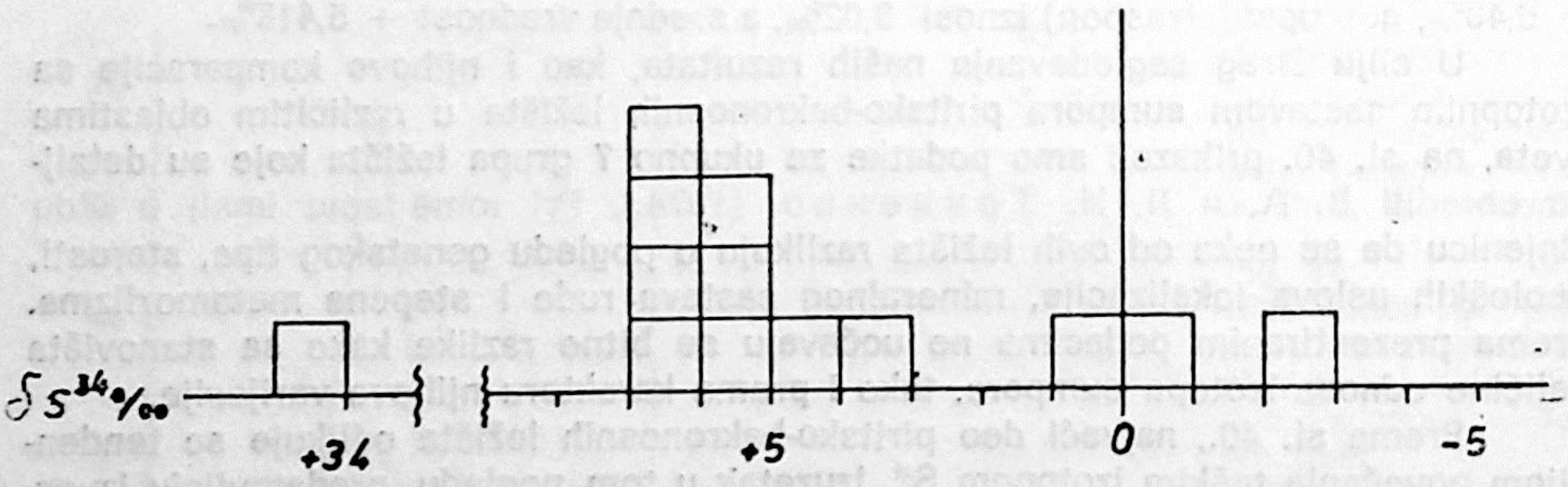


Sl. 38.
Histogram izotopnog sastava sumpora iz pirita i halkopirita (ležišta bakra Tolišnica).
Fig. 38.
Histogram of isotopic composition of sulphur in pyrite and chalcopyrite, Tolišnica ore deposit.

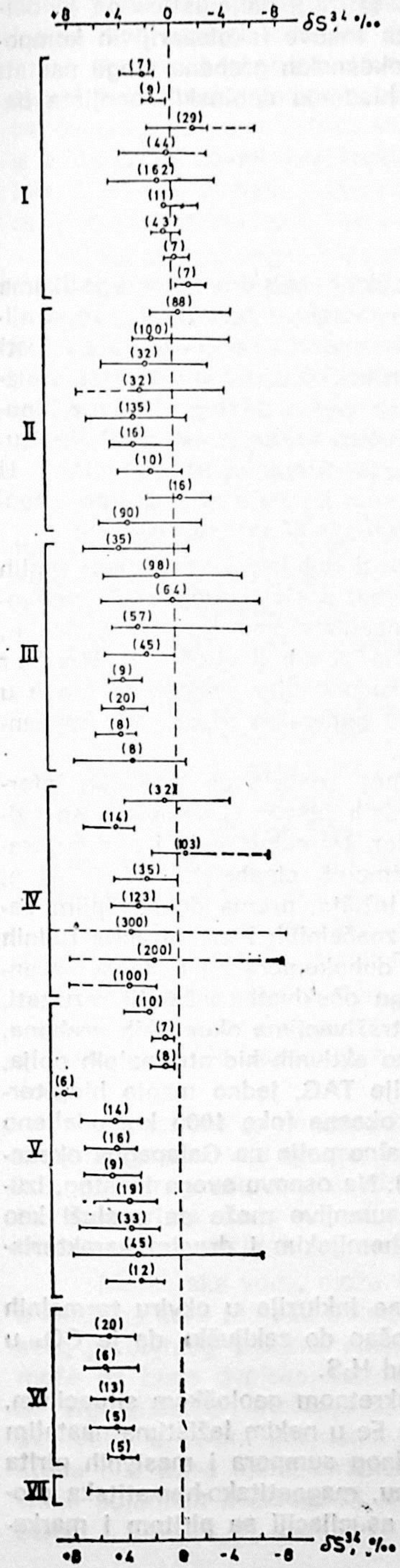
Za nas je naročito interesantna izrazita sličnost sa aspekta izotopnog sastava sumpora, koja se u okviru prikazane sl. 40., odnosi na VI i VII grupu piritsko-bakronosnih ležišta Zapadne Srbije i Kipra. Ležišta ovih grupa, kao i daleko najveći broj ležišta iz I, II, III i IV grupe, kod kojih je konstatovana tendencija porasta sadržaja teškog izotopa sumpora S^{34}, upućuju na predpostavku da je obrazovanje rudne komponente vršeno u karakterističnim uslovima, gde se parcijalni pritisak kiseonika nije povećavao u završnoj fazi obaranja sulfida.

Znači, daleko najveći deo piritsko-bakronosnih ležišta sveta, karakteriše se jednorodnim, homogenim sastavom izotopnog sumpora, koji nesumnjivo ukazuje na dubinski, visokotemperaturni izvor sumpora, odnosno na njegovo magmatsko poreklo. Uzak dijapazon varijacije izotopnog sastava sumpora (vrednosti δS^{34} relativno bliske meteoritskom sadržaju izotopnog sumpora), ukazuje da je verovatno osnovni izvor sumpora, za najveći broj ležišta ovog tipa u svetu, bio genetski jedinstven i da najverovatnije potiče iz gornjeg omotača.

U prilog ovoj pretpostavci svakako idu rezultati savremenih ispitivanja izotopnog sastava sumpora ultrabazita i bazita iz različitih predela svetskih okeana, koji po nizu pokazatelja, kako to ističu В. А. і Л. Н. Гриненко (1974.), očigledno vodi poreklo iz gornjeg omotača kod obe vrste stena. Naime, izotopni sumpor u ovim stenama karakteriše se vrednostima S^{34} bliskim meteoritskom nivou. Ovo nesumnjivo ukazuje na relativno jednorodni izotopni sastav sumpora i na odsustvo značajnijeg frakcionisanja njegovih izotopa u procesu diferencijacije materije gornjeg omotača ispod srednje okeanskih grebena.



Sl. 39.
Histogram izotopnog sastava sumpora iz pirita i halkopirita ležišta bakra Stanča.
Fig. 39.
Histogram of isotopic composition of sulphur in pyrite and chalcopyrite, Stanča ore deposit.



LEGENDA:

(7) BROJ ANALIZA

• SREDNJA VREDNOST δS^{34} ‰

——— VARIJACIJA δS^{34} ‰

I. LEŽIŠTA PREKAMBRIJSKE STAROSTI

II. LEŽIŠTA URALA

III. LEŽIŠTA ALTAJA

IV. LEŽIŠTA KAVKAZA

V. LEŽIŠTA JAPANA

VI. LEŽIŠTE LAJKOVAČA SA RUDNIM POJAVAMA U DIJABAZIMA ZAPADNE I JUGO-ZAPADNE SRBIJE

VII. LEŽIŠTA KIPRA

Sl. 40.
Izotopni sastav sumpora iz piritskih ležišta različitih oblasti u svetu.
Fig. 40.
Isotopic composition of sulphur in different pyrite deposits in the world.

U vezi s tim, В. А. и Л. Н. Гриненко (1974.), dalje ističu da je očigledno da takav prinos može biti vezan samo za tokove lakolsparljivih komponenti juvenilnog porekla, koji u uslovima srednjeokeanskih grebena mogu nastati kao rezultat degazacije gornjeg omotača ili pri hlađenju dubinskih ognjišta bazaltne magme.

Fizičko-hemijska svojstva hidrotermalnih rastvora i mehanizam prenosa rudnih metala

Geološka literatura obiluje podacima o fizičko-hemijskim karakteristikama hidrotermalnih rastvora i formama prenosa rudnih metala u njima, iako se o njihovoj prirodi kako u trenutku nastanka, tako i u toku evolucije, može zaključivati samo posrednim putem, odnosno izučavanjem propratnih pojava koje su proizvod njihovog dejstva duž trasa cirkulacije. U tom pogledu, postoji čitav niz hipoteza i predpostavki, koje su se ranije gotovo isključivo oslanjale na rezultate izučavanja odnosa između rudnih minerala i produkata alteracija okolnih stena. U novije vreme, međutim, ova zaključivanja sve se više baziraju na izučavanju tečno-gasnih inkluzija i termalnih izvora u oblasti ugašenih ili aktivnih vulkana.

Prema Rodru (Roedder, 1967.), podaci dobijeni izučavanjem toplih izvora i gasno-tečnih inkluzija, pokazuju promenljivost sastava rudonosnih rastvora, u kojima dominira NaCl, praćen povećanim koncentracijama $K+$, $Ca^{2}+$, $Mg^{2}+$, i SO_4. Na osnovu niskog sadržaja sulfida u gasno-tečnim inkluzijama Roder (1967.), zaključuje da se koncentracija metala u rudonosnim rastvorima kreće u granicama od 1 do 100 mg/l. Sadržaj sumpora je generalno nizak, dok koncentracije rastvorenih soli variraju između 10 i 15‰.

Termalni izvori, i pored svog vrlo naglašenog značaja po mogućim informacijama u pogledu zaključivanja o karakteru rudnih rastvora, ne mogu se uzimati kao potpuno pouzdani izvori u tom smislu. Jer, termalne vode i ako su praćene brojnim pojavama mineralizacije (pirit, antimonit, cinabarit, sulfidi bakra, kalcit i kvarc), karakteristične za hidrotermalna ležišta, prema dosadašnjim saznanjima, nisu dovele do obrazovanja ekonomski značajnijih koncentracija rudnih metala, mada poslednja otkrića u okviru projekta dubokomorskog bušenja okeanskih grebena, ukazuju da se i u tom pogledu mogu očekivati značajniji rezultati. Naime, dubokomorskim bušenjem i geofizičkim istraživanjima okeanskih grebena, prema Roni (1977.), do sada je utvrđeno nekoliko aktivnih hidrotermalnih polja, kao što su: basen Crvenog mora, Geofizičko polje TAG, jedno manje hidrotermalno ležište duž okeanskog grebena Atlanskog okeana (oko 1000 km udaljeno od TAG hidrotermalnog polja) i aktivno hidrotermalno polje na Galapagos okeanskom grebenu (istočni deo ekvatorijalnog Pacifika). Na osnovu svega iznetog, izučavanje termalnih izvora, uz izvesne rezerve, nesumnjivo može da posluži kao solidna baza, pri donošenju zaključaka o fizičko-hemijskim i drugim karakteristikama rudnih rastvora.

Barton (Barton, 1957.) ispitujući fluidne inkluzije u okviru termalnih voda u oblasti aktivnih i ugašenih vulkana, je došao do zaključka da je CO_2 u rudonosnim rastvorima 1 do 3 puta zastupljeniji od H_2S.

Ovo je na neki način u suprotnosti sa konkretnom geološkom situacijom, koja nesumnjivo ukazuje na povećane sadržaje S i Fe u nekim ležištima nastalim kao posledica vulkanske aktivnosti (ležišta prirodnog sumpora i masivnih pirita formirana na padinama još živih vulkana u Japanu, magnetitsko-hematitska otopina u El Laco, Severni Čile, ležišta sumpora u asocijaciji sa piritom i marka-

sitom u Almeriji, Španija i druga). U vezi s tim, ističemo da su ležišta sumpora i prostrane oblasti sulfatara u Japanu, praktično vezane za zone bazičnih stena.

Konstantinou (Constantinou, 1974.) ističe, da prema ekstenzivnoj sulfidizaciji gvožđa u okviru mineralizovanih bazičnih pilou lava, kao i na osnovu sulfidnih žica u zoni štokverka i velikih akumulacija masivne sulfidne rude u ofiolitskom kompleksu Trodosa, može se pouzdano zaključiti da je koncentracija S i Fe, u rudnim rastvorima bila mnogo veća, nego što to pokazuju eksperimenti sa ispitivanjem gasno-tečnih inkluzija.

Na osnovu toga, Konstantinou (1974.), postavlja pitanje da li sulfid jon i metal jon, putuju zajedno ili u odvojenim rastvorima, a istovremeno daje i odgovor u smislu, da se kompleksiranje oba vodena rastvora u sistemu S-O-H. Cl-N-C, mora uzeti kao najprihvatljiviji mehanizam transporta rudnih metala. Kompleksi koji omogućavaju transport, moraju biti stabilni u prisustvu dovoljne koncentracije sulfida. U vezi s tim, Krauskop (Krauskoph, 1967.), smatra da je najčešći prenosilac rudnih metala, na srednjim i nižim temperaturama, neutralni ili približno neutralni rastvor jona hlorida sa dosta H_2S.

Spuner i Braj (Spooner and Bray, 1977.) su na osnovu temperatura homogenizacije tečnih inkluzija, konstatovali da je temperatura stvaranja štokverkne mineralizacije u okviru piritsko-bakronosnih ležišta u pilou lavama ofiolitskog kompleksa Trodos na Kipru, bila 300—350°C.

Na osnovu iznetih podataka, koji se baziraju na izučavanju raznih posrednih obeležja, koja mogu da ukažu na karakter rudonosnih hidrotermalnih rastvora iz kojih su nastala piritsko-bakronosna ležišta i mineralizacija u dijabaz-rožnačkoj formaciji Podrinjsko-polimskog regiona, može se generalno zaključiti da su u pitanju kompleksni vodeni rastvori sa visokim koncentracijama hlorida. Na, znatno manje K, relativno niskim učešćem Ca, promenljivom količinom CO_2, karbonata, bikarbonata i sulfatnih jona. Udeo sulfida je uglavnom nizak, kao i sadržaj rudnih metala (najčešće 1 do 100 mg/l, ponekad 1000 mg/l — prema podacima ispitivanja gasno-tečnih inkluzija).

Sastav hidrotermalnih rastvora međutim, nije stalan, već se menja od mesta obrazovanja do mesta odlaganja rudnih metala.

Promenljivost hidrotermalnih rastvora i njihova diferencijacija, bez obzira na poreklo rudnih metala, uslovljeni su sa više faktora kao što su: temperatura, pritisak, pH, Eh, rastvorljivost i stepen koncentracije pojedinih komponenti i drugi.

S obzirom da sa aspekta geneze hidrotermalnih rudonosnih rastvora, voda u njima predstavlja glavnu komponentu, smatramo da pitanje meteorske vode koja količinski dominira u odnosu na sve ostale vode drugog porekla prisutne u tim rastvorima, kada se radi o koncentrisanju i prenosu rudnih metala i fizičko-hemijskim obeležjima rudonosnih rastvora, zaslužuje posebnu pažnju.

Meteorska voda, može sa površine terena da prodre do značajnijih dubina u zemljinu koru (do oko 6 km) i da na tom putu pretrpi vidne promene u pogledu svog prvobitnog sastava. Njena uloga u procesu stvaranja hidrotermalnih ležišta može da bude dvojaka, odnosno može da se javi kao nosilac rudnih metala ili da vrši uticaj pri mešanju sa drugim rudonosnim rastvorima. Zagrejana meteorska voda u većim dubinama može da postane hemijski aktivna delovanjem na stene duž trasa njene cirkulacije. Delovanjem na okolne stene, dolazi do izluživanja pojedinih komponenti, odnosno do njihovog prevođenja u hidrotermalni rastvor.

U poslednje vreme, pri razmatranju geneze piritsko-bakronosnih ležišta u bazičnim vulkanogeno-sedimentnim formacijama ofiolitskih kompleksa, sve veći broj autora (Sillitoe, 1972.; Rona, 1977.; Spooner, 1977.; Chapman and Spooner, 1977. i drugi), ulozi meteorske (morske) vode u okviru hidrotermalnih rundonosnih rastvora, daje poseban značaj.

Prema izotopnim analizama, u do sada izučavanim oblastima, svega 5—10‰ na površinu dospelih termalnih voda je magmatogenog porekla, a ostatak je uglavnom meteorska voda. Sastav ovih voda u domenu savremenih vulkana je promenljiv, ali obično preovlađuju vode natrijum hloridnog sastava. U vezi s tim, interesantni su rezultati ispitivanja tečnih inkluzija u sulfidnim mineralima nekih ležišta bakra, koje su izvršili Hvajt (White, 1968.) i Šepard (Sheppard, Nielsen i Taylor, 1969.). Ovi autori, su utvrdili da se O^{16}/O^{18} i H^2/H^1 odnosi u inkluzijama bitno ne razlikuju od odnosa ovih izotopa u vodi na zemljinoj površini, što nesumnjivo potvrđuje shvatanje da je daleko najveći deo vode, koja čini sastavni deo hidrotermalnih rastvora, površinskog (meteorskog) porekla.

Dalja ispitivanja koja potvrđuju ovo shvatanje, izvršio je Spuner (Spooner, 1977.) na sulfidima iz piritsko-bakronosnih ležišta ofiolitskog kompleksa Trodos na Kipru. Upoređenjem Sr^{87}/Sr^{86} odnosa u sulfidnim mineralima, Spuner je došao do zaključka da je morska voda igrala veliku ulogu u okviru hidrotermalne aktivnosti, odnosno stvaranja sulfidnog orudnjenja. Prema ovim ispitivanjima, da bi se dobio sadašnji odnos izotopa stroncijuma u sulfidima ofiolsitkog kompleksa Trodos, bilo je neophodno, da najmanje 15 puta veća zapremina morske vode, u odnosu na zapreminu ofiolita, učestvuje u ovim inter reakcijama. Neosporno je takođe, da su se ove interreakcije događale unutar jednog sistema povratnog toka, odnosno konvekcione ćelije. Sasvim je jasno da je razmena fluida koji su se nalazili u stenama, bila znatno veća od pomenutih odnosa ukupnih količina morske vode i stena. Prema kalkulaciji Spunera i ostalih autora (1977.), fluid u porama je izmenjen približno 10^5 puta u toku procesa hidrotermalnog metamorfizma.

Ustvari, rezultati koje je dobio Spuner (1977.), samo potvrđuju shvatanje Silitoa (Sillitoe, 1972.) koji ističe, da meteorsko-hidrotermalni sistem predstavlja ogromnu ćeliju u okviru koga postoji strujanje, gde podzemne vode (od kiše, snega ili morska voda) mogu da prodiru kroz kanale i rupture na dubinu do oko 3—6 km zemljine kore.

Rona (Rona, 1977.), u vezi s tim, smatra da sistem hidrotermalne konvekcije ispod morskog dna, u okviru koga morska voda cirkuliše kroz okeansku koru i gornji omotač pod dejstvom vulkanskih toplotnih izvora, vrši koncentraciju rudnih metala duž divergentnih granica ploča, tako što hladna i gusta morska voda prodire u pukotine novonastalog bazalta, zagreva se vrućim vulkanskim stenama u dubini, penje se natrag prema površini usled smanjene gustine, rastvara rudne metale u bazaltu, prenosi ih kao hloridne komplekse i odlaže za vreme kretanja kroz hemijske i fizičke gradijente.

Genetski model piritsko-bakronosnih ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne i Jugozapadne Srbije

Ako bismo kod tumačenja geneze ovih ležišta, pošli samo od dobijenih rezultata ispitivanja izotopnog sumpora, gde se, kao što smo istakli, obogaćene teškim izotopom S^{34}, kreće od + 3,46 do + 8,48‰ (srednja vrednost od + 5,21‰), što se podudara sa srednjim odnosima S^{32}/S^{34} u sulfidima hidrotermalnih ležišta

(Ault and Kulp, 1959; Jensen, 1971.), došli bismo do relativno jednostavnog genetskog modela. Naime, ovaj model bi polazio od predpostavke da su sve komponente, koje su učestvovale u stvaranju piritsko-bakronosnih ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne i Jugozapadne Srbije, uključujući i H_2O, poreklom iz gornjeg omotača. U tom slučaju, moglo bi se predpostaviti da su ova ležišta nastala diferencijacijom magmi iz gornjeg omotača, a da je obogaćenje teškim izotopom sumpora produkat selektivnog gubitka mobilnijeg lakšeg izotopa u toku gasne faze mineralnih procesa (kao SO_2 i H_2S). Međutim, ovakav model bi bio u oštroj suprotnosti sa brojnim najsavremenijim podacima, koji ukazuju na veliko učešće H_2O komponente nemagmatskog porekla odnosno morske vode, u formiranju hidrotermalnih rudonosnih rastvora.

Stoga smo generalne principe Spunerovog modela (Spooner, 1977.), koji ulozi morske vode u okviru hidrotermalnih rudonosnih rastvora, iz kojih su nastala piritsko-bakronosna ležišta u pilou lavama ofiolitskog kompleksa Trodos na Kipru, pridaje veliki značaj, uzeli kao osnovu za objašnjenje naših shvatanja o genezi piritsko-bakronosnih ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji u nas.

Prema Spuneru (1977.), okeanski greben predstavlja relativno usku, jasno definisanu zonu, duž koje postoji markantno izražen termalni diferencijal i snažno uzlazno konvekciono kretanje materijala iz gornjeg omotača prema površini. U vezi s tim, Rona (1977.) ističe, da na hidrotermalnu konvekciju otpada približno 80‰ od 2.10^{12} cal/sec gubitaka toplote usled hlađenja litosfere duž divergentnih granica ploča, a preostalih 20% gubi se termalnom provodljivošću.

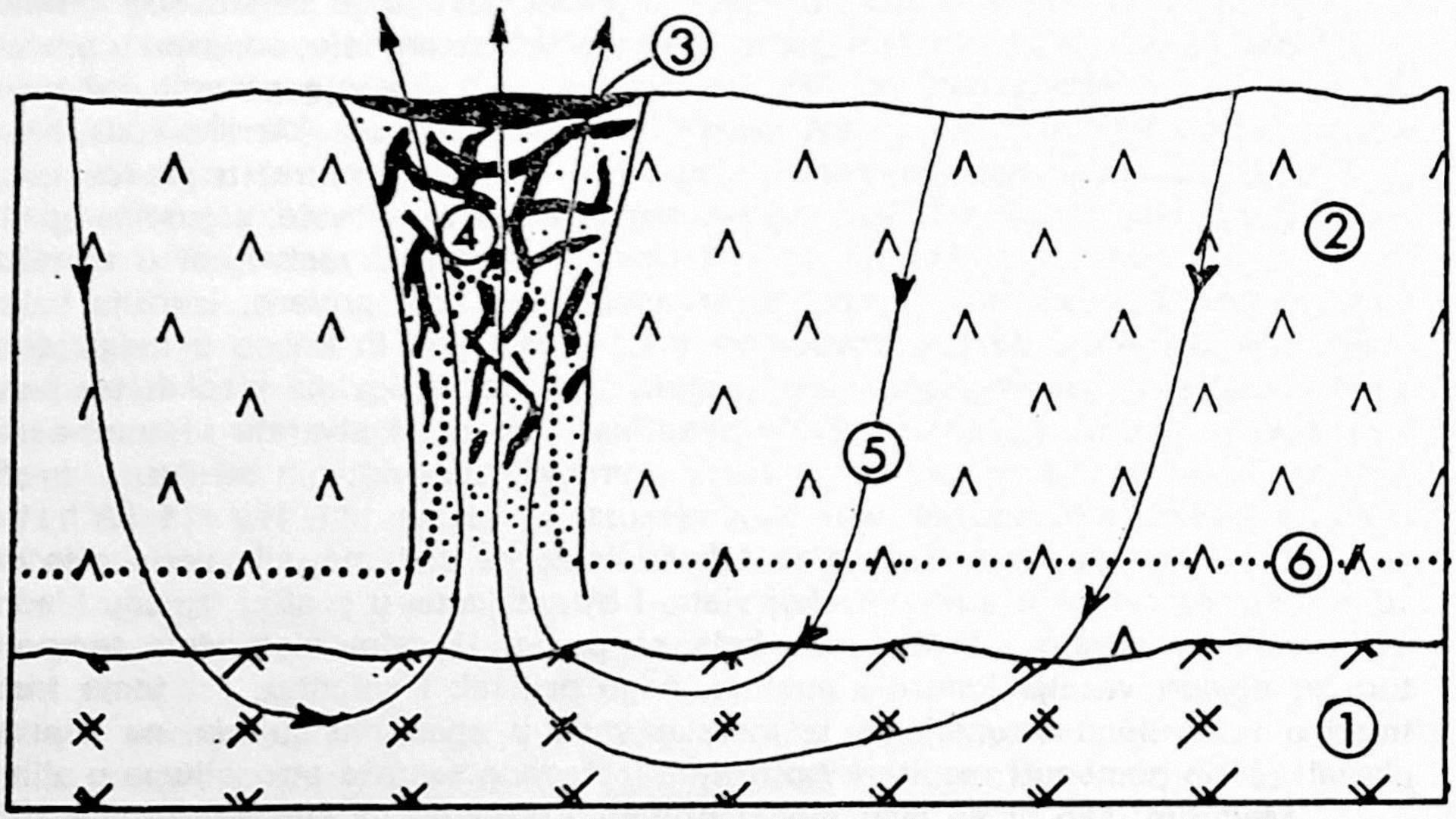
Ovako stvorena konvekciona ćelija zahteva postojanje negativnog termalnog fluksa i kretanje jednog dela materijala sa površine na dole, odnosno u pravcu magmatskog ognjišta unutar okeanskog grebena. Ovo kretanje se vrši duž mnogobrojnih tenzionih pukotina sa obe strane okeanskog grebena. Morska voda, hladna i relativno velike gustine, prodire kroz te pukotine (rupture) u pravcu magmatskog ognjišta. Sa povećanjem dubine, temperatura vode raste, a gustina opada suprotno povećanju pritiska. Pri tome hloridi i drugi joni rastvoreni u morskoj vodi, stupaju u hemijske reakcije sa stenama kroz koje prolaze, izlužuju bakar i ostale prateće metale i u povećanim koncentracijama ih unose u magmatsko ognjište. Hloridni rastvori postaju sve agresivniji pod uslovima visokih temperatura (600 — 700°C) i pritisaka (više desetina kilobara) i stvaraju hidrotermalne rastvore, koji se duž okeanskih grebena i pratećih disjuktivnih struktura, kreću prema površini, odnosno ka dnu okeana-mora. U vezi s tim, Hvajt (White, 1968.) je ukazao na činjenicu, da za tekuće toplotne sisteme, sila potiska je povezana sa: a) razlikom u nadmorskoj visini i b) razlikama u gustini između hladne vode koja se spušta i tople vode koja se penje. U ovim sistemima temperatura je mnogo važnija kontrola gustine, nego pritisak i salinitet. Pri tome treba imati u vidu ulogu stroncijuma iz morske vode u stvaranju sulfida, na koju su ukazali ranije pomenuti rezultati ispitivanja izotopnog sastava stroncijuma u njima.

Međutim, ako bi se ovaj model primenio direktno na odnose izotopa sumpora u sulfidima iz dijabaza Zapadne i Jugozapadne Srbije (Putnik i Purić, 1978.), javljaju se izvesna neslaganja.Naime ako su sulfati iz morske vode učestvovali u istom stepenu kao i stroncijum iz nje, mešanjem sa sumporom iz gornjeg omotača ne bi mogao da se dobije srednji odnos od + 5,21, već bi trebalo da se pokaže obogaćenje u lakšem izotopu, odnosno negativna vrednost. Prema radovima Toda i drugih (Thode, Monster i Dunford, 1961.), odnos izotopa sumpora u morskoj vodi je vrlo konstantan i iznosi — 20,3‰ u odnosu na Canyon Diablo standard. Prema tome, odnos u sulfidima trebao bi da ima vrednost od približno — 4 do — 10‰.

Objašnjenje za ovakva neslaganja je relativno jednostavno. Izotopi stroncijuma, pošto nisu poznata gasna jedinjenja stroncijuma, mogu da se kreću samo u tečnoj fazi u toku hidrotermalne aktivnosti. Najveći deo sumpora, u obliku H_2S i, manjim delom, kao SO_2, učestvuje upravo u gasnoj fazi. Izotopska frakcionacija u tečnoj fazi, premda se javlja, zanemarljivo je mala u odnosu na izotopsku frakcionaciju u gasnoj fazi. Izotopi stroncijuma, pošto su vezani za tečnu fazu, vrlo malo menjaju svoj odnos prilikom kretanja od magmatske komore prema površini, za razliku od izotopa sumpora, kod kojih dolazi do snažne izotopske frakcionacije. Vodonik sulfid sa atomom lakšeg izotopa S^{32} je znatno mobilniji u odnosu na vodonik sulfid sa težim izotopom S^{34}. Rezultat ovoga procesa je znatno brže kretanje prema površini molekula H_2S sa lakšim izotopom S^{32}, koji najčešće u obliku fumarola odlaze u marinsku sredinu. Ispitivanja vršena batiskafom »Alvin« (Corliss i Ballard, 1978.) utvrdila su postojanje velikog broja fumarola, koje stalno izbacuju H_2S i SO_2, duž pukotina u blizini Atlanskog grebena.

Kretanje izotopa sumpora unutar konvekcione ćelije može da se objasni sledećim modelom.

Inicijalni odnos izotopa sumpora u stepenu gornjeg omotača identičan je sa odnosom u troilitskoj fazi Canyon Diablo meteorita; sulfati u morskoj vodi pokazuju znatno obogaćenje u lakšem izotopu, odnosno smanjenje količine težeg izotopa za — 20,3‰ u odnosu na Canyon Diablo standard (Thode, Monster i Dunford, 1961.). Difuzijom morske vode kroz sistem tenzionih pukotina u blizini okeanskog grebena (sl. 41.) dolazi do unošenja sulfatnih rastvora sa lak-



Sl. 41.
Shematski dijagram hidrotermalne konvekcije i kretanja masa u okviru dijabaz-rožnačke formacije Podrinjsko-polimskog regiona, prema osnovnim idejama Spunera i drugih autora (Spooner, Chapman and Smewing, 1977).
1. Gabro, 2. Dijabaz, 3. Masivno-sulfidna ruda, 4. Štokverk-impregnaciona ruda, 5. Linije kretanja hidrotermalne konvekcije, 6. Oblik izoterme nastale konvekcijom.
Fig. 41.
A schematic presentation of hydrothermal convection and mass transpot in Diabase-Chert Formation of Podrinje-Polimlje area, according to ideas presented by Spooner, Chappman and Smewing (1977).
1. Gabbro, 2. Diabase, 3. Massive sulphide ore, 4. Stockwork-impregnation ore, 5. Lines of movement of hydrothermal convection, 6. Shape of isotherm formed by convection.

šim izotopima sumpora u magmatsko ognjište. Pod uslovima visoke temperature i pritiska, najveći deo sumpora prelazi u gasove H_2S i SO_2, koji se preko izlaznog dela konvenkcione ćelije kreću prema površini. Usled veće mobilnosti gasnih molekula sa lakšim izotopom sumpora, oni će se znatno brže kretati prema površini u odnosu na gasne molekule sa težim izotopom. Usled veće mobilnosti, molekuli sa lakšim izotopom sumpora manje će učestvovati u hemijskim reakcijama i stvaranju sulfidnih minerala u odnosu na molekule sa težim izotopom, koji će u većoj meri zaostajati i vezivati se za atome gvođža, bakra i drugih melata.

Rezultat ovakvog diferencijalnog kretanja predstavljaće stalan gubitak molekula H_2S i SO_2 sa lakšim izotopom sumpora i njihov odlazak, preko fumarola, u marinsku sredinu, dok će molekuli H_2S i SO_2, sa težim izotopom, u većoj meri učestvovati u stvaranju sulfidnih mineralizacija.

Navedeni proces zahvata podjednako i izotope sumpora unesene cirkulacijom morske vode kroz konvekcionalnu ćeliju, kao i izotope sumpora iz mantije.

Iz ovih ushodnih hidrotermalnih rudonosnih rastvora u zavisnosti od složenih uslova odlaganja, odnosno od strukturnih, litoloških, fizičko-hemijskih i drugih faktora, nastala su 3 osnovna, ranije razmatrana morfološka tipa piritsko-bakronosnih ležišta (impregnacioni, štokverk-impregnacioni i masivno-sulfidni tip).

Hidrotermalni rudonosni rastvori cirkulišući iz najdubljih delova konvekcoine ćelije, na početku svog uzlaznog puta prema morskom dnu, pod uslovima visokih temperatura i pritisaka, kiselog su sastava, te i ako deluju na okolne stene duž složenih sistema ruptura i pukotina, ne dolazi do bitnog prinosa materije. Ustvari, usled njihovog delovanja dolazi do pregrupacije mineralne mase vulkanskih stena, pre svega, na račun feromagnezijskih sastojaka, stvara se hlorit i kvarc. Opadanjem temperature smanjuje se kiselost rastvora, te u još uvek dubokim delovima konvekcione ćelije, odnosno u mikroprslinama i drugim šupljinama milimetarskih do mikronskih dimenzija, u slabije tektoniziranim i alterisanim stenama dijabaznog sastava, dolazi do odlaganja piritskih ili ređe piritsko-halkopiritskih impregnacija — *impregnacioni tip orudnjenja.*

Krećući se dalje ka površini, hidrotermalni rudonosni rastvori, čija kiselost sve više i više opada, u delovima konvekcione ćelije koji su relativno blizu morskog dna, intenzivnije deluju na promene okolnih stena, razaraju u potpunosti njihove fero-magnezijske mineralne komponente, pretvarajući ih u kvarc i hlorit, a jednim manjim delom usled povoljnijih uslova odlaganja (promena pH vrednosti rastvora), vrše sulfidizaciju oslobođenog gvožđa, stvarajući pri tome, disiminirani pirit u štokverk-impregnacionom orudnjenju. Mnogo više pirita i halkopirita, međutim, sa silicijom izluženom iz lave, odlaže se u vrlo razgranatom sistemu pukotina, prslina i drugih šupljina, te na taj način dolazi do formiranja *štokverk-impregnacionog morfološkog tipa orudnjenja.* U delovima terena, koji su relativno blizu površini morskog dna gde je pritisak bio najmanji, pa je zbog toga došlo do mestimično eksplozivnog vulkanizma, koji je stvorio brečizirane stene dijabaznog sastava sa velikim pukotinama, prslinama i drugim šupljinama, količina piritsko-halkopiritskog zapunjavanja, odnosno rudnog materijala je mnogo veća, a u izvesnim delovima, nekih ležišta, štokverkna ruda postepeno prelazi u masivnu sulfidnu rudu.

Izbijanjem hidrotermalnih rudnih rastvora na morsko dno ili odmah ispod dna, kao rezultat prinosa metala, silicije i sumpora, u depresijama morskog dna (obično su to fumarolski otvori, često vrlo blizu vulkanskih centara), dolazi do odlaganja *masivnih sulfidnih orudnjenja,* bez uticaja biogenih procesa. Ovo taloženje sulfida je vršeno pod naglašenim (jakim) redukcionim uslovima u depresi-

jama morskog dna, ispod nivoa cirkulacije vode bogate kiseonikom. Pri odlaganju masivno-sulfidnog orudnjenja u podinskim delovima rudnih tela, odnosno tamo gde se ona skoro po pravilu spajaju sa štokverk-impregnacionim orudnjenjem postepeno u njega prelaze) mestimično dolazi do intenzivnog metasomatskog potiskivanja okolnih stena, sa sulfidnim mineralima (ležište Rečica — fot. 3.).

Prema izvršenim eksperimentima (Бутузова, 1969.; Roberts, 1969.), došlo se do zaključka da se u ovakvim uslovima pirit vrlo brzo obara iz vodenih rastvora u kojima nema kiseonika, a kada pH ne prelazi 6. Eksperimenti su takođe pokazali da ubrzanju reakcije doprinose fero jon i disulfid jon. Ovi joni nastaju reakcijom H_2S u vodenom rastvoru sa elementarnim sumporom, koji se razvija oksidacijom H_2S sa feri jonom. Na osnovu iznetih podataka, najpovoljniji uslovi za odlaganje masivno-sulfidnih ruda, pre svega piritskih, su: slabo kisela (bez kiseonika) sredina i dovoljna količina feri jona i H_2S. Pri tome, način transporta feri jona u rastvoru, predstavlja izvesnu dilemu, jer je on stabilan u kiseloj i oksidacionoj sredini. U vezi s tim, na osnovu ranije pomenutih rezultata ispitivanja fluidnih inkluzija, današnjih aktivnih fumarola i geotermskih izvora, koji nesumnjivo pokazuju da rudni rastvori sadrže odgovarajuće količine hlorida, predpostavljamo da je feri jon transportovan kao hlorid kompleks.

Pri promeni režima odlaganja masivno-sulfidnih ruda, od uslova redukcije ka uslovima oksidacije, verovatno usled mešanja vode bogate kiseonikom u gornjim delovima depresija gde je odlagana masivna ruda, sa gustom morskom vodom iz donjeg dela, kao posledica periodičnog obnavljanja emanacija (pulzacioni karakter), došlo je do mešanja piritsko-halkopiritske masivne rude sa magnetitom ili mušketovitom, odnosno do stvaranja magnetitsko-mušketovitskih proslojaka u njoj (ležišta: Novakovača i Stanča). Znači, postanak ove magnetitsko-mušketovitske masivne rude u pojedinim ležištima dijabaz- rožnačke formacije na izučavanom području, može se objasniti povremenim promenama sastava rastvora (kiselost-bazičnost), što je uslovilo mestimično različit mineraloški sastav u okviru piritsko-halkopiritske masivne rude.

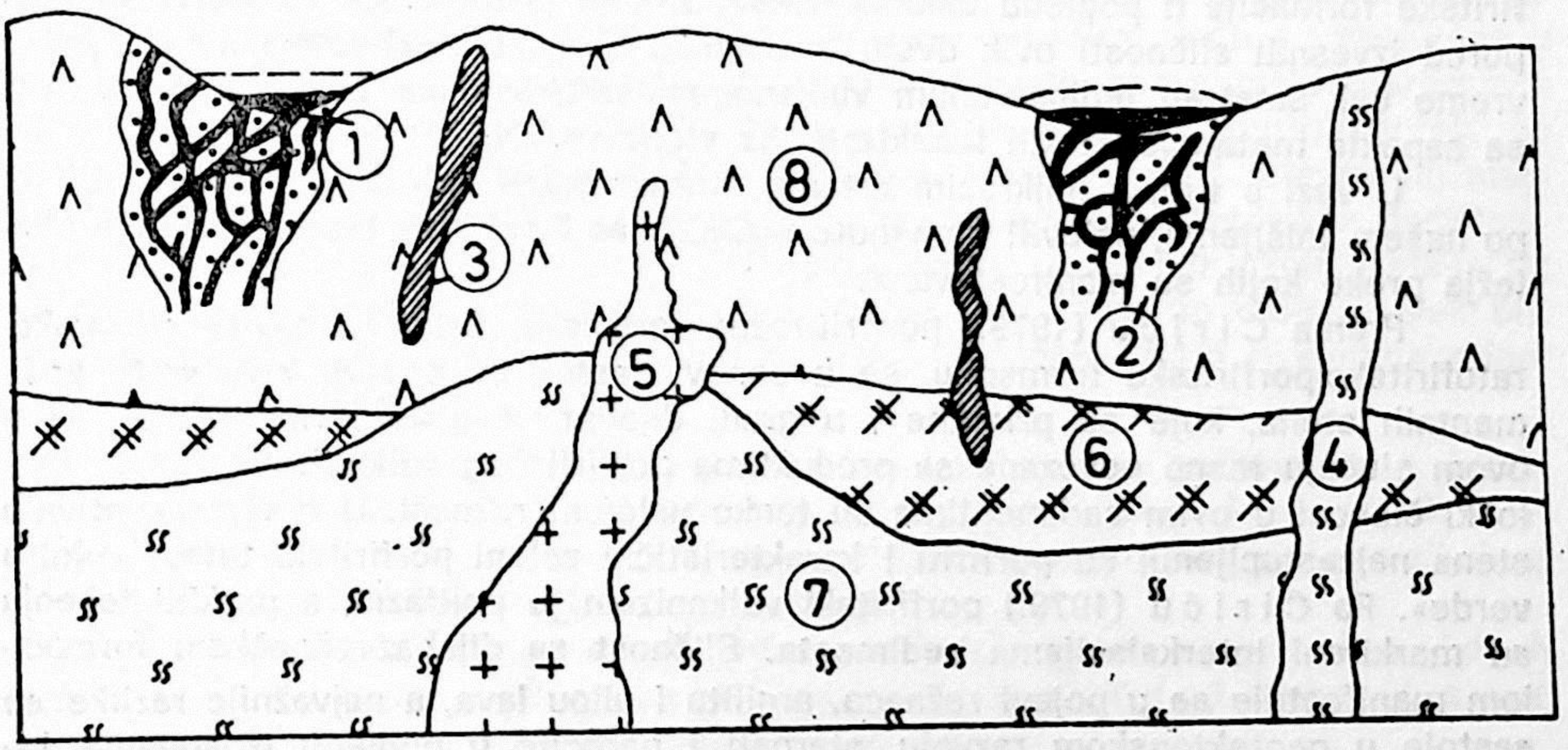
Uslojena (stratiformna) piritsko-bakronosna ležišta, kao morfogenetski tip, prvenstveno singenetskog porekla, gde orudnjenje nastaje za vreme sedimentacije odlaganjem rudnih metala iz hidrotermalnih rastvora, koja se inače sreću u bazičnim vulkanogeno-sedimentnim formacijama ofiolitskih kompleksa u svetu, do sada nisu registrovana u dijabaz-rožnačkoj formaciji Podrinjsko-polimskog regiona. Naime, prema podacima iz literature, ova ležišta su vezana za serije glinovito-rožnačkih, gvožđevitih (hematitiziranih) sedimenata, tufova i pilou lava, koje do sada kod nas uopšte nisu istraživane, mada na osnovu izvesnih indikacija u dijabaz-rožnačkoj formaciji na istraživanom području, postoje veće partije navedenih stena kao mogući nosioci sedimentnog tipa piritsko-bakronosnog orudnjenja. Stoga, bi ove litološke sredine, u narednim fazama istraživanja bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji, kao što smo ranije napomenuli, trebalo da budu predmet posebne pažnje, pogotovu što su u zoni Mirdite u Albaniji i u ofiolitskom kompleksu Trodos na Kipru, ovakva ležišta odavno poznata.

Na osnovu do sada razmatranih činjenica i predpostavki vezanih za poreklo, uslove, način i sredinu odlaganja rudnih metala, mineralni sastav i manifestacije hidrotermalnih promena okolnih stena, prostornu i paragenetsku vezu izučavanih ležišta i mineralizacija sa dijabaznim submarinskim vulkanizmom i pratećom vulkanogenom sekvencom, u dijabaz-rožnačkoj formaciji Podrinjsko-polimskog regiona, nameće se zaključak o njihovom *vulkanogeno-hidrotermalnom poreklu.*

To znači, da je stvaranje ovih ležišta integralni deo submarinske vulkanogene dijabazno-spilitske aktivnosti (verovatno vezane za okeanski greben) u dijabaz-rožnačkoj formaciji na izučavanom području, odnosno da su nastala odlaganjem rudnih metala iz hidrotermalnih rastvora na morskom dnu *(hidrotermalna masivno-sulfidna ležišta* sl. 42.) ili zamenom u stenama dijabaznog sastava ispod morskog dna *(hidrotermalno metasomatska štokverk-impregnaciona i impregnaciona ležišta sl. 42.).*

Prema mišljenju S i l i t o a (Sillitoe, 1973.) piritsko-bakronosna ležišta stvorena na okeanskim grebenima, po pravilu su vrlo deformisana usled obdukcije ili subdukcije zajedno sa njihovom okeanskom korom. U slučaju obdukcije obdukovani fragmenti okeanske kore zajedno sa ležištima bivaju izrasedani i brečizirani, a mogu da nastave i da se kreću u toku izdizanja gravitacionim klizanjem, kao delovi olistostroma (D e w e y and B i r d, 1971.). Međutim, ako je u pitanju subdukcija, ležišta koja se kasnije eventualno pojavljuju na površini usled izostatskog izdizanja ili rasedanja, obično pretrpe jak metamorfizam u faciji zelenih škriljaca i intenzivno kidanje, kao rezultat njihovog uključivanja u subdukcioni melanž.

Shodno ovim shvatanjima, a na osnovu utvrđene izrasedanosti, brečiziranja i naročito po izostajanju metaforizma, piritsko-bakronosna ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne i Jugozapadne Srbije, najverovatnije su obdukovana zajedno sa okeanskom korom u drugoj fazi stvaranja melanža u ovoj formaciji, koju izdvaja K a r a m a t a (1975.).



Sl. 42.
Shematski prikaz položaja piritsko-bakronosnih ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne Srbije.
1. Masivno-sulfidna ruda, 2. Štokverk-impregnaciona ruda, 3. Dajk dijabaza, 4. Serpentin, 5. Granodiorit, 6. Gabro, 7. Peridotit, 8. Dijabaz.
Fig. 42.
A schematic presentation of position of pyrite-cupriferous deposits in the Diabase-Chert Formation in Western Serbia.
1. Massive sulphide ore, 2. Stockwork-impregnation ore, 3. Diabase dike, 4. Serpentine, 5. Granodiorite, 6. Gabbro, 7. Peridotite, 8. Diabase.

Komparacija metalogenije bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji, sa opštim metalogenetskim karakteristikama mineralizacija i ležišta bakra u trijaskoj spilito-keratofirsko-porfiritskoj formaciji

Metalogenija bakra u spilito-keratofirsko-porfiritskoj formaciji Podrinjsko--polimskog regiona, osim u oblasti uže okoline polimetaličnih rudnih pojava (Cu, Pb-Zn) Novakovići i Savkovići i ležišta Čadinje, do sada praktično nije bila predmet ozbiljnijih izučavanja kod nas, i pored toga što rezultati istraživanja ovog ležišta, kao i oko dvadesetak nama poznatih pojava polimetaličnih (Cu, Pb-Zn) mineralizacija ukazuju na značajne potencijalne mogućnosti ove formacije u pogledu bakronosnosti.Stepen istraženosti ovih mineralizacija u oblasti podrinjskog dela rasprostranjenja spilito-keratofirsko-porfiritske formacije je izuzetno nizak, gotovo nikakav. Ove mineralizacije su ustvari pretežno registrovane u okviru rekognosciranja, koja su izvršena u svrhu programiranja regionalnih istraživanja bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji, a jednim delom i pri izradi Osnovne geološke karte na tom području.

Komparacijom do sada detaljno razmotrene metalogenije bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji, sa opštim metalogenetskim odlikama spilito-keratofirsko-porfiritske formacije u pogledu bakronosnosti, želimo prvenstveno da ukažemo da I pored izvesnih sličnosti ovih dveju formacija,, koje su neki autori u nas, jedno vreme čak smatrali jedinstvenom vulkanogeno-sedimentnom formacijom, postoje sa aspekta metalogenetskih karakteristika vidne razlike

U vezi s tim, u najkraćim crtama razmotrićemo najvažnije faktore koji su po našem mišljenju, uslovili pomenute razlike, kao i osnovna metalogenetska obeležja preko kojih su manifestovane.

Prema Ćiriću (1979.) porfirit-rožna formacija, kako on naziva spilito-keratofiritsko-porfiritsku formaciju, se u osnovi sastoji od gotovo svih vrsta sedimentnih stena, koje su prisutne i u građi dijabaz-rožnačke formacije, ali su u ovom slučaju tesno povezane sa produktima porfiritskog vulkanizma. Tipični litološki članovi u ovim sedimentima su tanko uslojeni rožnaci. U okviru eruptivnih stena najzastupljeniji su porfiriti i karakteristični zeleni porfiritski tufovi »pietra verde«. Po Ćiriću (1979.) porfiritski vulkanizam je polifazni, a prekidi tečenja su markirani interkalacijama sedimenta. Sličnost sa dijabaz-rožnačkom formacijom manifestuje se u pojavi rožnaca, argilita i pilou lava, a najvažnije razlike se sastoje u geotektonskom razvoju, starosti i naročito u pogledu izostajanja karakterističnih ofiolitskih stena, posebno peridotita.

Na osnovu interpretacije geološke evolucije našeg područja od trijasa do kvartara, koju je dao Karamata (1975.), jasno se sagledavaju uzroci razlika između ovih formacija, kako u strukturno-geološkom smislu, tako i u pogledu karaktera magmatizma, za koji je vezan postanak bakrovih mineralizacija i ležišta u Podrinjsko-polimskom regionu.

Po Karamati (1975.) u donjem trijasu pod uticajem privođenja toplote iz termičke dome u podlozi na području današnje Severoistočne Crne Gore, po-

činju da Izbijaju magmatske mase, koje dostižu maksimalni intenzitet u srednjem trijasu. Taj magmatizam pokazuje osobine jednog hibridiziranog magmatizma (obogaćenog silicijom, aluminijom i alkalijama iz kontinentalne kore) bazaltoidnog magmatizma. Kao posledica hibridizacije, osnovni hemizam ovih magmi postoje andezitski (porfiritski), a javljaju se velike, za normalne bazaltoidne formacije okeana, anomalne količine keratofira, kvarcporfirita i kvarckeratofira, kao i granodioritski intruzivi. Ovo je nesumnjivo rezultat znatnog udela materijala iz kontinentalne kore i polaganog izdizanja magmi ka površini. U vezi s tim, K a r a m a t a (1975.) dalje ističe, da i metalogenija ovog područja (Pb, Zn, Ag, a podređeno i Cu) odstupa od metalogenije okeanskih bazaltoidnih magmi. To ukazuje na činjenicu da su ove bazaltoidne magme bile izrazito hibridizirane, a zatim izdiferencirane. Ovaj magmatizam, za koji smo naglasili da je u srednjem trijasu dostigao intenzitet, u Podrinjsko-polimskom regionu, izbija duž manjih sporednih razloma, gde se izdizanje magmatskih masa vrši sporo, te se na taj način javljaju veće količine piroklastita, a lavične stene u manjim količinama, pri čemu se zbog hibridizacije umesto bazaltoida javljaju porfiriti. Za ovaj magmatizam su vezane pomenute polimetalične (Cu, Pb-Zn) pojave, na području koje je bilo predmet naših izučavanja. Znači, za razliku od tipskog okeanskog bazaltoidnog magmatizma za koji su vezane rudne pojave i ležišta bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji, magmatizam u spilito-keratofirsko-porfiritskoj formaciji, kao nosilac polimetaličnih Cu, Zn, Pb pojava i ležišta, pokazuje sva obeležja hibridiziranog magmatizma, gde osnovni hemizam magmi zadobija andezitski, odnosno porfiritski karakter.

Prema mišljenju J a n k o v i ć a i P e t k o v i ć a (1974.),trijaska metalogeinja uopšte, pokazuje niz specifičnosti, a vremenski interval stvaranja mineralizacije relativno usko je ograničen na srednji trijas. Magmatski kompleksi i orudnjenje, po ovim autorima, su vezani za razlomne strukture, koje su formirane u rov geosinklinalama, čiji početak pada u rane periode obrazovanja mezozojske geosinklinale u Dinaridima. Duboki delovi zemljine kore i gornji omotač, po J a n k o v i ć u i P e t k o v i ć u (1974.) su izvori rudnih metala i relevantnih magmatskih kompleksa. Međutim, s obzirom na kontaminiranost tvorevina bazaltoidnih magmi, verovatno je došlo do asimilacije rudnih metala iz okolnih stena (Iz kontinentalne kore). No, pojave olova u rudnim ležištima, ne moraju uvek biti siguran putokaz da izvore rudnih metala treba isključivo tražiti u kontinentalnoj kori, ističu ovi autori.

Okolne stene Cu, Zn, Pb mineralizacija i ležišta na izučavanom području u spilito-keratofirsko-porfiritskoj formaciji, su najčešće trijaski krečnjaci ili mermeri i porfiriti, a ređe mlađe paleozojski peščari i škriljci, dok su to u dijabaz-rožnačkoj formaciji stene dijabaznog sastava.

Najzastupljenije manifestacije hidrotermalnih promena porfirita kao okolnih stena, su sericitizacija, silifikacija i karbonatizacija, za razliku od dijabaznih stena, gde hloritizacija, pored ostalih promena, dominira.

U pogledu mineralnog sastava, naročito kada su u pitanju rudni minerali, polimetalične Cu, Zn, Pb mineralizacije, kao i ležište Čadinje, u odnosu na piritsko-bakronosna orudnjenja u dijabaz-rožnačkoj formaciji, pokazuju izrazito veću raznovrsnost i zastupljenost. Po J o v i ć u i dr. (1972.) okviru asocijacije rudnih minerala utvrđeni su sledeći članovi: pirotin, pirit, valerit, halkopirit I, sfalerit, arsenopirit, bizmutit, bizmut, markasit, magnetit, halkopirit II, galenit, tetraedrit, bornit, halkozin, kovelin, tenorit, malahit, azurit, samorodni bakar, limonit i hidrohematit.

Generalno posmatrano, orudnjenje je kontrolisano disjuktivnim strukturama pravca pružanja severozapad-jugoistok (isto kao u dijabaz-rožnačkoj formaciji), mada su u rudnom polju Čadinja konstatovane i prerudne strukture sa približnim pružanjem istok-zapad (K i j a n o v i ć, 1978.).

Orudnjenja se javljaju u dva osnovna morfološka tipa i to kao:*masivna polimetalična sulfidna ruda i štokverk-impregnaciona ruda*. Masivno-sulfidna ruda se najčešće pojavljuje u vidu rudnih tela sočivasto izduženog ili žičnog oblika, u mermerima ili krečnjacima, na kontaktu sa porfiritima, a štokverk- impregnaciona ruda se gotovo po pravilu pojavljuje u porfiritima i ređe u paleozojskim stenama takođe na kontaktu sa porfiritima. U nekim delovima ležišta postoji jasno istaknut postepeni prelaz masivnosulfidne u štokverk-impregnacionu rudu.

Sadržaj bakra u masivnoj rudi varira u vrlo širokom dijapazonu od 0,05 do preko 10%, cink mestimično takođe pokazuje vrlo visok sadržaj (preko 4%), dok najviši sadržaji olova ne prelaze 2%. Prema K i j a n o v i ć u (1978.) srednji sadržaj bakra u masivnoj-sulfidnoj rudi ležišta Čadinje, koja mestimično sadrži blizu 100% pirita, iznosi oko 2%, a u štokverk-impregnacionoj rudi oko 0,70% Cu.

J o v i ć (1972.) je utvrdio da u pogledu rasporeda glavnih korisnih komponenti u ležištu Čadinje, po pružanju rudonosne zone, postoje pretežno bakarna rudna tela s jedne strane iii olovo-cinkova s druge strane, kao i tipična polimetalična sa gotovo podjednakim sadržajima sva 3 rudna metala (Cu, Zn, Pb).

Sadržaj zlata i srebra, varira u granicama od tragova do 2 gr/t.

Na osnovu iznetih opštih metalogenetskih obeležja Cu, Zn, Pb mineralizacija i ležišta, u spilito-keratofirsko-porfiritskoj formaciji, Podrinjsko-polimskog regiona (Prilog 1. i 2.), nameće se zaključak da u pogledu metalogenetskih karakteristika postoje bitne razlike u odnosu na bakrove mineralizacije i rudna ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji, pre svega, kao posledica različitog strukturno-geološkog režima stvaranja ovih dveju formacija. Kao što smo već istakli, ove razlike se najočiglednije ispoljavaju u karakteru magmatizma, poreklu rudnih metala, petrološkom sastavu okolnih stena, glavnim manifestacijama hidrotermalnih promena okolnih stena, mineralnom sastavu i sadržaju glavnih korisnih komponenti.

Zaključak

Težište naših izučavanja čiji su rezultati razmatrani u okviru ove Monografije, u suštini se baziralo na utvrđivanju izvesnih zakonomernosti u pogledu genetske povezanosti rudnih pojava i ležišta bakra u vremenu i prostoru, sa geološkom građom dijabaz-rožnačke formacije Srbije u celini, odnosno sa njenim strukturno-geološkim specifičnostima u Podrinjsko-polimskom regionu.

Na osnovu razmotrenih geotektonskih obeležja i karaktera magmatizma dijabaz-rožnačke formacije s jedne strane i rezultata izučavanja metalogenetskih karakteristika u njoj utvrdenih piritsko-bakronosnih ležišta i rudnih pojava s druge strane, došli smo do sledećih zaključaka:

1. Prema prikazanoj geotektonskoj evoluciji, postanak dijabaz-rožnačke formacije je direktna posledica vrlo složenih tektonskih procesa u Dinaridskoj kontinentalnoj ploči. Razlamanje ove ploče, koje je započelo u donjem trijasu u oblasti severoistočne Crne Gore, u srednjem trijasu proširilo se na čitave Dinaride. Duž razloma izbijaju bazaltoidne magme: neizmenjene (duž većih razloma), kontaminirane ili izdiferencirane. U gornjem trijasu u SI delu dinaridske ploče, započinje formiranje okeanskog područja, koje egzistira u toku čitave jure. U okeanskim područjima dolazi do obrazovanja tipske okeanske kore sa karakterističnim litološkim članovima: peridotiti (gornji omotač), preko njih leži gabro, dijabazi i spiliti. Iznad ovog ofiolitskog »fundamenta«, taloženi su terigeni i silicijski sedimenti. U pogledu obrazovanja okeanske kore, ne zna se da li je postojao centralnookeanski greben, više malih razbijenih grebena ili okeanska kora bez izrazitog grebena. Naše hemijske analize (Tabela 1.) su pokazale da je magma iz koje su postale magmatske stene u dijabaz-rožnačkoj formaciji (osim ultramafita) toleit bazaltskog sastava, karakteristična za vulkanizam okeanskih grebena, odnosno okeanske kore.

Na osnovu prostornog položaja, porekla rudnih metala, mineralnih parageneza, asocijacije karakterističnih hemijskih elemenata i mikroelemenata i drugih faktora, smatram da je stvaranje piritsko-bakronosnih ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji integralni deo aktivnosti ovog submarinskog vulkanizma toleit-bazaltskog karaktera i prateće vulkanogene sekvence.

2. Piritsko-bakronosna ležišta u dijabaz- rožnačkoj formaciji na izučavanom području (kada se radi o štokverk-impregnacionom i masivno-sulfidnom morfo-genetskom tipu orudnjenja), u pogledu metalogenije, strukturno-geoloških karakteristika, veličine pojedinih ležišta, a naročito po izostajanju metamorfizma, pokazuju izrazitu sličnost sa ležištima tzv. »kiparskog« tipa, do sada najbolje proučenih u bazičnim vulkanogeno-sedimentnim formacijama ofiolitskog kompleksa Trodos na Kipru.

3. U metalogenetskom pogledu, izučavana ležišta i rudne pojave u Podrinjsko-polimskom delu dijabaz-rožnačke formacije, pripadaju Staroalpskoj metalogenetskoj epohi. Ona pokazuju izrazitu sličnost ili istovetnost u pogledu karaktera okolnih stena, rudokontrolnih faktora, mineralnog sastava i parageneza, genetsko-morfoloških tipova orudnjenja, distribucije rudnih metala i pratećih mikroeleme-

nata, promena okolnih stena i dr., što je verovatno rezultat njihovog jedinstvenog načina stvaranja.

4. Piritsko-bakronosna ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne i Jugozapadne Srbije, pored bakra kao vodeće korisne supstance, sadrže još zlato i srebro, a u nekim slučajevima pirit i magnetit, koji mogu biti ekonomski interesantni.

U pogledu sadržaja bakra, kada je u pitanju štokverk-impregnacioni morfološki tip orudnjenja, utvrđena je izrazita promenljivost kako po pružanju tako i po padu rudonosnih struktura. U okviru masivno-sulfidnog orudnjenja međutim, sadržaj bakra pokazuje veću ravnomernost, mada postoje jasno izražene promene kako u horizontalnom tako i u vertikalnom pogledu. Generalno posmatrano, sadržaj bakra, kao i nekih pratećih mikroelemenata, koji su vezani za halkopirit i pirit druge generacije, sa dubinom opada kako u okviru određenog morfološkog tipa, tako i u zavisnosti od promena morfološkog tipa orudnjenja.

Kobalt i nikl, predstavljaju tipomorfne mikroelemente u izučavanim piritsko-bakronosnim ležištima. Oni se značajnije koncentrišu u piritu, gde postoje jasne razlike u pogledu njihovog sadržaja po generacijama ovog minerala.

5. Ispitivanja porekla rudnih metala preko izotopnog sastava sumpora iz pirita i halkopirita piritsko-bakronosnih rudnih pojava i ležišta u okviru rudnog polja Radanovci — Taor, kao i ležišta Tolišnica i Stanča, u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne i Jugozapadne Srbije, nesumnjivo su ukazala na njihovo endogeno poreklo.

Varijacia δS^{34} za masenospektrometrijski ispitivani pirit i halkopirit, u okviru rudnog polja Radanovci — Taor, kreće se u dijapazonu od + 3,46 do + 8,58‰, (srednja vrednost 5,46‰), a opseg u kome se nalaze vrednosti δS^{34} iznosi 5,12‰.

Približne vrednosti u pogledu varijacije δS^{34} pokazala su i ispitivanja izotopnog sastava sumpora pirita i halkopirita, u piritsko-bakronosnim ležištima Tolišnica i Stanča. Naime varijacija δS^{34} za ležite Tolišnica se kreće od + 4,64 do + 7,12‰; (srednja vrednost 6,69‰) gde opseg iznosi 2,48‰, a za ležište Stanča od + 3,38 do + 6,40‰, (srednja vrednost 5,41‰).

Prema relativno uskom dijapazonu, varijacije izotopnog sastava sumpora (vrednosti δS^{34} relativno bliske meteoritskom sadržaju izotopnog sumpora), došli smo do konstatacije da je osnovni izvor sumpora za ispitivane piritsko-bakronosne rudne pojave i ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne i Jugozapadne Srbije bio genetski jedinstven i da nesumnjivo ukazuje na njegovo magmatsko poreklo, odnosno hidrotermalni postanak pirita i halkopirita.

Registrovano obogaćenje teškim izotopom S^{34}, kada je reč o mafitima, može biti vezano samo za tokove lakoisparljivih komponenti juvenilnog porekla, koje u uslovima srednjeokeanskih grebena mogu nastati kao rezultat degazacije gornjeg omotača (»mantije«) ili pri hlađenju dubinskih ognjišta bazaltne magme.

6. Naš genetski model piritsko-bakronosnih ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji, polazi od pretpostavke da okeanski greben predstavlja relativno usku jasno definisanu zonu duž koje postoji markantno izražen termalni diferencijal i snažno uzlazno kretanje materijala iz gornjeg omotača ka površini. Ovo kretanje se vrši duž mnogobrojnih tenzionih pukotina koje se javljaju sa obe strane okeanskog grebena, morska voda difuzira kroz sistem pukotina prema magmatskom ognjištu, pri čemu hloridi i drugi joni rastvoreni u morskoj vodi stupaju u hemijske reakcije sa okolnim stenama, izlužuju pojedine metale i unose ih u povećanim koncentracijama u magmatsko ognjište. Hloridni rastvori pod uslovima visokih tem-

peratura (600—700°C) i pritisaka (više desetina kilobara) pretvaraju se u hidrotermalne rastvore, koji duž okeanskog grebena i pukotina u njegovoj blizini, kreću prema površini (dna okeana i mora).

Iz ovih ushodnih hidrotermalnih rudonosnih rastvora u zavisnosti od složenosti uslova odlaganja, odnosno strukturnih, litoloških, fizičko-hemijskih i drugih faktora, formirana su 3 osnovna genetsko-morfološka tipa piritsko-bakronosnih ležišta: impregnacioni, štokverk-impregnacioni i masivno-sulfidni tip.

Na osnovu razmatranih činjenica i predpostavki vezanih za poreklo, uslove, način i sredinu odlaganja rudnih metala, mineralni sastav i parageneze, manifestacije hidrotermalnih promena okolnih stena, nameće se zaključak o vulkanogeno-hidrotermalnom poreklu izučavanih piritsko-bakronosnih ležišta i rudnih pojava u dijabaz-rožnačkoj formaciji Podrinjsko-polimskog regiona.

7. Prema opštim metalogenetskim obeležjima Cu, Zn, Pb mineralizacija i ležišta, u spilito-keratofirsko-porfiritskoj formaciji, Podrinjsko-polimskog regiona, došli smo do zaključka da u pogledu metalogenetskih karakteristika postoje bitne razlike u odnosu na bakrove mineralizacije i rudna ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji. Ove razlike ispoljavaju se u karakteru magmatizma, petro-hemijskom sastavu okolnih stena, glavnim manifestacijama hidrotermalnih promena okolnih stena, mineralnom sastavu i paragenezama, kao i u pogledu sadržaja korisnih komponenti.

Citirana literatura

Aleksić, Pantić, N., Kalenić, M., 1971.: Neka predhodna razmatranja tektonskih procesa u Srbiji u vezi sa novom globalnom tektonikom. — Glasnik Prirodnjačkog muzeja, A, 26, Beograd.

Анђелковић, М., 1958.: Горња јура у Западној Србији. — Записници Српског геолошког друштва, Београд.

Антула, Д., 1897.: Геолошка испитивања у Црногорском срезу, округ Ужички. — Записници Српског геолошког друштва (Збор LXII), Београд.

Антула, Д., 1900.: Преглед рудишта у Краљевини Србији. — Издање Државне штампарије Краљевине Србије, Београд.

Arsenijević, M., 1976.: Studija geohemijskih proučavanja mineralizacije bakra na lokalnosti Tolišnica i Stanča. — Fond str. dokumentacije Geoinstituta, Beograd.

Ault, W. U., and Kulp, J. L., 1959.: Isotopic geochemistry of sulfur. — Geochim. et Cosmochim. Acta, 16. № 4.

Bachinski, D., 1977.: Sulfur Isotopic Composition of Ophiolitic Cupriferous Iron Sulfide Deposits, North Dame Bay, Newfoundland. — Economic Geology, Vol. 72. № 2.

Бадалов, С. Т. и Виноградов, В. И., 1967.: К вопросу об источниках серы в эндогеных месторождениях северозападного Карамазара. — Изотопы серы и вопросы рудообразования, издательство „Наука", Москва.

Bamba, T., 1976.: Ophiolite and Related Copper Deposits of the Ergani Mining District, Southeastern Turkey. — Bull. MTA, Ankara.

Barton, P. B., 1957.: Some limitations on the possible composition of the ore-forming fluid. — Econ. Geol. Vol. 52, 333-353.

Bilibajkić, P., 1978.: Vulkanizam i geološki fenomeni. — Vanredni referat na IX kongresu geologa Jugoslavije, Sarajevo.

Бутузова, Г. Ю., 1969.: Современный вулканогено-осадочный железорудный процес в кальдере вулкана Санторин (Эгейское море) и его влияние на геохимию осадков. — Тр. Геол. ин-та АН СССР, вып. 194.

Constantinou, G. and Govett, G. J. S., 1973.: Geology, Geochemistry and Genesis of Cyprys Sulfide Deposits. — Economic Geology, Vol. 68, № 6, pp. 843-858.

Constantinou, O., 1974.: Geology and Genezis of the Sulphide Ores of Cyprus. — Geol. Survey Cyprus.

Champan, N. N. J. and Spooner, E. T. C., 1977.: Sr^{87} enrichment of ophiolitic sulfide deposits in Cyprus confirms Ore formation by circulating seawater. — Earth and planetary science letters, Vol. 35, № 1.

Corliss, J. B. and Ballard, R. D., 1978.: Oases of Life in the Gold Abyss. — Nat. Geographic Magazine, October 1977.

Цвијић, Ј., 1911.: Основе за географију и геологију Македоније и старе Србије. — Књига III, стр. 689—1272, Издање Српске академије наука, Београд.

Ćebić, V., 1976.: Izveštaj o petrološkim ispitivanjima magmatskih stena u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne Srbije. — Fond stručne dokumentacije Geoinstituta.

Ćirić, A., 1978.: Tumač za Osnovnu geološku kartu SFRJ, list Prijepolje 1:100.000. — Fond SGZ, Beograd.

Ćirić, B., 1954.: Neka zapažanja o dijabaz-rožnačkoj formaciji Dinarida. — Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja N. R. Srbije, Knj. XI, Beograd.

Ćirić, B., 1960.: Glavna obeležja eruptivno-rožnačkih tvorevina. — Simpozijum o problemima alpskog inicijalnog magmatizma, ref. VIII, Sarajevo.

Ćirić, B., 1967.: O dijabaz-rožnačkoj formaciji Dinarida. — Vesnik Geozavoda, knjiga XI, Beograd.

Ćirić, B., 1979.: Complexe ophiolitique et les formations semblables dans les Dinarides Yougoslaves. — Geologie Mediterranèenne, Marseille.

Daly Reginald, A., 1933.: »Igneous Rocks and the Depths of the Earth«, — Mcgraw-Hill Book Company, Inc., New York.

Dewey, J. F., and Bird, J. M., 1971.: Origin and emplacement of the ophiolite sulte Appalachian Ophiolites in Newfoudland. — Jour. Geophys. Resarch, V. 76, pp. 3179-3206.

Dimitrijević, M. D. i Dimitrijević, M. N., 1973.: Olistostrome Melange in the Yugoslavian Dinarides and Late Mesozoic Plate Tectonics. — Journal of Geology, 81.

Dimitrijević, M. D. i Dimitrijević, M. N., 1974.: Internal Fabric of Mesozoic Bodies in the Melange Around Nova Varoš: A Case for Gravity Tectonics. — Bulletin Scientifique, Section A: Sciences Naturalles, Techniques et Medicales, Tom. 19, № 3—4.

Dimitrijević, M. D. i Dimitrijević, M. N., 1975.: »Dijafaz-rožnačka formacija« ofiolitskog pojasa i Vardarske zone: genetsko upoređenje. — Acta Geologica, Zagreb.

Gočanin, M., 1938.: Über die fossilführenden Schihten Kimerigien, Tithon, Valanginien und Hauterive aus der Umgebung von Beograd. — Vesnik Geol. instituta Kr. Jugoslavije, 6.

Гриненко, В. А., Гриненко, Л. Н., 1974.: Геохимия изотопов серы. — Издательство „Наука", Москва.

Хитаров, Н. И., 1976.: Физичко-химические особености глубинных процесов и вопросы глобальной тектоники. — Издательство „Наука", Москва.

Hutchinscon, W. R. and Searle, D. L., 1971.: Stratabound Pyrite Deposits in Cyprus and Relation to other Sulphide Ores. — Soc. Mining geol. Japan, Spec. issue. 3, 198-205 (Proc. IMA — JAGOD Meetings '70, JAGOD Vol.).

Илић, Р., 1904.: Преглед некадашњих рудника у Србији. — Рударски гласник, Београд.

Jakovljević, Ž., 1977.: Izveštaj o istraživanju bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji na području Raška-Pusta Tušimlja. — Fond stručnih dokumenata Geoinstituta, Beograd.

Janković, S., 1967.: Metalogenetske provincije. — Katedra ekonomske geologije Rudarsko-geološkog fakulteta (posebna izdanja), Beograd.

Janković, S., 1974.: Metalogenetske provincije Jugoslavije u prostoru i vremenu (opšti pregled). — Metalogenija i koncepcije geotektonskog razvoja Jugoslavije, posebno izdanje posvećeno Prof. Dr. B. Milovanoviću, Beograd.

Janković, S., Petković, M., 1974.: Metalogenija i koncepcija geotektonskog razvoja Jugoslavije. — Posebno izdanje posvećeno Prof. Dr. Milovanoviću, Beograd.

Janković, S., 1977.: Major Alpine Ore Deposits and Metallogenic Units in the Northeasern Mediterranean and Concepts of Plate Tectonics. — Metalogeny and Plate Tectonics in the Northeasterm Mediterranean, Belgrade.

Jensen, M. L., 1971.: Provenance of Cordilleran Intrusives and Associated Metals. — Econ. Geology, Vol. 66, p. 34-42.

Johnson, A. E., 1972.: Origin of Cyprus Pyrite Deposits. — 24th Int. Geol. Congr. sect. 4, 291-298, Montreal.

Jović, B., Novković D., 1967—1971.: Godišnji izveštaji o regionalnim istraživanjima na području »Trijas Drina-Lim«. — Fond stručnih dokumenata SGZ, Beograd.

Jović, B., Novković, D. i Jovanović, M., 1972.: Osnovna saznanja o metalogenetskim obeležjima bakronosnih područja SR Srbije van Timočkog masiva (Sandžak). — III savetovanje o istraživanju bakrove mineralizacije na teritoriji SFRJ, Bor.

Jurašinović, B., 1969.: Pregled rezultata istraživanja bakrove mineralizacije u Rebelju kod Valjeva. — Zbornik radova Rudarsko-metalurškog fakulteta i Instituta za bakar, Bor.

Карамата, С., 1954.: Претходно саопштење о појављивању примарних амфиболитских шкриљаца у дијабаз-рожначкој формацији. — Записници СГД, Београд.

Karamata, S., 1957.: Serpentinsko-hloritske žice u serpentinima okoline Lojana I Preševa. — Zbornik radova Geol. Rud. fakulteta, Beograd.

Karamata, S., 1960.: Petrološke karakteristike alpskog inicijalnog magmatizma u Dinaridima. — Simpozijum o problemima alpskog inicijalnog magmatizma, referat IX, Ilidža — Vareš.

Karamata, S., i Ćirić, B., 1960.: Diskusija na II kongresu geologa Jugoslavije po referatu Prof. L. Marića. — Ilidža — Vareš.

Karamata, S. i Pamić, J., 1970.: Razmatranje o genezi alpinotipnih ultramafita Dinarida. — VII kongres geologa SFRJ, Zagreb.

Karamata, S., 1974.: Geološki razvoj našeg područja: karakteri i kretanja pojedinih ploča i značaj tih osobina i procesa za metalogeniju. — Metalogenija I koncepcije geotektonskog razvoja Jugoslavije, Beograd.

Karamata, S., 1975.: Geološka evolucija našeg područja od trijasa do kvartara. — Radovi Instituta za geološka istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, godina X, br. 10., Beograd.

Karamata, S., i Lovrić, A., 1978.; Redosled procesa u metamorfnoj oreoli Brezovice na osnovu temperaturnih i geohronoloških podataka. — Zbornik radova, IX kongres geologa Jugoslavije, Sarajevo.

Katzer, F., 1906.: Geologische Übersichtskarte von Bosnien — Hercegovina 1:200.000. — Erstes Sechstelblatt, Sarajevo.

Kijanović, Lj., 1978.: Ležište bakra, olova i cinka Čadinje kod Prijepolja. — Zbornik radova, IX kongres geologa Jugoslavije, Sarajevo.

Kleut, D., 1978.: Rudnomikroskopska ispitivanja piritsko-halkopiritskih ležišta u Zapadnoj Srbiji. — Fond stručnih dokumenata Geoinstituta, Beograd.

Kosmat, F., 1924.: Geologije der zentralen Balkanhalbinsel, — Die Kriegsschaupläze 1914—1918. geologisch dargestellt.

Krauskoph, K. B., 1967.: Introduction to Geochemistry. — McGraw-Hill Book Company New York.

Краускопф, В. К., 1970.: Горные породы как источник металоносных флюидов. — Геохимия гидротермальных рудных месторождений, издательство „Мир", Москва.

Lloyd L. and Clark, L. A., 1971.: Volcanogenic Ores: Comparasion of Cupriferous, Pyrite Deposits of Cyprus and Japanese, Kuroko Deposits. — Soc. Mining Geol. Japan, Spec. Issue 3, 206-215 (Proc. IMA-IAGOD Meetings, IAGOD Vol.).

Loszy, L., 1924.: Geologische Studien in Westlichen Serbien. — Die Ergebnisse der Orientkomission d. Ung. Ak. Wiss, Berlin.

Majer, V., 1962.: Rezultati dosadašnjih najnovijih istraživanja u tzv. »serpentinskoj zoni« u Bosni između rijeka Vrbas i Bosne. — V savetovanje geologa Jugoslavije, Beograd.

Markov, C., 1976.: Izveštaj o mineraloškim ispitivanjima uzoraka iz ležišta bakra Stanča. — Fond stručne dokumentacije Geoinstituta, Beograd.

Мейер,С. и Немли, Д., 1970.: Околорудные изменения вмещающих пород. — Геохимия рудных месторождений, издательство „Мир", Москва.

Milovanović, B., i Karamata S., 1957.: O dijapirizmu serpentina. — Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja NR Srbije„ knj. XIII, Beograd.

Milovanović, B., i Ilić, M., 1960.: Geološka problematika dijabaz-rožnačke formacije u Dinaridima. — Simpozijum o problematici alpskog inicijalnog magmatizma, Referat I, Ilidža — Vareš.

Michel, P. P., 1936.: Izveštaj o bakrovim rudama — Dosije Borskih rudnika.

Мојсиловић, С. и Радојчић, Р., 1963.: Нова налазишта јуре у Западној Србији. — Записници Српског геолошког друштва, Београд.

Набоко, С. И., 1959.: Вулканические есхалации и продукти их реакции. — Труды лаб. вулк. АН СССР, V. 16, Москва.

Pamić, J., 1964.: Magmatske i tektonske strukture u ultramafitima bosanske serpentinske zone. — Posebna izdanja Geološkog glasnika, Knjiga II, Sarajevo.

Pamić, J., 1974.: Alpski magmatsko-metamorfni procesi i njihovi produkti kao indikatori geološke evolucije područja Severne Bosne. — Geološki glasnik, Knj. 22, Sarajevo.

Петровская, Н. В., 1964.: О роле тектонических факторов в образованию текстур кольчеданых руд. — Геология рудных месторождений, том VI, издательство „Наука", Москва.

Putnik, S., 1970.: Izveštaj o geološkim istraživanjima u rejonu Kosjerić—Povlen. — Fond stručnih dok. Geoinstituta, Beograd.

Putnik, S., 1971.: Izveštaj o prospekciono-istražnim radovima na istraživanju bakra u Zapadnoj Srbiji. — Fond stručne dokumentacijeGeoinstituta, Beograd.

Putnik, S., i Stojković, S., 1971.: Rudne pojave i mineralizacija bakra u rudonosnoj zoni Radanovci-Taor. — Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Sv. 7, Beograd.

Putnik, S., Milutinović D. i dr., 1972.: Izveštaj o detaljnim istraživanjima bakra u Zapadnoj Srbiji. — Fond str. dokumentacije Geoinstituta, Beograd.

Putnik, S., 1972.: Izveštaj o detaljnim geološko-rudarskim istraživanjima mineralizovane zone Lajkovača. — Fond str. dok. Geoinstituta, Beograd.

Putnik, S., 1973.: Izveštaj o istraživanjima bakra u dijabazima na području Ljubovića — Skakavac. — Fond str. dok. Geoinstituta, Beograd.

Putnik, S., 1973. a): Orudnjenje bakra u dijabazu Taorske Rečice. — Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Sv. 9, Beograd.

Putnik, S., 1973. b): Orudnjenje bakra u rudonosnoj zoni Izvor Lajkovače. — Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Sv. 8, Beograd.

Putnik, S., 1974.: Izveštaj o detaljnim istraživanjima bakra u rudnom polju Radanovci — Taor. — Fond str. dok. Geoinstituta, Beograd.

Putnik, S., 1975.: Pojave granitoidnih stena u dijabaz-rožnačkoj formaciji na potezu Povlen-Maljen. — Radovi Geoinstituta, Sv. 10, Beograd.

Putnik, S., 1975. a: Mineralizations related to the jurassic diabase magmatism in Dinarides. — Bulletin scientifiqe Conseil des acadamies des sciences et des arts de la RSF de Yougoslavie, Section A: Sciences Naturalles, Techniques et Medicales, Zagreb.

Putnik, S., 1976.: Mineralizacija bakra u dijabazima Povlena — VIII Jugoslovenski geološki kongres, B. 167-178, Ljubljana.

Putnik, S. i Purić, D., 1976.: Pojava Fe-Cu-Co mineralizacije u dijabazima na lokalnosti Stanča — Planina Čemerno. — Tehnika, godina XXVII, br. 3, Beograd.

Putnik, S. i Purić, D., 1976-1977.: Ispitivanja mikroelemenata u piritsko-halkopiritskim rudama Tolišnice — Stanče. Fond stručnih dokumenata Geoinstituta, Beograd.

Putnik, S. i Purić, D. 1978.: Izotopni sastav sumpora u nekim ležištima i rudnim pojavama bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne i Jugozapadne Srbije. — Tehnika, godina XXIX, br. 11, Beograd.

Radusinović, D., 1976.: Izveštaj o rudnomikroskopskim ispitivanjima uzoraka iz ležišta bakra Stanča. — Fond str. dokum. Geoinstituta, Beograd.

Roberts, W. M. B., Walker, A. L. and Buchanan, A. S., 1969.: The chemistry of Pyrite Fromation in Aqueous Solution and its Relation to the Depositional Environment. — Miner. Deposita, Vol. 4, pp 18-29.

Roder, E., 1967.: Fluid inclusions as samples of ore fluids in Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits. — (H. L. Barnes ed) Holt, Rinehart and Winston. Inc. New York.

Rona, P. A., 1977.: Plate Tectonics, Energy and Mineral Resoursces: Basic Research Leading to Payoff. — Transactions, American Geophysical Union, Vol. 58, №. 8.

Rončević, G., 1975.: Izveštaj o istraživanju bakra na području Novakovača — Srednjak. — Fond str. dok. Geoinstituta, Beograd.

Rončević, G., 1976.: Izveštaj o istraživanju bakra na području Drenovci — Bukovi za 1975. godinu. Fond str. dok. Geoinstituta, Beograd.

Searle, D. L., 1972.: Mode of Occurrence of the Cupriferous Deposits of Cyprus. — Institution of Mining Metallurgy Transactions, (Section B, bull. No.792.)

Sheppard S. M. F., Nielsen, R. L. and Taylor, H. P., 1969: Oxygen and hydrogen isotope rations of clay minerals from porphiry copper deposits. — Econ. Geology, Vol. 64, p. 757.777.

Silittoe, H. R., 1972.: A Plate Tectonic Model for the Origin of Porphyry Copper Deposits. — Economic Geology, №. 2., 1972.

Silittoe, H. R., 1973.: Environments of Formation of Volcanic Neogenic Massive Sulfide Deposits. — Economic Geology, Vol. 68, № pp. 1321-1325.

Simić, V., 1951.: Istorijski razvoj našeg rudarstva. — Izdavačko preduzeće Saveta za energetiku i ekstraktivnu industriju Vlade FNRJ, Beograd.

Смирнов, В. И., 1969.: Геология польезных ископаемых. — Издательство „Недра", Москва.

Смирнов, В. И., 1975.: Геолого-исторические проблемы источников минерального вещества эндогенных рудных месторождений. — Геология рудных месторождений, том XVII, № 4, издательство „Недра", Москва.

Spooner, E. T. C., 1977.: A Hydrodynamic Model for the Origin of Ophiolitic Cupriferous Pyrite Ore Deposits of Cyprus in: Volcanic Processes in Ore Genesis. — Inst. of Mining and Metalurgy, London.

Spooner, E. T. C., Chapman, H. J. and Smeving, J. D., 1977.: Strontium Isotopic Contarnination and Oxidation During Ocean Floor Hydrothermal Metamorphism of the Ophiolitic Roks of the Troodos Massif, Cyprus. — Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol. 41, №. 7.

Spooner, E. T. C. and Bray, C. J., 1977.: Hydrotermal fluids of Seawater Salinity in Ophiolitic Sulphide Ore Deposits, Cyprus, Nature (1977.).

Шаталов, Е. Т., Орлова, А. В., и др., 1964.: Основные принципы составления металогенических карт. — Издательство „Недра", Москва.

Шаталов, Е. Т., 1972.: Металогенический анализ рудоконтролирующих факторов в рудных районах. — Издательство „Недра", Москва.

Шчеглов, А. Д., 1976.: Основы металогенического анализа. — Издательство „Недра", Москва.

Terzić, M., i Jovanović, M., 1974.: Bakrovo rudišče Rebelj kod Valjeva. Poveztki referatov, 8 jugoslovenski geološki kongres, Bled.

Thode, H. G., Monster, J., and Dunford, 1961.: Sulphur Isotope Geochemistry. — Geochimica et Cocmochimica ACTA, Vol. 25, №. 3.

Tuach, J. and Kennedy, M., 1978.: The geologic Setting of the Mining and Other Sulfide Deposits, Consolidated Rambler Mines, Northeast Newfoundland. — Economic Geology, Vol. 73, №. 2.

Tvaltcherelidze G. A., and Budaze, V. I., 1972.: Geological conditions of formation of Copper-Pyrrhotite polymetallic Deposits of the Great Caucasus. — 22 th Int. Geol. Congr., Sect. 4, 172-179, Montreal.

Upadhyay, H. D. and Strong, D. F., 1973.: Geological Setting of the Betts Cove Copper Deposits, Newfoundland: An Example of Ophiolite Sulfide. — Economic Geology, Vol. 68, №. 2., Mishigen.

Виноградов, В. И., 1967.: Распределение изотопов серы в минералах рудных месторождений. — Изотопы серы и вопросы рудообразования, издательство „Наука", Москва.

Vujanović, V., 1972.: Izveštaj o rudnomikroskopskim ispitivanjima uzoraka iz dijabaz-rožnačke formacije Zapadne Srbije. — Fond stručne dokumentacije Geoinstituta.

White, J. 1936.: Izveštaj o bakrovim rudama u selu Radanovci. — Dosije borskih rudnika.

White, D., 1968.: Environments and generation of some base metals ore deposits. — Econ. Geology, Vol. 63. p. 301-335.

Жујовић, Ј., 1893.: Геологија Србије. — Српска Краљевска државна штампарија, Београд.

Stanimir Putnik

Metallogenesis of copper in jurassic diabase- chert formation and its comparision with triassic spilito-keratophyre-porphyritic Formation in podrinje-polimlje area

Summary

The main task of this study was to determine the basic relations between the genesis of copper ore mineralizations and deposits, both in time and space, and the geological features of Diabase-Chert Formation in Serbia, particularly relative to its structural and geological characteristics within the Podrinje-Polimlje area.

After the geotectonic and magmatic characteristics, and the metallogenetic features of pyritic-cupriferous are investigated, the following conclusions can be reached:

1. According to its geotectonical evolution, the origin of the Diabase-Chert Formation represents the consequences of rather complex tectonic processes within the Dinaric Plate. The fracturing of this plate, which started in Lower Triassic in Northeastern Montenegro area, has extended, in the Middle Triassic, over the entire Dinarides, with fractures serving as the feeders of basaltic magmas. These magmas preserved, along the larger fractures, mostly their original composition, but were rather contaminated and differentiated along the other fractures and feeders. During the Upper Triassic, an oceanic area started to form in Northeastern part of Dinaric Plate, and this ocean existed throughout the entire Jurassic. A typical oceanic crust, composed of peridotite overlain by gabbro, diabase and spillite, was formed within the oceanic area, with terrigene and silicious sediments deposited over these ophiolitic rocks. The chemical analyses, also indicate that most of the magmatic rocks in the Diabase-Chert Formation, except for ultramafic rocks, have originated from a toiilite-basaltic magma, characteristic for volcanic activity along the ocean ridges and within the oceanic crust.

When the spatial position, origin of ore minerals, mineral parageneses, associations of characteristic elements and other factors are considered, it seems that origin of pyrite-cupriferous deposits in Diabase-Chert Formation has represented the integral part of toiilite-basaltic submarine volcanism and related volcanic sequences.

2. The stockwork-impregnation and massive pyritic-cupriferous deposits, within the Diabase-Chert Formation in investigated area, have the metallogenic,

structural-geological and other features, including the size of deposits and the lack of metamorphism, highly similar to Cyprus type deposits, particularly well investigated in the basic volcanic-sedimentary ophiolitic complex of Troodos in Cyprus.

Metallogenetically, the deposits and mineralizations in the Diabase-Chert Formation of Podrinje-Polimlje area belong to the Older Alpine metallogenetic epoch. All these deposits are highly similar in respect of character of surrounding rocks, in factors controlling the mineralizations, in the mineral compositions and parageneses, genetical and morphological features of mineralizations, in distribution of ore metals and associated microelements, rock alterations and other factors, which points out to probably the same mode of formation.

The pyritic-cupriferous deposits occur mostly within the hydrothermally altered diabase, diabase-gabbro and spillite, and locally also in pillow lavas and diabase breccia. These diabase rocks, usually as shallow subvolcanic intrusions or flows, occur inside the sedimentary members of Diabase-Chert Formation.

The most frequent hydrothermal alterations are silicification, chloritization and carbonatization; epidotization and albitization are also present, but are rather subordinate. The silicification is the most widespread hydrothermal alteration in the rocks surrounding the investigated mineral deposits in Diabase-Chert Formation of Podrinje-Polimlje area. It seems that the silicification represents apparently a sort of factor which controls the mineralization, being always present around and within the mineralizations. It is highly useful in prospecting as an indicator of ore outcrops or of concealed ore bodies, particularly when dealing with geoelectrical geophysical methods.

The structural control, in form of brecciated zones, is highly conspicous in all investigated mineralizations and ore deposits. All these zones trend northwestwards, and this direction is generally the same as the general direction of Diabase-Chert Formation. The position of these brecciated zones is almost always conformant with the boundaries of lithologic members, i. e., they are always parallel to foliation of magmatic diabase rocks intruded into the sedimentary members of Diabase-Chert Formation. These zones are usually intersected, and frequently also vertically and horizontally displaced, by the subsequent transversal northeast-trending ruptures, formed after the mineralizing events; due to these ruptures, the brecciated zones have a block-type appearance.

The main and practically the only copper mineral in the pyrite-cupriferous deposits is chalcopyrite, always associated, in various proportions, with highly frequent pyrite. In addition to these two main minerals, there occur also some magnetite, sphalerite, mushketovite, covellite and pyrrhotite. In the oxidation zone limonite is always presents; azurite and malachite are rather infrequent, and occur only in parts of deposits where the environment for their formation (presence of carbonates) was favorable. Except for dominant pyrite and chalcopyrite, and locally of magnetite and mushketovite, the other minerals are rather infrequent and usually occur at trace levels only. Quartz dominates among the gangue minerals, but the presence of calcedony and carbonates, mostly calcite, was also observed. Depending on presence or lack of magnetite (mushketovite) and sphalerite, and based on the paragenetic relations, the following basic sequences of mineral formation were determined:

magnetite, mushketovite-pyrite I-quartz-pyrite II, chalcopyrite-calcite;
pyrite I-quartz-sphalerite-pyrite II, chalcopyrite-calcite;

magnetite-pyrite I-sphalerite-pyrite II, chalcopyrite-calcite.

According to mineralogical characteristics of associations of ore minerals, based on the current classifications, these pyrite-cupriferous deposits were subdivided into two groups, i. e., the pyritic and pyrite-cupriferous deposits.

According to morphological features and mode of occurrence, three types were identified: massive, stockwork-impregnation, and impregnation-type deposits. The vein-fissure type occurs also, but highly infrequently, and has been identified, so far, only in the Diabase-Chert Formation of Podrinje area.

3. The pyrite-cupriferous deposits in Diabase-Chert Formation of Western and Southwestern Serbia, in addition to copper as the most important metal, contain gold and silver, and locally also pyrite and magnetite, that can be considered as of economic importance.

The copper grade in stockwork-impregnation type is highly variable, both dipwise and strikewise, within a mineralized structure. In massive-type sulphide deposits, the ore grade is more uniform, although both the vertical and horizontal variations were observed as well. Generally speaking, the copper grade and the presence of some micro-elements, associated with chalcopyrite and pyrite II, decrease with depth within a given morphological type, and also depending on the change in morphological type of mineralization.

Cobalt and nickel are typomorphic microelements in investigated pyrite--cupriferous deposits. These metals are particularly concentrated in pyrite, but there are conspicous differences in their concentrations relative to pyrite generations.

4. The study of isotopic copmosition of sulphur in pyrite and chalcopyrite from pyrite-cupriferous deposits of Radanovci — Taor, Tolišnica and Stanča, indicate the endogene origin.

The δS^{34} in chalcopyrite and pyrite samples from Radanovci — Taor deposits ranges from + 3.46 to + 8.58‰, with mean value of + 5.46‰. Similar results were obtained in Tolišnica (range + 4.64 to + 7.12‰, mean + 6.69‰) and Stanča (+ 3.38 to + 6.40‰, + 5.41‰ mean).

The narrow range of δS^{34} variations indicate the general similarity with the Canyon Diablo standard, and the apparently the same genetic source of sulphur in all investigated deposits, that can be invariably explained by its magmatic origin, and by the hydrothermal mode of formation of pyrite and chalcopyrite.

The slight enrichment in S^{34}, when the mafic rocks are considered, can be attributed only to highly volatile components of juvenile origin, formed, around the mid-oceanic ridges, by the degassing of mantle or by cooling of deeper reservoirs of basaltic magma.

5. The genetic model of pyrite-cupriferous deposits in Diabase-Chert Formation, presented in this paper, is based on the assumption that the mid-ocean ridge represents a narrow, well defined zone, where the thermal differential is well expressed and where the strong upward movement of mantle material occurs. The downward movement occurs along the numerous tensional fractures, parallel to and located on both sides of an active ocean ridge. The sea water diffuses downwards along these fractures towards the magmatic reservoir, and chloride and other ions, dissolved in sea water, react with the surrounding rocks, dissolve the various metals and introduce the enriched concentrations of these metals into the magmatic reservoir. Under the temperatures of 600 — 700°C and pressures of several kilobars, the chloride solutions transform into the

hydrothermal solutions, that move along the mid-ocean ridge and surronding fractures towards the surface, I. e., oceanic bottom in this particular case.

These upward moving hydrothermal solutions form, depending on structural, lithotologic, physico-chemical and other factors, one of main three types of pyrite-cupriferous deposits, — impregnation, stockwork-impregnation, or massive sulphide deposits.

All these factors and assumptions related to origin, conditions and environment of deposition, mineral composition and parageneses, and hydrothermal alterations of oountry rocks, indicate the volcanic-hydrothermal origin of investigated pyrite-cupriferous deposits in the Diabase-Chert Formation of Podrinje-Polimlje area. The formation of these deposits was, consequently, the integral part of the submarine basic toiilite-basaltic volcanism within the Diabase--Chert Formation in this area; in other words, these deposits were formed at the bottom of former ocean from hydrothermal solutions (the hydrothermal massive sulphide deposits), or by the replacement in the diabase-type rocks below the ocean bottom (hydrothermal-metasomatic stockwork-impregnation and impregnation-type deposits).

According to current theories, the pyrite-cupriferous deposits formed along the ocean ridges are usually highly deformed, together with their oceanic crust, due to their obduction or subduction. In the case of obduction, the fragments of oceanic crust, together with deposits, are highly ruptured and brecciated, and can also move by the gravity sliding as the parts of olistrostromes. However, in the case of subduction, the deposits that may eventually reach the surface due to isostatic forces of faulting, are usually exposed to strong metamorphism in greenschists facies and to intensive fracturing as a consequence of their inclusion into the subduction-type melange.

Consequently, as indicated by faulting, brecciation and the lack of metamorphism, the pyrite-cupriferous deposits of Diabase-Chert Formation of Western and Southwestern Serbia were, most probably, obducted together with the oceanic crust during the second phase of melange formation, as stated by Karamata (1975).

6. According to the general metallogenic features of Cu, Zn and Pb mineralizations and deposits in Spillito-Keratophyre-Porphyritic Formation of Podrinje-Polimlje area, it can be concluded that there exist the basic differences relative to copper mineralizations and deposits in Diabase-Chert Formation. These differences are expressed in the character of magmatism, in petro-chemical features, in main types of hydrothermal alterations of country rocks, in mineral composition and parageneses, and in the presence of useful components.

Izdavač (editor): »Geoinstitut«, Rovinjska 12, Beograd (Yugoslavia)

Tehnički urednik: Gradimir Milikić

Korektor: Lidija Horvat

Tiraž: 500 primeraka

Štampa: »Grafika«, vojvode Mišića 81, Beograd

Beograd, novembar 1981