

UNIVERSITET U BEOGRADU  
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET

DOKTORSKA DISERTACIJA:

METALOGENIJA BAKRA JURSKE DIJABAZ-ROŽNAČKE FORMACIJE I NJENA  
KOMPARACIJA SA TRIJASKOM SPILITO-KERATOFIRSKO-PORFIRITSKOM  
FORMACIJOM U PODRINJSKO-POLIMSKOM REGIONU

Mr Stanimir Putnik, dipl.inž.geologije

Beograd, 1979. godine

# S A D R Ž A J

Strana

## I U V O D

II	OPŠTE KARAKTERISTIKE DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA I IZUČAVANJA BAKROVOG ORUDNjenja U DIJABAZ-ROŽ- NAČKOJ FORMACIJI PODRINJSKO-POLIMSKOG REGIONA . . . . .	7
III	GEOTEKTONSKA EVOLUCIJA DIJABAZ-ROŽNAČKE FORMA- CIJE . . . . .	12
IV	OPŠTE PETROHEMIJSKE KARAKTERISTIKE MAGMATSkiH STENA DIJABAZ-ROŽNAČKE FORMACIJE. . . . .	27
	IV.1. Stene dijabaz-spilitske grupe . . . . .	29
	IV.1.1. Dijabazi . . . . .	29
	IV.1.2. Spiliti . . . . .	30
	IV.1.3. Pilou lave . . . . .	31
	IV.1.4. Dijabazne breče . . . . .	32
	IV.2. Stene gablo-dijabazne grupe . . . . .	33
	IV.2.1. Dijabazi . . . . .	34
	IV.2.2. Gabrovi . . . . .	34
	IV.2.3. Dioriti . . . . .	35
	IV.2.4. Kvarc dioriti . . . . .	35
	IV.2.5. Granitoidne stene . . . . .	35
	IV.3. Ultrabazične stene . . . . .	36
V	PIRITSKO-BAKRONOSNA LEŽIŠTA U DIJABAZ-ROŽNAČKOJ FORMACIJI PODRINJSKO-POLIMSKOG REGIONA. . . . .	38
	V.1. Karakteristike pojedinih izučavanih piritsko-bakronosnih ležišta. . . . .	39
	V.1.1. Piritsko-bakronosno ležište Lajkovača . . . . .	39
	V.1.2. Piritsko-bakronosno ležište Rečica . . .	42
	V.1.3. Piritsko-magnetitsko-halkopiritsko ležište Novakovača . . . . .	46
	V.1.4. Piritsko-bakronosno ležište Rebelj . . .	48
	V.1.5. Piritsko-magnetitsko (mušketovitsko)- -halkopiritsko ležište Ševelja. . . . .	50
	V.1.6. Piritsko-bakronosno ležište Tolišnica .	52
	V.1.7. Magnet-piritsko-halkopiritsko ležište Stanča . . . . .	54

	Strana
VI OPŠTE METALOGENETSKE KARAKTERISTIKE PIRITSKO-BAKRONOSNIH LEŽIŠTA I MINERALIZACIJA U DIJABAZ-ROŽNAČKOJ FORMACIJI PODRINJSKO-POLIMSKOG REGIONA . . . . .	57
VI.1. Okolne stene. . . . .	58
VI.2. Rudokontrolni faktori. . . . .	59
VI.3. Klasifikacija ležišta prema mineralnom sastavu. . . . .	59
VI.3.1. Piritska ležišta . . . . .	60
VI.3.2. Piritsko-bakronosna ležišta. . . . .	60
VI.4. Opšte osobenosti mineralnog sastava i parageneze ležišta. . . . .	61
VI.4.1. Struktura i tekstura rude. . . . .	67
VI.5. Morfološki tipovi piritsko-bakronosnih ležišta . . . . .	68
VI.6. Karakteristike promena okolnih stena . . . . .	70
VI.7. Opšte karakteristike distribucije rudnih metala i pratećih mikroelemenata u ležištima . . . . .	74
VI.8. Primarni oreoli rasejavanja rudnih i pratećih metala . . . . .	82
VII PROCESI OBRAZOVANJA LEŽIŠTA . . . . .	82
VII.1. Poreklo rudnih metala. . . . .	83
VII.1.1. Izotopni sastav sulfidnog sumpora. . . . .	85
VII.2. Fizičko-hemijska svojstva hidrotermalnih rastvora i mehanizam prenosa rudnih metala . . . . .	93
VII.3. Genetski model piritsko-bakronosnih ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne i Jugozapadne Srbije. . . . .	97
VIII KOMPARACIJA METALOGENIJE BAKRA U DIJABAZ-ROŽNAČKOJ FORMACIJI, SA OPŠTIM METALOGENETSkim KARAKTERISTIKAMA MINERALIZACIJA I LEŽIŠTA BAKRA U TRIJASKOJ SPILITO-KERATOFIRSKO-PORFIRITSKOJ FORMACIJI . . .	105

## Z A K L J U Č A K

## CITIRANA LITERATURA

## I U V O D

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 ovoga rada, kao i pri metalogenetskim izučavanjima dijabaz-rožnačke formacije kroz višegodišnju studiju "Ocena potencijalnosti 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 uslovjavaju razvoj i gradju 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 gradnjom dijabaz-rožnačke formacije Srbije u celini, odnosno sa njenim specifičnostima sa tog aspekta, u Podrinjsko-polimskom regionu. Jer, prema savremenom shvatanju, uloge metalogenetskih izučavanja (Šatalov i dr. 1964, 1972. ; Janković, 1967, 1974.; Ščeglov, 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 geochemijski);
- (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 geochemijske);
- (4) Proces obrazovanja rudnih ležišta i produkti tih procesa, nastali pod određenim geotektonskim i geochemijskim 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 struktурно-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, geochemijskih i geofizičkih istraživanja, pri izradi metalogenetske karte koristili smo i ove tzv. posredno mineralogenetske 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 strukturno-relativno jasno definisan položaj u okviru određenih struktura višeg reda. Razume se, da smo istovremeno maksimalno koristili raspoložive, ranije navedene, posredne i neposredne mineralogenetske faktore, zatim rudokontrolne faktore: strukturne (brečizirane, razlomne zone); magmatske (plitke intruzije, slijovi dijabaza) i rudoformacijske (položaj, međusobni odnos različitih ležišta i dr.) i indikatore orudnjenja (intezična silifikacija, struktura 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 sve-

ga, 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 pirotsko-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 tekture rude, odnosno izučavanja procesa nastanka orudnjenja.
- Distribucija i karakteristike mikroelemenata u glavnim rudnim mineralima.
- Hemijska izučavanja glavnih i pratećih korisnih komponenti.
- Struktурне 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 rasprostiranjenja 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

i ekonomski značaj. (Albanija, Kipar, Turska, SSSR, Njufaundlend, Nova Kaledonija).

To su hidrotermalna-vulkanogeno-sedimentna ležišta, pirotsko-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, Chapnan and Smewing, 1977.; Janković 1977. i dr.), koja se sve više u svetskoj literaturi tretiraju kao "kiparski" tip pirotsko-bakronosnih ležišta.

U toku višegodišnjih istraživanja bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne i Jugozapadne Srbije, pored utvrđivanja zakonomernosti razmeštaja, karaktera sredine, strukturne kontrole, uslova zaledanja, načina pojavljivanja i drugih metalogenetskih obeležja pirotsko-bakronosnih ležišta, njihova efektivnost je manifestovana i do sada utvrđenim i procenjenim rezervama bakrovog orudnjenja, koje dostižu oko 15.000.000 t. 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 prospepciono-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, dosada utvrđjene 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, saradjivalo 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 korišćeni, kao i ostalima koji su direktno ili posredno doprineli uspešnom okončanju ove disertacije.

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.inž. 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.inž. S.Karamati, na pomoći kod rasčišćavanja nekih pitanja vezanih za geotektonsku evoluciju dijabaz-rožnačke formacije.

Milošu Bojiću, dipl.inž., duboko sam zahvalan na inicijativi i učinjenim naporima u vezi sa pokretanjem pitanja istraživanja bakrovih mineralizacija u ovoj formaciji, kao i Prof. Dr.inž.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 Zajednici za naučni rad SR Srbije, na finansiranju istraživačkog projekta "Ocena potencijalnosti dijabaz-rožnačke formacije u pogledu bakronosnosti", kao i na ukazanoj finansijskoj pomoći u procesu izrade ove disertacije.

## II 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 Jablačnika, Povlena, Maljena, Kablara, Jelice, sve do pl. Čemerno, odnosno do blizu Leposavića. Ona, prema rejonizaciji M.D.Dimitrijevića i M.N.Dimitrijević (1975.), pripada melanžu Vardarske zone, a po Ćiriću (1978.) predstavlja deo srednje zone. Druga zona (prilog 2.), zahvata deo dijabaz-rožnačke formacije na potезу 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 Ljubovidja, Orovica, Rečica, Lajkovača, Rebelj, Vis, Jarmovac, Medjan i dr. u dijabaz-rožnačkoj formaciji Podrinjsko-polimskog regiona, verovatno su bile predmet istraživanja i eksploracije 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.

Medjutim, 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: Žujović (1893.), Antula (1897., 1900.), Ilić (1904, 1905.), Cvijić (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 1980-1903. 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-stratigrafiskog i strukturno-geološkog karaktera. Ovo je nesumnjivo posledica shvatanja o takozvanoj "sterilnosti" dijabaz-rožnačke formacije sa aspekta mineralnih sirovina uopšte, koje se pojavilo izmedju 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 proučavanja bakrovog orudnjenja u ovoj formaciji.

Ilić (1904.), na stranicama Rudarskog glasnika ističe da je pravo na eksploataciju tzv. Podgorskih rudnika u ataru sela Vragočanica, izdato još 18. novembra 1885. 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

va bakrovog orudnjenja u Donjoj Orovici na levoj obali reke Ljubovidje, koje je organizovao Ilija Kolarac.

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

Žujović (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 vadjene. U okviru ovih ruda, pirit je najzastupljeniji mineral, a pored njega prisutni su karbonati i sulfidi bakra.

Antula (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, Antula (1900.) razlikuje sulfidne rude od pirita i halkopirita i oksidne (sekundarne) rude. Sadržaj bakra, prema uradjenim 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 30x50x70 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 eksplotisana rudišta bakra, ali da nepostoje bilo kakvi sačuvani podaci o karakteru orudnjenja i obimu eksplotacije.

U vremenu izmedju 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 Mišela (Miohel, 1936.) i Vajta (Whit, 1936.) tadašnjih geologa Borske kompanije.

Prema smenskim izveštajima u okviru Ibarskih rudnika, jasno se sagledava da su kvarcno-halkopiritske žice na lokalnosti Tolišniča (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  $100 \text{ m}^3$  raskopa, okonturili 2 gnezda halkopiritske rude dužine 150 m, a širine 10 m, sa sadržajem bakra od 6-12%.

Za nas su medjutim, 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. Mišel (1936.) smatra da je orudnjenje bakra vezano za dijabaze, odnosno da je magmatskog tipa i da je relativno prostog sastava (od pirita i halkopirita). Vajt (1936.) je još u to vreme, medjutim, 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 izdانا 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 Jurašinoviću (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°.

Janković (1967.), skreće pažnju na metalogeniju bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji. Po ovom autoru, i pored slabo proučenih odnosa izmedju dijabaza i bakrovog orunjenja, jasno istaknuta strukturalna kontrola lokalizacije rudnih tela (brečaste zone) i mineralni sastav ukazuju na njehovo hidrotermalno poreklo. Janković (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, Jović i Novković (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 Medjani, Pravoševo, Stranjani i Pribojska Banja, registrovano je više rudnih pojave i izdanaka pirotsko-halkopiritske mineralizacije. Prema ovim autorima, najčešći oblik pojavljivanja ovih mineralizacija predstavljaju kvart-



cno-halkopiritske žice, a samo mestimično i impregnacije ovih dvaju minerala.

Tek aprila meseca 1970. godine uz podršku i finansijska ulaganja Valjonice 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 bakrovin mineralizacija u dijabaz-rožnačkoj formaciji Srbije.

Ova istraživanja u periodu od 1970. do 1977. godine u osnovi su se sastojala u izvodenju regionalnih geološko-geochemijskih 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 disertacije, te ćemo se na njima gotovo u svakom poglavljiju iste, detaljnije zadržavati.

### III 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 izgradjena 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

PREGLEDNA KARTA RASPROSTRANJENJA LEŽISTA I RUDNIH  
POJAVA BAKRA U DIJABAZ-ROŽNAČKOJ I PORFIRIT-ROŽNA-  
ČKOJ FORMACIJI





kvarc-keratofiri, zatim gabrovi, dioriti, albitski sijeniti, graniti i peridotiti), koji predstavljaju diferencijate jedne bazaltoidne magme. Ona se pruža sa promenljivom 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 Djedjeliće 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 Švarjcarske, predstavljaju deo ovog velikog kompleksa.

U poslednje vreme, u radovima M.D.Dimitrijevića i M.N. Dinitrijević (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 Djevdjelije (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 postignutim rezultatima njenog izučavanja, period posle Drugog svetskog rata bez sumnje se može okarakterisati kao najplodonosniji. Naime, zbog svoje vrlo velike rasprostranjenosti i izuzetno složene struktorno-geološke gradje, 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 koncepcija 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., 1967.), Karamate i Ćirića (1960.), Pamića (1964.), Majera (1962.) i drugih autora.

Mada u radovima navedenih i ostalih autora, postoji oprečni stavovi i mišljenja kako po pitanju rasprostranjenja dijabaz-rožnačke formacije 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 L.Marića. U toj diskusiji ovi autori su istakli da je dijabaz-rožnačka formacija produkat nestabilnih delova unutrašnje Dinarske geosinklinalne tvorevine nastala uz sadejstvo inicijalnog magmatizma.

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

Nema 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 redje 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 naših istraživanja bakra izdvajali pod privremenim-radnim naslovom "samostalni dijabazi" (Putnik, 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 redje, 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 pri površinskim delovima dijabaz-rožnačke formacije ima u znatno većim količinama. Ovo se naročito odnosi na peridotite, koji su gotovo svakom drugom buštinom konstatovani pri istraživanju ležišta bakra Lajkovača, Novakovača a dobrim delom i na granitoidne stene.

Karakter ovog magmatizma prema Karamati (1960.) je izrazito bazičan, bazaltoidan, ali 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 rada va autora (Putnik, 1975., 1976.).

Krajem šesdesetih i početkom sedamdesetih godina (dru-

gi 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 mimošao i naše geologe, mada još uvek izvestan broj medju njima, kada je u pitanju postanak dijabaz-rožnačke formacije, stoji na pozicijama geosinklinalnog učenja.

Pod uticajem ideja ove nove geotektonske hipoteze<sup>U</sup> našoj geološkoj javnosti za relativno kratko vreme, tačnije od početka sedamdesetih godina pojavio se čitav niz objavljenih rada, 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 geotektonске evolucije dijabaz-rožnačke formacije, po našem mišljenju, nude sledeći autori: Aleksić, Pantić, Kalenić (1971.), D.M.Dimitrijević i M.N. Dimitrijević (1973.), Karamata (1975.), Pamić (1974.). Zapravo, koncepcije geotektonске 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 najnovije literature 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.

Medjutim, iako smo na više lokalnosti rasprostranjenja dijabaz-rožnačke formacije u Zapadnoj Srbiji, nekim našim rado-vima (detaljno geološko kartiranje 1:1000 i 1:2000 i istražno bušenje), potvrdili postojanje olistostromskog melaža (Taorska rečica, Beli potok, Glog i dr. lokalnosti), baš onakvih karakteristika kako to ističu M.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, naše shvatanje u vezi sa ovim modelom svelo bi se na konstataciju da u gornjim delovima dijabaz-rožnačke formacije preovladjuje olistostromski melanž, ali da ona ne predstavlja tu tvorevinu u celini.

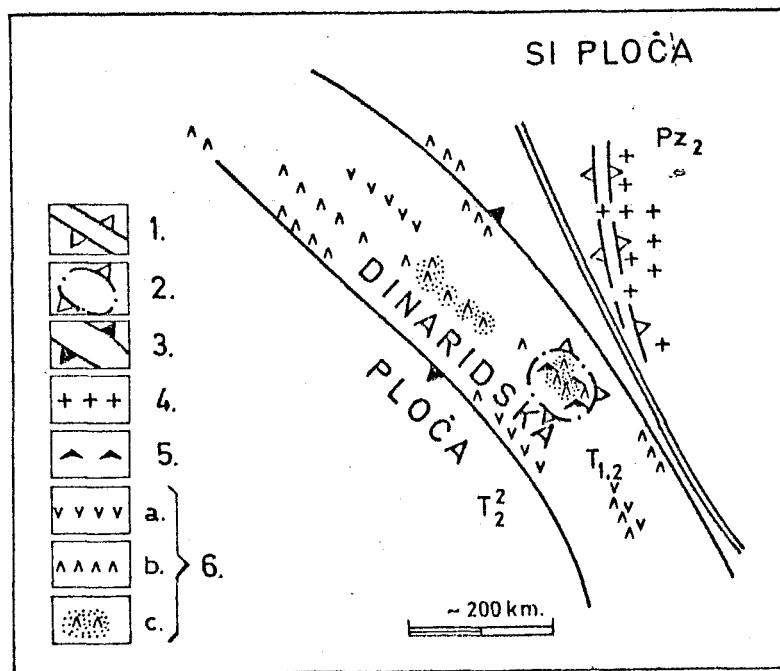
Osnovni argument za ovakav naš stav, predstavlja činjenica, da smo istražnim bušeњем na lokalnosti Mravinci, upravo na potezu Maljen-Bukovi-Povlen, dokazali postojanje okeanske kore, istih karakteristika koje navodi Karamata (1975.) tj. sa sedimentnim pokrivačem i podlogom od magmatskih stena. S druge 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 ovoj 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 (Sillitoc, 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 (dinaridska 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.



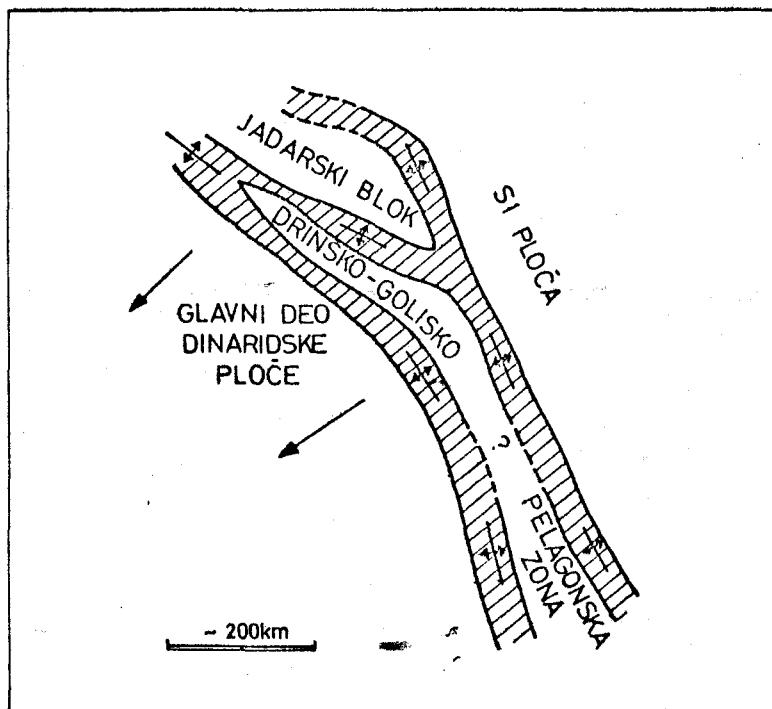
Sl. 2. - Raspored osnovnih geoloških jedinica u mlađem paleozoiku i donjem i srednjem trijasu. (Karamata, 1975.)

1 - termička antiforma u mlađem paleozoiku, 2 - termička forma 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. izdiferencirani hibridizirani bazaltoidan. Dvostrukom crtom data je granica dinaridske i SI ploče.

Uzajamni položaj pomenućih dveju ploča danas se teško

može rekonstruisati. Međutim, na osnovu sličnosti proterozoj-skih do kambrijskih serija u Pelagonidima i u Rodopima, Karamata (1975.) predpostavlja da su te dve 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 dinaridskoj ploči, te ovu postepeno dovodi iznad zone intenzivnog privodjenja toplote iz Omotača.



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

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

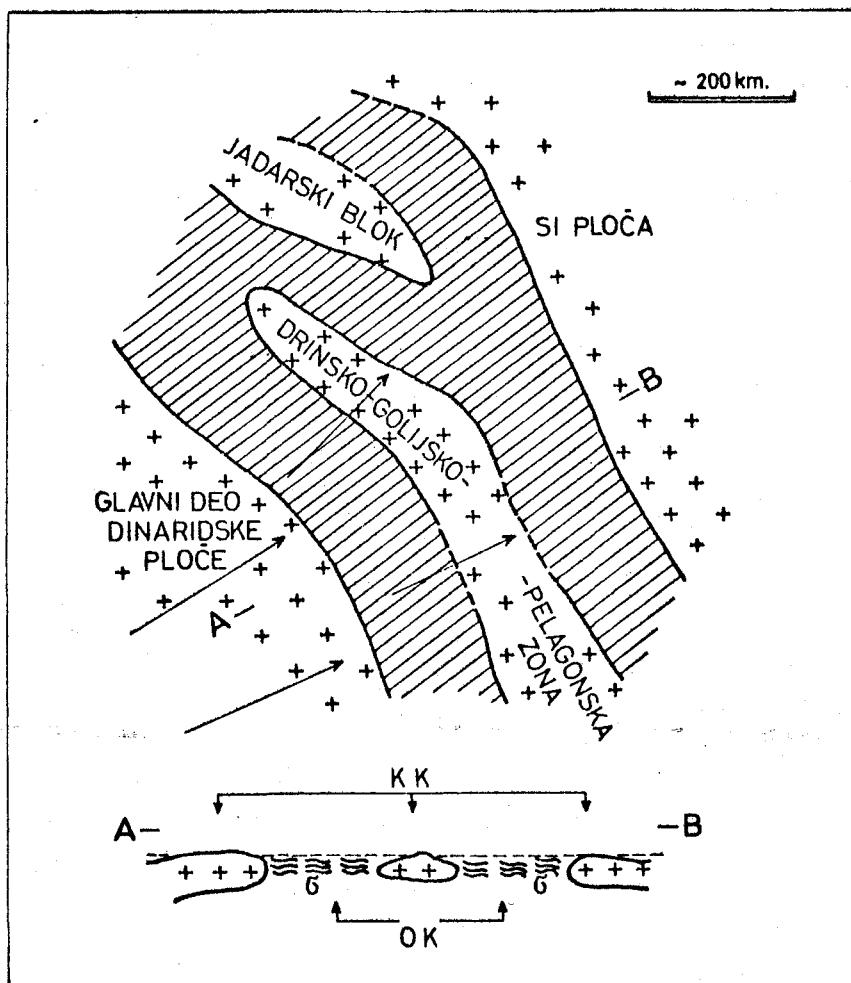
No, kada je u pitanju evolucija u dinaridskoj kontinentalnoj ploči, situacija je sasvim drugačija. Naime, u donjem

trijasu usled privodjenja topote iz termičke dome, koja se na-  
lazila ispod sadašnje severoistočne Crne Gore, počinje razlamanje  
toga područja, praćeno izdizanjem hibridnih bazaltoidnih magmi  
(obogaćenih siliciom, aluminijumom i alkalijskim iščekivima iz kontinentalne  
kore). Na taj način, osnovni karakter ovih magmi postaje andezit-  
ski (porfiritski), uz pojavu anomalno visokih količina keratofifa,  
kvarcporfirita i kvarckeratofira, kao i granodioritskih intru-  
zija, koje inače nisu karakteristične za normalne bazaltoidne for-  
macije okeana. Ovo je nesumnjiva posledica uticaja materijala za-  
hvaćenog iz kontinentalne kore, što potvrđuje i specifična meta-  
logenija 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 termična antiforma širila), do-  
lazi do reaktiviranja starih razloma, duž kojih izbijaju bazalto-  
idne magme, od kojih su neke usled brzog izdizanja neizdiferen-  
cirane i nekontanimirane (zona Budva-Cukali i zona Borovnica -  
- 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 gvožđja  
i mangana. Duž manjih ruptura, odnosno struktura nižeg reda izdi-  
zanje magmi je sporije, usled čega se sreću veće količine pirokla-  
stita, na račun lavičnih stena, a kao rezultat hibridizacije, u-  
mesto bazaltoida javljaju se pretežno porfiriti ("porfirit - rož-  
načka formacija", Ćirića 1960.).

Razmicanje obe ploče započeto krajem srednjeg trijasa,  
nastavlja se dalje kroz gornji trijas. Ono se odvija duž obnov-  
ljenog razloma izmedju dinaridske i severoistočne ploče, kao i  
u samoj dinaridskoj ploči, duž trasa reaktiviranih ruptura, po  
severoistočnom obodu Bosanskih škriljavih planina i paleozoj-  
skog pojasa severoistočne Crne Gore i duž zvorničkog razloma.  
Na taj način, polazeći od pretpostavke da se samo dinaridska  
ploča odmicala, stvorene su sada dve samostalne ploče i to: se-  
veroistočna ploča i glavni deo dinaridske plože, a izmedju njih  
zaostaju blokovi ili zone od kojih je za sada moguće izdvojiti

samo dva: jadarski blok i drinsko-golijsko - ? - pelagonijsku zonu (Sl. 4.).



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

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 talože se peskovito-glinovito-laporoviti sedimenti, redje rožnaci i karbonatne stene. (Zvijezda formacija, Kopaonik). Verovatno je u okeanskim područjima, s obzirom na njihovu malu ši-

rinu, karakter sedimenata bio sličan, što se da zaključiti na osnovu nekih olistolita u dijabaz-rožnačkoj formaciji (melanžu).

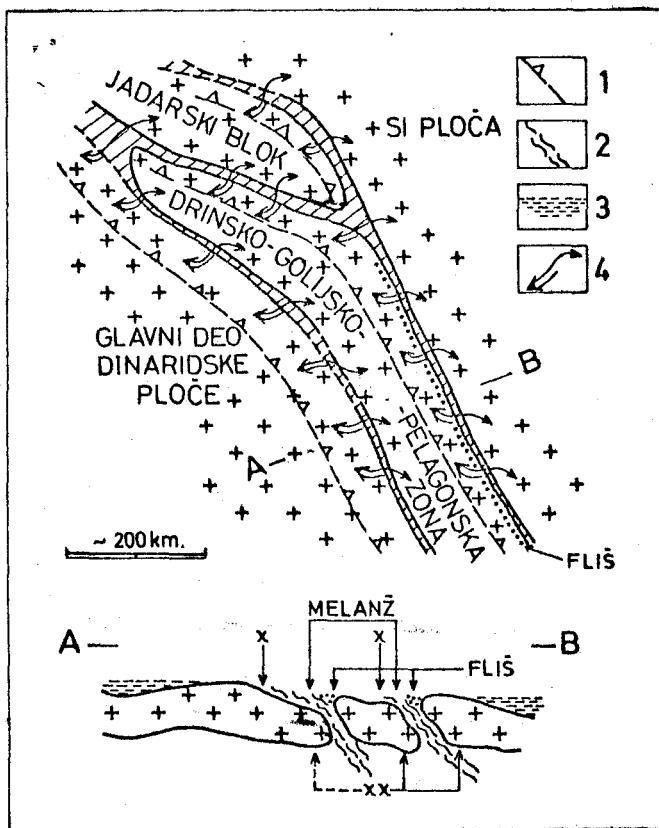
U okeanskim područjima po Karamati (1975.) sedimenti su taleoženi preko ofiolitskog kompleksa: (okeanska kora) spiliti i dijabazi, ispod njih gabroidi i slične magmatske stene, a ispod njih (gornji omotač) ultramafiti internu izrazito metamorfno prerađeni. Način formiranja okeanske kore nije jasan. U vezi s tim, autor ovog modela geotektonskog razvoja dijabaz-rožnačke formacije, predviđa 3 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 zajedničke 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 najmarkantnije ilustrovani Reykjanes grebenom i južnim delom Crvenog mora, gde postoje postepeni prelazi iz jednog ekstrema u drugi.

Karamata (1975.) dalje ističe da se relikti okeanske kore sa sedimentima i podlogom mogu naći samo na potezu Maljen - Bukovi - Povlen, dok u oblasti Djakovica - 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 prezentiranim profilima (slajdovi).

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

U vezi s tim, Janković (1977.) smatra da su vulkanogeno-sedimentna ležišta bakra i pratećih metala u dijabaz-rožnačkoj formaciji u nas, vezana za dijabazni magmatizam i prateću vulkansku sekvensiju. Osim toga, autor ovog rada u okviru neko-

liko objavljenih radova poslednjih godina (Putnik, 1973., 1975., 1976.), takođe ističe da su mineralizacije i ležišta bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji Srbije, vezana za dijabazni magmatizam.



Sl. 5.- Raspořed osnovnih geoloških jedinica i bitni geološki dogadjaji 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.

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 dr. 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 Karamati (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 termodinamični metamorfizam stena u podlozi, koji je detaljno obradio Karamata (1975.).

Usled zbijanja i izdizanja drinsko-golijsko-pelagoniske 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 izmedju 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 pritisaka 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 di-

narskom 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 formacije je još krajem devetnaestog veka njavio Žujović (1893.) kao jursku, koju je Katzer 1906. godine u okviru svog čuvenog rada Geologische Uebersich Skarte von Bosnien - Hercegovina 1:200.000, potencirao i potvrdio.

Ovo shvatanje Katzera izmedju 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, prihvatile je njenu srednje i gornjo-jursku starost (Ćirić, 1954-1967; Karamata, 1954., 1957.; Andjelković, 1958; Mojsilović i Radoičić, 1963.; M.D.Dimitrijević i M.N. Dimitrijević, 1973.), mada M.D.Dimitrijević i M.N.Dimitrijević (1974.) ističu da su u oblasti melanža Jelice i okolnih pl. 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 uzi-

ma 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.

#### IV 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 gradje, 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 sedimenta 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 ponutom 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 razčlanavanja ovih sedimenata, postavlja se izostavljanje inače veoma potrebnog izdvajanja, ili makar samo grafičkog markiranja mesta pojavljivanja rožnaca na Osnovnoj geološkoj karti, a naročito glinovito-gvoždjevitih partija ovih stena, koje prema podacima iz literature, mogu biti vrlo dobri prospektički 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 - Seliste) i na Kipru (Trodos), na kontaktu dijabaza ili znatno češće, pilou lava (piloow), sa hematitičnim glinovito-rožnačkim stenama, se često 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 prospektičkih 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, uradjeno 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, albitišnih dijabaza, spilita, dijabaz-porfirita, dijabaznih breča i pilou lava (pillow lavas).
- Drugu asocijaciju čine stene dijabaz-gabroide 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.

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

#### IV.1. Stene dijabaz-spilitske 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 pri površinskim delovima tla), subvulkanska tela, koja po svim osobinama pripadaju efuzivnoj (submarinskoj) faciji magmatizma u dijabaz-rožnačkoj formaciji. U izvesnim delovima rasprostranjenja ovih bazičnih vulkana, često se sreću naizmenična smenjivanja dijabaza sa partijama dijabaznih breča ili pilou lava.

##### IV.1.1. 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 do 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 cirkón.

Karakteristično je da su ovi dijabazi retko sveže stene. Veoma su retki dijabazi sa svežim plagioklasima i augitom. Obično su plagioklasi zamenjeni niskotemperaturnom asocijacijom minerala: epidotom, klinocoisitom, albitom, ponekad prenitom, sericitom ili zeolitom. Plagioklasi, takodje, veoma često uklapaju sitne liskice hlorita. Augit je obično zamenjen sekundarnim amfibolom ili hlori-

tom i retko se zapažaju sveža zrna augita u masi hlorita. Varijeteti sa amfibolom su redje zapaženi i obično su praćeni povećanom količinom epidota i klinocoisita. Hlorit je stalni sastojak dijabaza (često jedini Fe-Mg sastojak) i obično ispunjava medjuprostorne plagioklasa, mestimično gradeći nagomilanja ili žilice. Kvarc se javlja mestimično a obično je medjuprostoran 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.

#### IV.1.2. Spiliti

Spiliti su afanatične, sitnozrne, često mandolaste ste- ne, zelene do tamnozelene boje i makroskopski se teško razlikuju od dijabaza. U oblasti Tolišnice i Stanče se zapažaju variolitski varijeteti.

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 medjuprostore 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 potpuno zamenjen sekundarnim amfibolom ili hloritom) se javljaju 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 medjuprostorno, delimično devitrifikovano staklo kao i skeletni kristali augita. Ovaj, relativno niski kristalinitet stena ukazuje na brzo i nagle 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.

#### IV.1.3. Pilou lava

Pilou lava su najzastupljenije u oblasti Maljena, Kablara, Govedja 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.



Fot. 1. - pilou lava na putu Mravinci-Govedja Glava

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 izmedju 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.



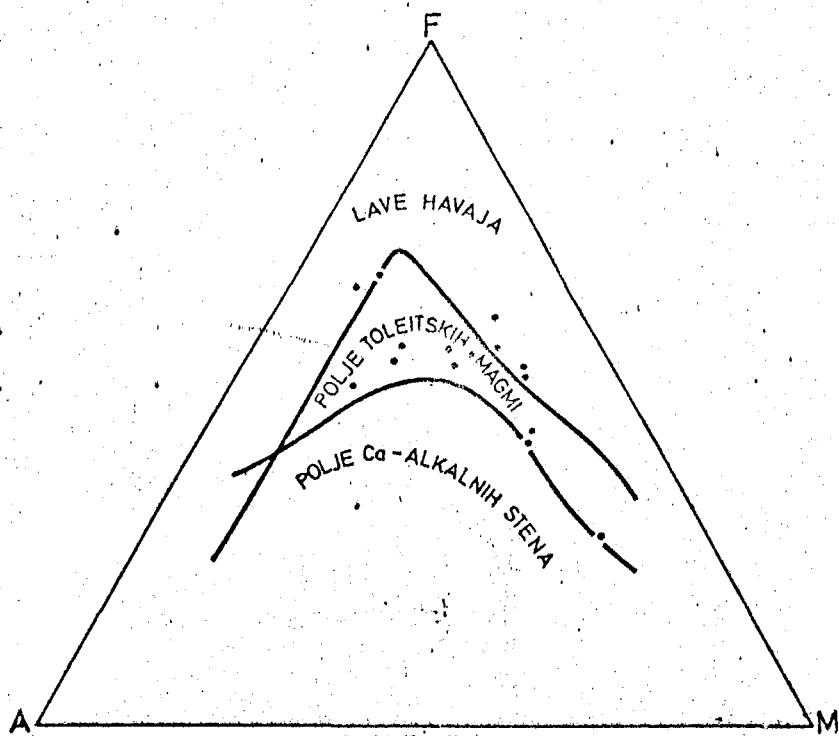
Fot.2. - pilou lava, put Priboj - Bistrica.

#### IV.1.4. 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 izgradjene od fragmenata pretežno dijabaznih stena, redje spilita, koji su cementovani sitnozrnim afanatičnim vezivom dijabaznog sastava. Fragmenti drugih stena (peščara, rožnaca, krečnjaka) su znatno redji.

Medju ovim stenama zapaženi su alterisani bazični tufovi.

Prema hemijskim analizama prezentiranim u tabeli 1., može se zaključiti da stene dijabaz-spilitoidne grupe, pokazuju izrazit natrijski karakter. Njihovom komparacijom sa srednjim



Sl. 6. - AFM dijagram bazaltoidnih magmi.

vrednostima dijabaza po Daliju (Daly), dolazi se do izrazito povećanog sadržaja  $\text{SiO}_2$  i smanjene količine  $\text{CaO}$ .

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.

#### IV.2. Stene gabro-dijabazne grupe

Stene ove grupe karakterišu se tesnom vezom i uzajamnim prelazima izmedju gabrova i dijabaza, mada nije zapažena никакva pravilnost njihovog međusobnog rasporeda. Zapažaju se male mase dijabaza u okviru većih masiva gabra i obrnuto, tako da

TABELA 1.

## HEMIJSKI SASTAV DIJABAZNIH STENA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
SiO <sub>2</sub>	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 <sub>2</sub>	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 <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	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 <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	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 <sub>2</sub> O	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 <sub>2</sub> O	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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	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 <sub>2</sub> O+	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 <sub>2</sub> O-	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 <sub>2</sub>	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:Lokalnosti:Vrsta stene:NAPOMENA:

- Žuč ..... Dijabaz
- Žuč ..... Keratofir
- Tolišnica ..... Dijabaz
- Tolišnica ..... Dijabaz
- Stanča ..... Dijabaz
- Lajkovača ..... Spilit
- Tejići ..... Dijabaz
- Pašina Ravan ..... Dijabaz

- Poćuta ..... Dijabaz
- Nabrdno ..... Dijabaz
- Jelački potok .. Dijabaz
- Zmijinji potok.. Dijabaz
- Pribojska banja. Dijabaz
- Pribojska banja. Spilit
- Pribojska banja. Spilit

U analizama gde CO<sub>2</sub> nije posebno određivan, uključen je u H<sub>2</sub>O+

je teško povući oštru granicu izmedju ovih stena, jer su povezane postupnim prelazima preko ofit-gabra ili dijabaz-gabra.

#### IV.2.1. Dijabazi

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

#### IV.2.2. 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 srednjezrne do krupnozrne stene, najčešće hipidiomorfno zrnaste strukture sa pojavom ofitske kod prelažnih tipova. Boje su sivozelene do tamnozelene. U pogledu mineralnog sastava to su najčešće normalni piroksenski gabrovi, redje amfibolski i olivinski varijeteti, dok su noriti sasvim podredjeni. Sastoje se od bazičnog plagioklasa (koji je često sosiritisan, prenitisan ili retko zeolitisan) i augita koji je mestimično uralitisan. Olivin se kreće 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 medjusobno intimno udružene i vezane postupnim prelazima. Ove, intermediarne i kisele stene su znatno manje rasprostranjene nego gabrovi i dijabazi.

zi. Nema neke naročite pravilnosti o pojavljivanju ovih stena, mada se one često zapažaju u blizini tektonskih kontakta, rasednih i orudnjениh zona.

#### IV.2.3. Dioriti

Dioriti su otkriveni na više mesta na Kablaru i Bukovima, kao i u lokalnostima Novakovača i Govedja 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. Izgradjene su od prelaznih do kiselih plagioklasa, monokliničnog 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 cirkona.

#### IV.2.4. 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. Izgradjene su od prelaznih plagioklasa koji su delimično sericitisani ili kaolinisani, zatim monokliničnog piroksena (koji je delimično do intenzivno zamenjen hloritom ili amfibolom), bledozelegenog uralitskog amfibola, kvarca i hlorita. Kvarc je ponekad granofirski prorastao sa plagioklasima. Od sporednih sastojaka sadrže neprovidne minerale, apatit, sfen i cirkon.

#### IV.2.5. Granitoidne stene

U ovu grupu stena svrstani su albitski i biotitski graniti, granodiorit-porfiri, kvarc-porfiri i granofirni. Albitski graniti su količinski najzastupljeniji (prilog 1.) u predelu

Zapadne Srbije dok su biotitski graniti podredjeni. Ostale stene su znatno redje. U odnosu na bazične stene, granitoidne stene imaju znatno manje rasprostranjenje, a javljaju se u vidu nepravilnih masa neodredjenog oblika i pružanja, žica i malih intruzivnih tela često vezanih za rasedne strukture.

Po svom sastavu to su najčešće albitski graniti, a znatno redje biotitski graniti. Ove stene su masivne, homogene, srednjezrne do krupnozrne tekture. 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 redji. Kod svih plagiogranita u strukturi se jasno ističu idiomorfna ili hipidiomorfna zrna albita, dok je kvarc medjuprostoran. Plagioklasi su često praćeni pojavom kataklaziranja, sericitizacije i argilizacije. Kataklastične strukture su redovno prisutne kod leukogranita.

Albitski graniti su bitno izgradjeni od albита, kiselog oligoklasa i kvarca uz promenljivo učešće bledozelegenog uralitskog amfibola, hlorita, epidota, klinocoisita, kalcita, sericitita i sporednih sastojaka apatita, cirkona i neprovidnih minerala. Količina amfibola i hlorita je veoma varijabilna pa se zapaža i u istom petrografском preparatu. Sa povećanjem sadržaja amfibola i hlorita, kao i povećanjem procenta anortita u plagioklasima ove stene prelaze u kvarc diorite.

#### IV.3. Ultrabazične stene

Na izučavanom području (prilog 1. i 2.), ultrabazične stene su predstavljene peridotitima, serpentinizanim peridotitima i serpentinitima. Pojavljuju se dvojako: u vidu jasno iz-

dvojenih prostranih masiva, ili manjih sočiva i izduženih masa. U prvom slučaju, to su poznati veći ultramafitski masivi (Maljen, Suvobor, Zlatibor), a drugi slučaj predstavljaju serpentinisani peridotiti ili serpentiniti unutar tvorevina dijabaz-rožnačke formacije, po pravilu vezani za rasedne zone (tektonska istiskivanja peridotita ili mladja dijapirska premeštanja serpentinita).

Peridotiti su masivne tamnozelene stene. Boja im varira od stepena serpentinizacije. Strukture su hipidiomorfno zrnaste ili mrežaste (kod izrazito serpentinisanih peridotita). Prema mineralnom sastavu odgovaraju obično harzburgitima, prelaznim oblicima od harzburgita ka lerzolitu i lerzolitim. Sastoje se od rombičnih i monokliničnih piroksena, olivina, serpentina, bastita, hlorita, talka, bazičnih plagioklasa do hidrogrosulara (kod feldspatskih peridotita Maljena, gvoždjevite materije i nepravidnih 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 izgradjeni 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 mladje 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, internu mobilnih do internu 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 bazetskog 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 rasporedjenim volatilima te tamo gde su bili prisutni nastajali su spiliti, a na mestima gde su izostajali stvorenici su dijabazi.

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

#### V PIRITSKO-BAKRONOSNA LEŽIŠTA U DIJABAZ-ROŽNAČKOJ FORMACIJI PODRINJSKO-POLIMSKOG REGIONA

Piritsko-bakronosna ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne i Jugozapadne Srbije (kada se radi o štokverk-impregnacionom i masivnom morfološkom tipu oruđnjenja), u pogledu metagenije, 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 uporedjivanja pomenutih ka-

rakteristika 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 (Upadhyay and Strong, 1973, Bachinski 1977, Tuach and Kenedy 1978.), Turske - Ergani maden (Bamba 1976, Janković 1977.), Severne Italije, Korzike, Urala, Filipina, Japana (Sillitoe, 1973).

#### V.1. Karakteristike pojedinih izučavanih piritsko-bakronosnih ležišta

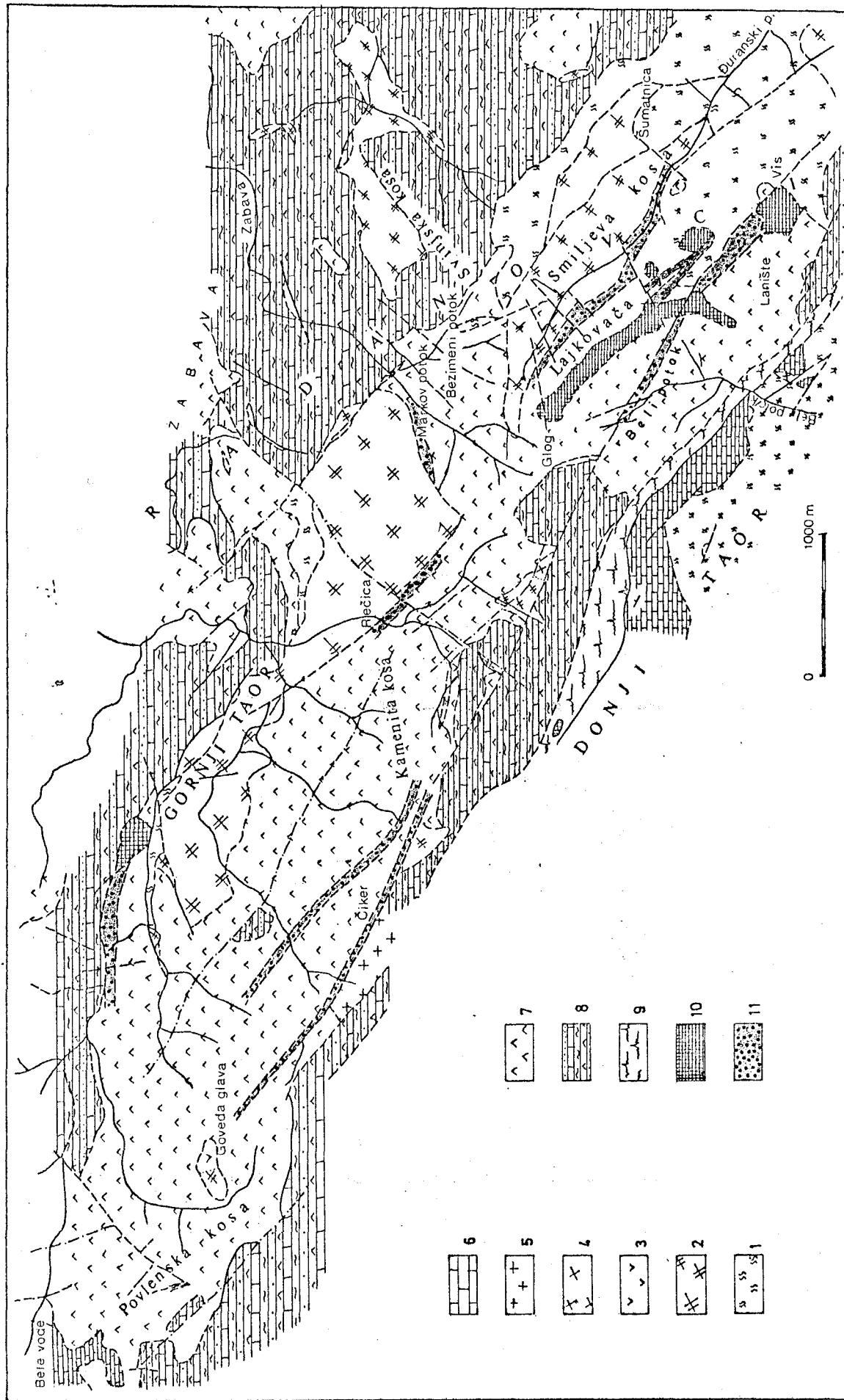
Na osnovu izvršenih metalogenetskih analiza, jasno se sagledava da su do sada otkrivena piritsko-bakronosna ležišta (prilog 1.), čiji pregled dajemo u ovom poglavljiju, prostorno lokализovana u podrinskom delu ove formacije. To je prvenstveno posledica većeg stepena istraženosti ili tačnije rečeno, rezultat 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 poglavju.

##### V.1.1. 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.



S1. 7. Strukturno-geoška karta rudnog polja Radanovci-Taor.

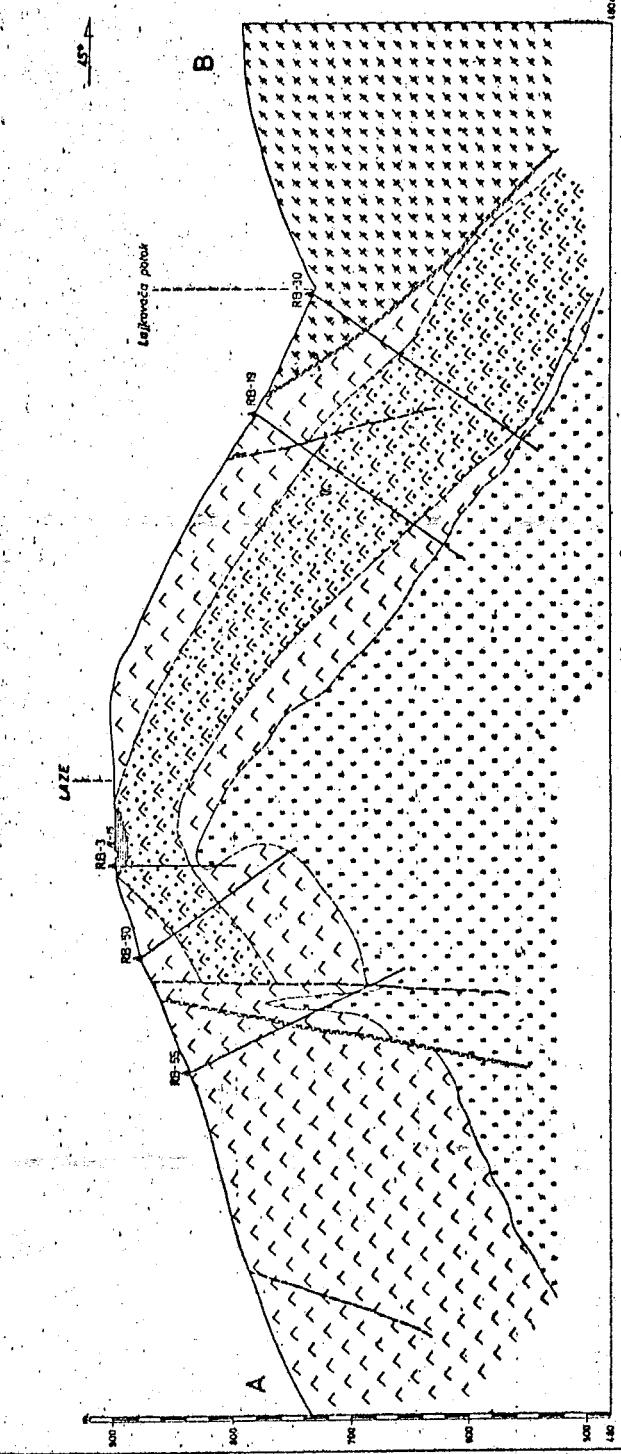
1. Peridotit, 2. Gabro, 3. Diorit, 4. Kvarc-diorit, 5. Plagiograniit, 6. Krečnjak, 7. Dijabaz, 8. Dijabaz-rožnacka formacija, 9. Silifikacija, 10. Gvozdeni šešir, 11. Rudonosna zona.

## POPREČNI PROFIL LAJKOVACA

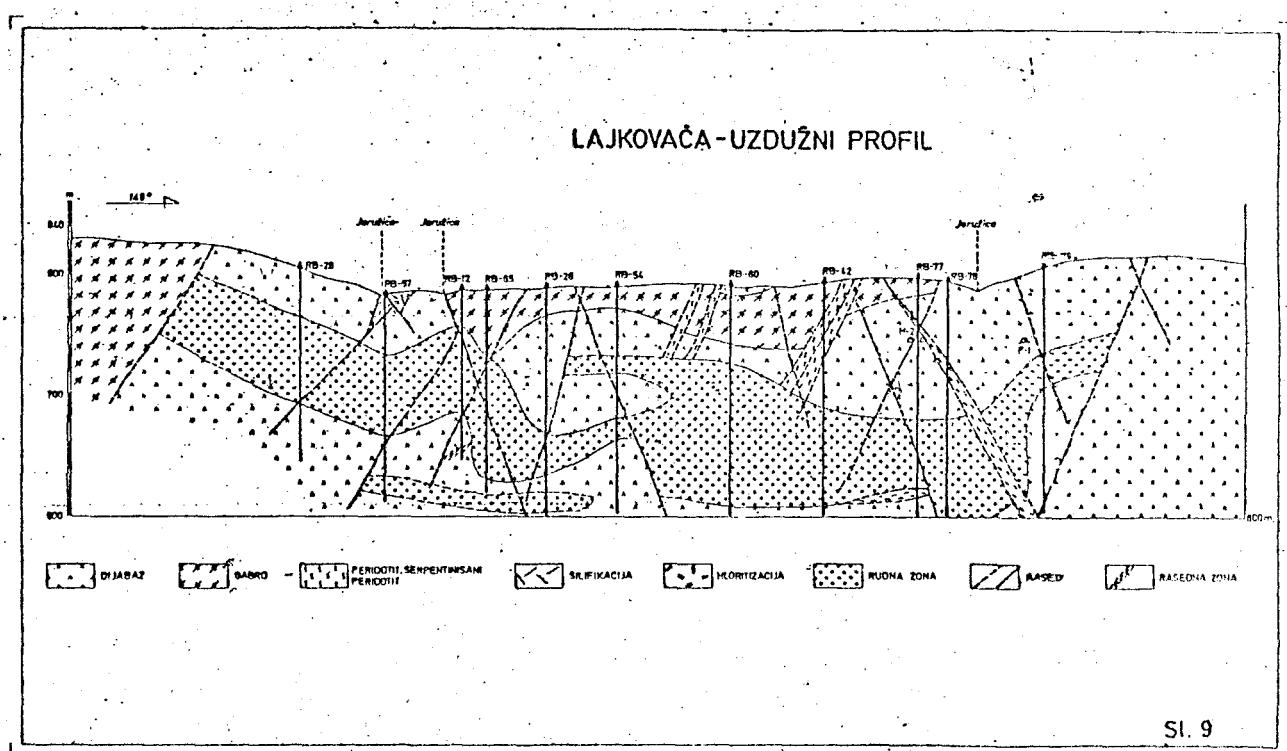
### LEGENDA:

~ ~	QUARZ
+ +	PLAGIOGRANIT, PRELAZ KA KVARC-DIORITU
xx	GABRO
xxxx	PERIKOTTI-SERPENTINSANI PERIDOTTI
.....	MINERALIZOVANA ZONA
F <sub>6</sub> - SERIR -	
.....	RASED
.....	RASEDNA ZONA
...-S-	RASKOP
BB-3	ISTRAŽNA BUŠOTINA

SL. 8.



Generalni pravac pružanja rudonosne zone (Sl.7.) je saglasan pružanju dijabaz-rožnačke formacije (severozapad-jugostok), sa najčešće strmim padom u jugoistočno polje ( $60-80^\circ$ ). Izuzetak u tom smislu, je krajnji severozapadni deo zone, gde se vrednosti padnog ugla kreću od  $30-55^\circ$ . Granica prema okolnim stenama je tektonska i najčešće predstavljena rasednim zonama, debljine od nekoliko 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 hidroermalno izmenjenog i brečiziranog dijabaza u zoni (okolna stena), je ispre-

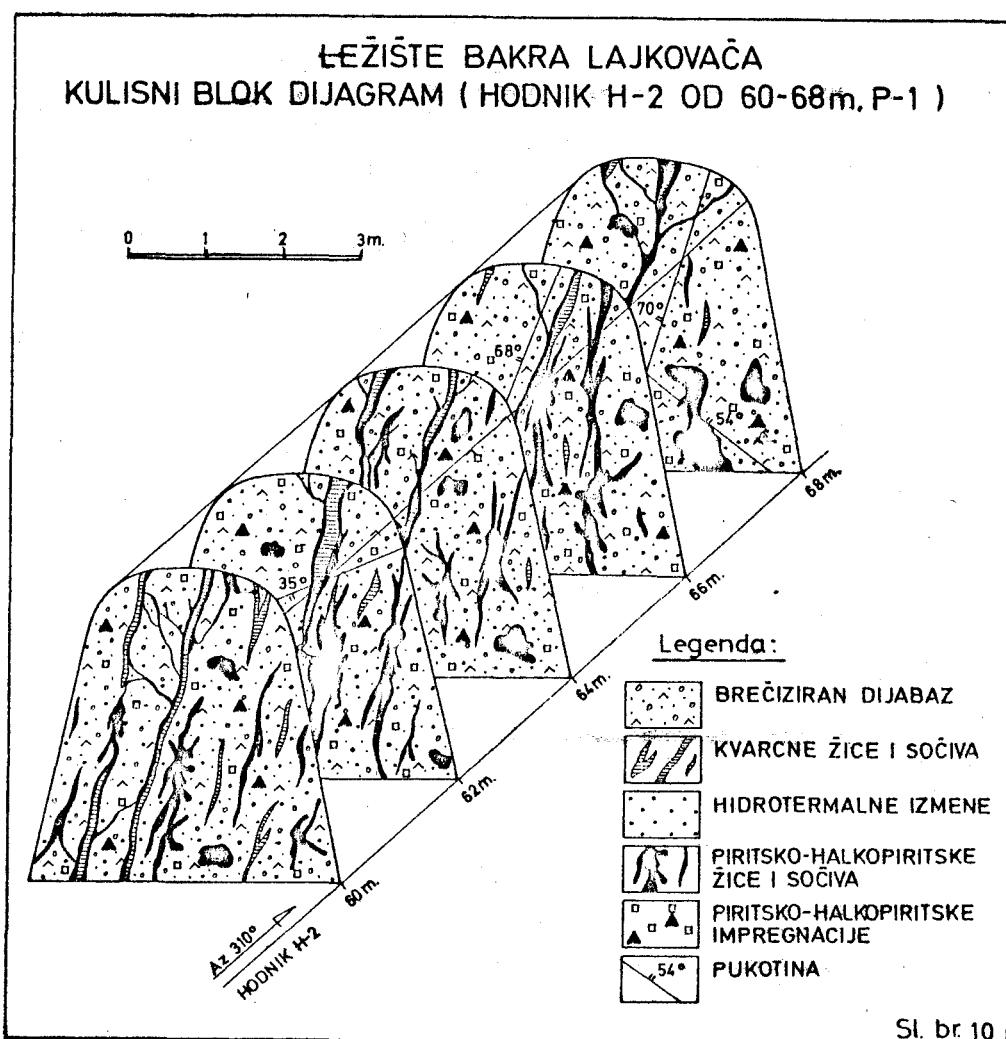


Sl. 9

secana kako longitudinalnim rupturama, tako i transferzalnim postrudnim (pružanja severoistok-jugozapad), koje su uslovile česta kidanja i smicanja, odnosno blokovsku strukturu iste u celiini. Ove rupturne deformacione tektonske oblike, prati intenzivno razvijena pukotinska tektonika.

Piritsko-bakronosno ležište Lajkovača, pokazuje tipične osobnosti štokverk-impregnacionog orudnjenja vezanog za stene di-

jabaznog sastava u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne Srbije. Skoro čitava stenska masa okolne stene, pored količinski dominantnog i redovno prisutnog pirita, sadrži i izvesne količine halkopirita prvenstveno u vidu impregnacija. Količina halkopirita u okviru ovih impregnacija varira u vrlo širokom dijapazonu, od jedva primetnih tragova do relativno gustih prožimanja, koje se prema rezultatima oprobavanja, mestimično mogu svrstati u impregnacionu rudu srednjeg kvaliteta (sadržaj do 1% Cu). Pored impregnacija kao najzastupljenijeg načina pojavljivanja rudnih minerala, halkopirit se u asocijaciji sa količinskim dominantnim piritom, ponekad praćen tragovima ostalih metaličnih minerala (sfalerit, magnetit, markasit, kovelin, halkozin), javlja još u vidu žica, šlira, sočiva i "gnezda" (štokverkno-impregnacioni tip orudnjenja - Sl. 10.).



Sadržaj bakra u ovakvim štokverkno-impregnacionim rudnim telima varira od 1. do 3., a mestimično 4. do 6%.

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.

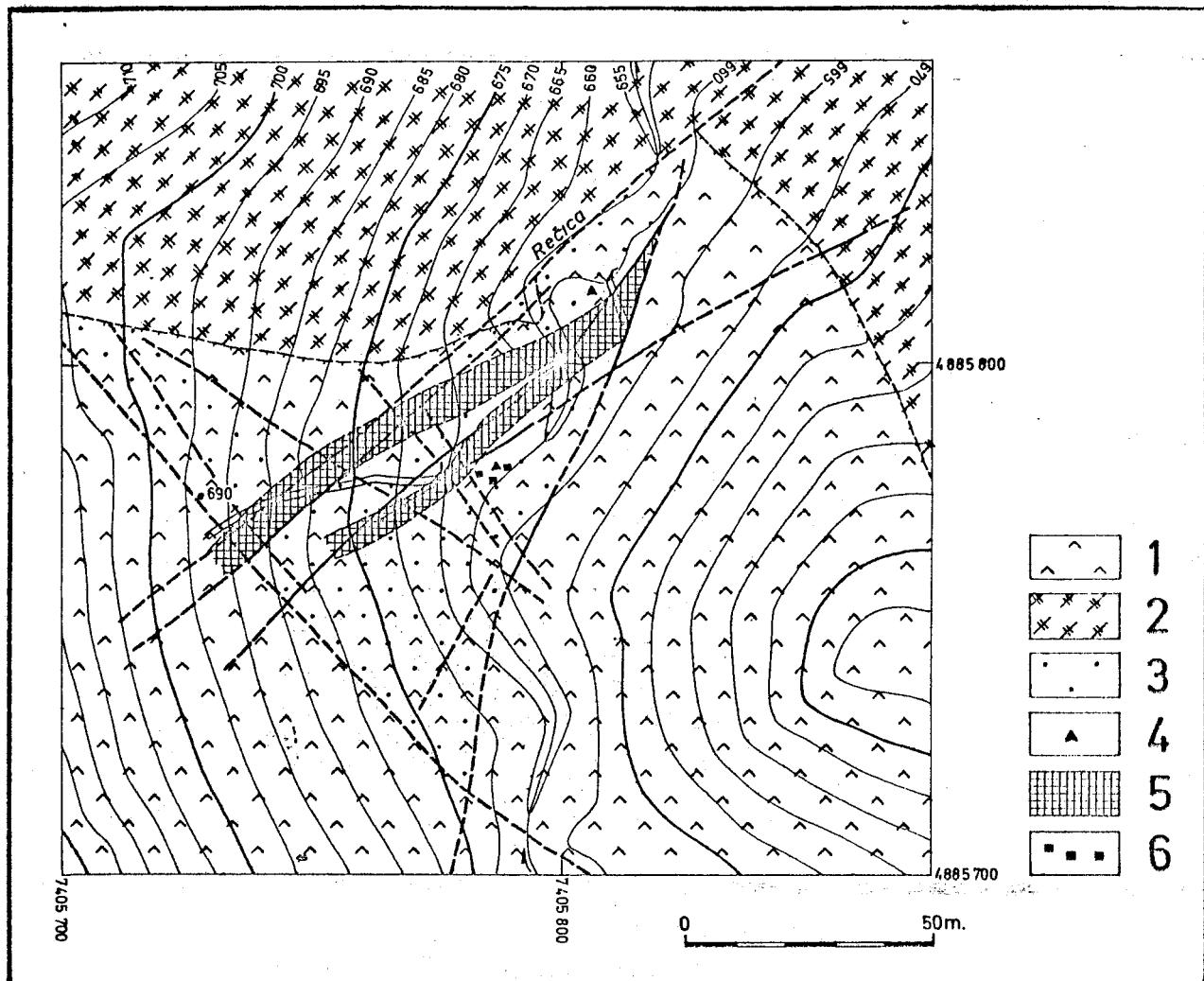
U obe vrste orudnjenja sadržaj zlata se kreće oko 1 gr/t, a srebro varira od 2 do preko 20 gr/t.

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

Rudne rezerve bakrovog orudnjenja u ležištu Lajkovača, iznose oko 3.000.000 t, sa srednjim sadržajem bakra od 0,82%.

#### V.1.2. Piritsko-bakronosno ležište Rečica

Bakrovo orudnjenje u predelu Režice (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 silifikovanim dijabazima, variolitima i bazičnim tufovima (verovatno se radi o tektoniziranom i izmenjenom dijabazu i pilou lavi), sa retko rasporedjenim 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.). Hidroermalne izmene okolnih stena, predstavljene su intenzivnom silifikacijom, a karbonatizacijom, albitizacijom i epidotizacijom u znatno manjem obimu.



Sl. 11. - Geološka karta severozapadnog dela rudonosne zone Rečica.

1. Dijabaz, 2. Gabro, 3. Pirotsko-halkopiritske impregnacije, 4. Rudni izdanci masivne halkopiritsko-pirotske rude, 5. Projekcija masivnog pirotsko-halkopiritskog orudnjena na površini terena, 6. Piritizacija.

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 orudnjena, 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, se karakteriše ma-

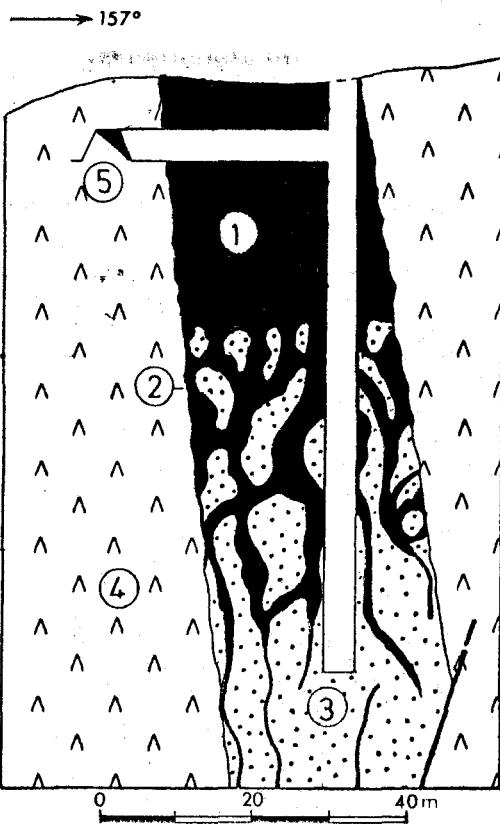
nje komplikovanim strukturnim odnosima i znatno slabijim intenzitetom Fe-Cu sulfidne mineralizacije.



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

isključivi nosilac bakrovog orudnjenja, koji se u asocijaciji sa količinskim 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 takodje 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 predhodno opisanim orudnjnjem istog tipa u ležištu Lajkovača.

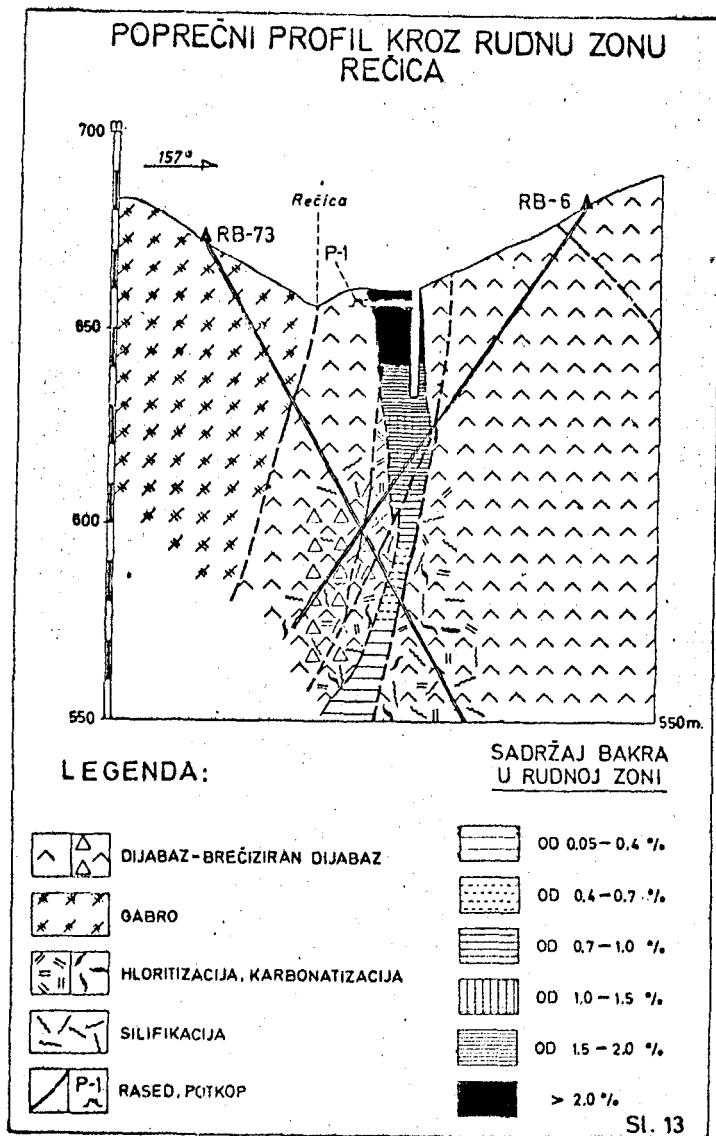


Sl. 12. - Vertikalni presek piritsko-halkopiritskog orudnjenja (ležište Rečica).

1. Masivni tip orudnjenja, 2. Stokverkni tip orudnjenja, 3. Impregnacioni tip orudnjenja, 4. Dijabaz, 5. Rudarski istražni rad.

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

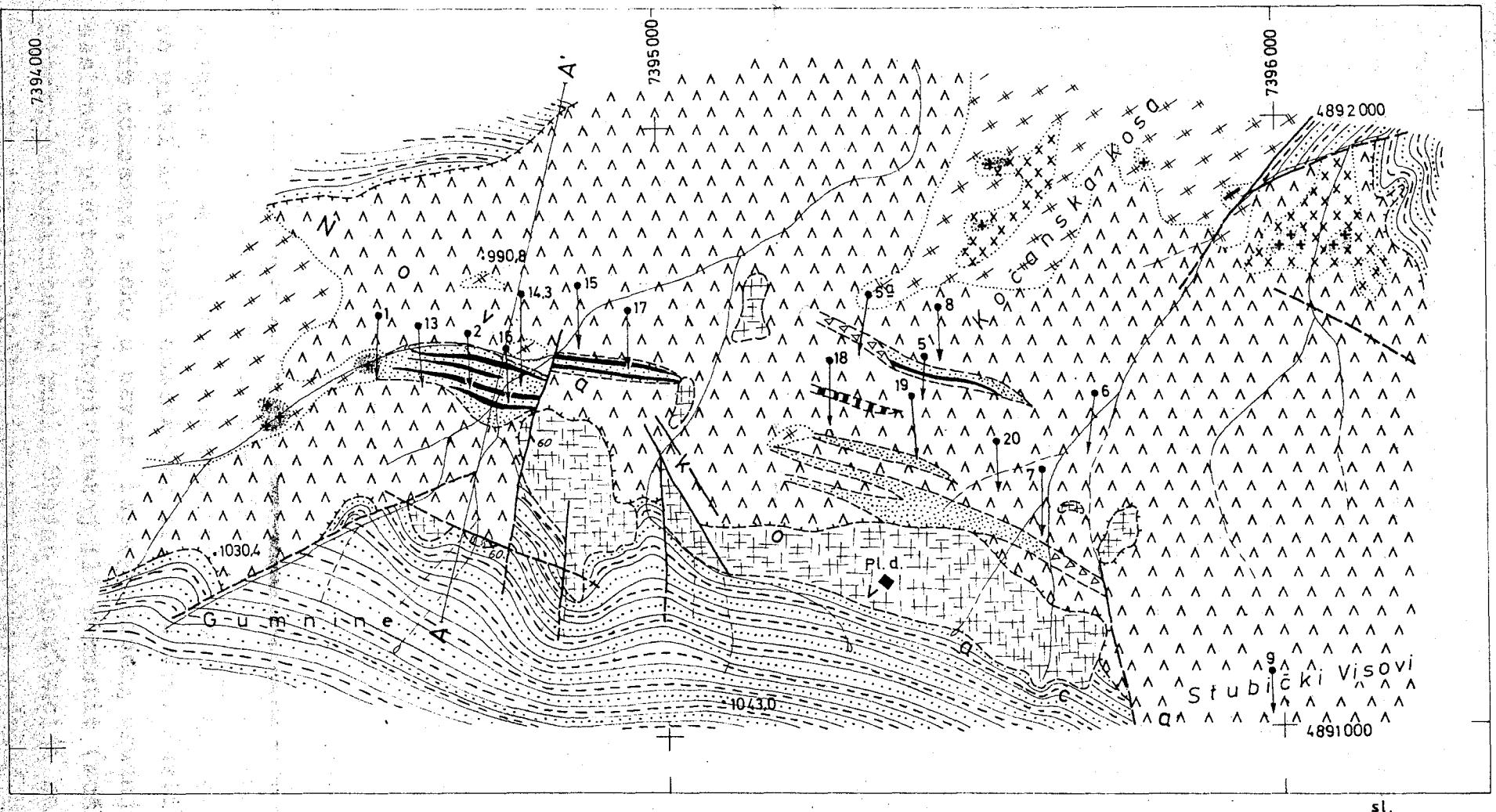
Prema izvršenom proračunu (Purić, 1975.), rezerve bakrove rude iznose oko 145.000 t sa srednjim sadržajem od 1,21% Cu. Sadržaj zlata se kreće od 0,6 do 1 gr/t, a srebro varira od 2 do 10 gr/t. Na osnovu izvršene rekonstrukcije erodovanih i raznetih delova ovog ležišta, došli smo do zaključka da je najveći deo visoko kvalitetne masivno-sulfidne rude, razoren i raznešen potokom Rečica.



### V.1.3. Pirotsko-magnetitsko-halkopirotsko 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.

Generalni pravac pružanja zone je severozapad-jugoistok,

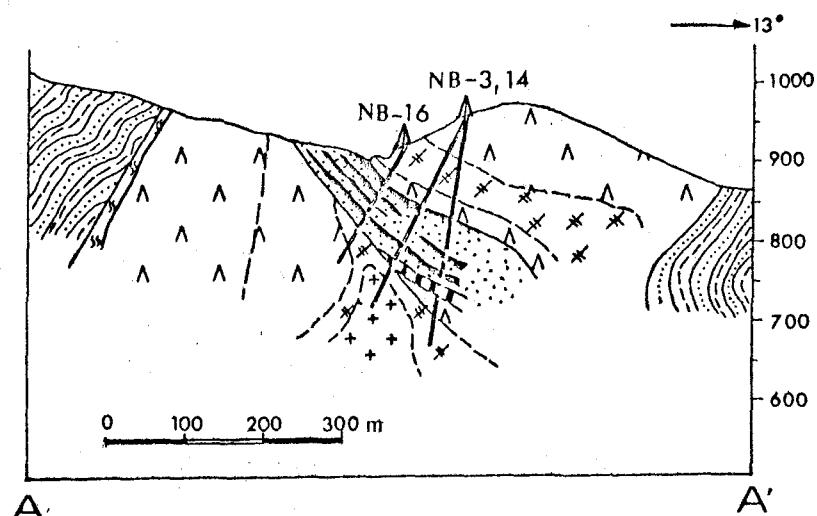


Sl. 14. - Geološka karta uže lokalnosti Novakovača (po Rončeviću, 1975.).

1. Plagiogranit, 2. Diorit i kvarcdiorit, 3. Gabrodiorit, 4. Gabro, 5. Serpentinisani peridotit, 6. Dijabaz, 7. Brečizirani dijabaz, 8. Masivni krečnjak, 9. Peščari, alevroliti sa rožnacima i dijabazima, 10. Mineralizovana zona, 11. Fe-Cu orudnjenje, 12. Masivni pirit (na profilu sl. 15., masivna ruda: magnetit-pirit-halkopirit).

Legenda	
1	+++
2	xxx
3	xx
4	xx
5	ss
6	aa
7	△△△
8	+++
9	—●—
10	/ / 60

a nizom ruptura pružanja severoistok-jugozapad i sa nekoliko sistema pukotina ispresecana je, smaknuta i pomerena, te je na taj način zadobila vrlo složena struktorna 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 vulkano-sedimentna ležišta (Rončević, 1975.).



Sl. 15. - Poprečni profil kroz piritsko-magnetitsko-halkopirit-sko ležište Novakovača (Po Rončeviću, 1975.). Uslovne oznake za legendu date su na Sl. 14.

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 redje 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.

Sa aspekta bakronosnosti, pomenuti severozapadni deo ove zone, ocenjen je kao perspektivniji (u tom delu na dužini od preko 500 m, njena maksimalna debljina mestimično 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.

Prema gruboj prognozi na osnovu dosadašnjeg stepena istraženosti (Purić, 1974.), u okviru ovog ležišta može se očekivati oko 1.300.000 t bakrove rude, sa srednjim sadržajem od 0,65% Cu, uz napomenu da orudnjenje nije praktično istraženo po padu rudo-nosne strukture. Sadržaj zlata varira od 0,6 do 2 gr/t, a srebra od 1 do preko 5 gr/t.

Pored bakrovog orudnjenja, u okviru pojavljivanja masivne rude konstatovan je relativno visok kvalitet mušketovitsko-magnetitske rude sa sadržajem Fe od 30 do 45%, odnosno procenjenom količinom od oko 560.000 t.

#### V.1.4. Piritsko-bakronosno ležište Rebelj

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 rasporedjenim fragmentima rožnaca. Hidrotermalne promene ovih (okolnih) stena su manifestovane intenzivnom hloritizacijom i silifikacijom, a albitizacijom samo mestimično.

Orudnjenje bakra u okviru ovih 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 količinskim 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 podredjenim količinama ulaze u sastav masivnih ruda, ali zato dominiraju u orudnjenjima 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 tekušturom rude. U centralnom delu ležišta (Sl. 16.) otkriveni su ostaci rudnog tela, čije su dimenziije rekonstruisane prema veličini zasipa ( $30 \times 25 \times 5$  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.).

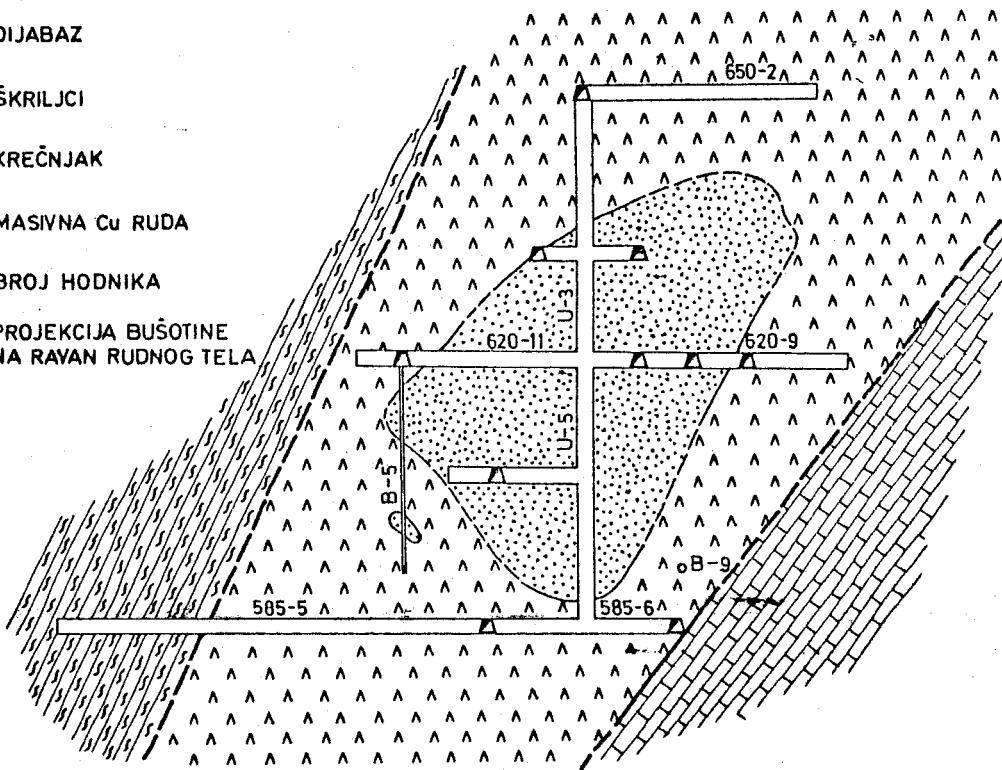
Sadržaj bakra u okviru masivnog sulfidnog orudnjenja varira u širokom dijapazonu od 0,69 do 11,98%. Sadržaji zlata se kreću izmedju 0,2 i 1,2 gr/t, a srebra od 1,4-37 gr/t.

**LEŽIŠTE BAKRA REBELJ**  
**UZDUŽNI PROFIL KROZ RUDNO TELO U SZ DELU**  
**( PO TERZIĆU I JOVANOVIĆU )**

R=1:500

**LEGENDA:**

	DIJABAZ
	ŠKRILJCI
	KREČNJAK
	MASIVNA Cu RUDA
	620-11 BROJ HODNIKA
	B-5 PROJEKCIJA BUŠOTINE NA RAVAN RUDNOG TELA



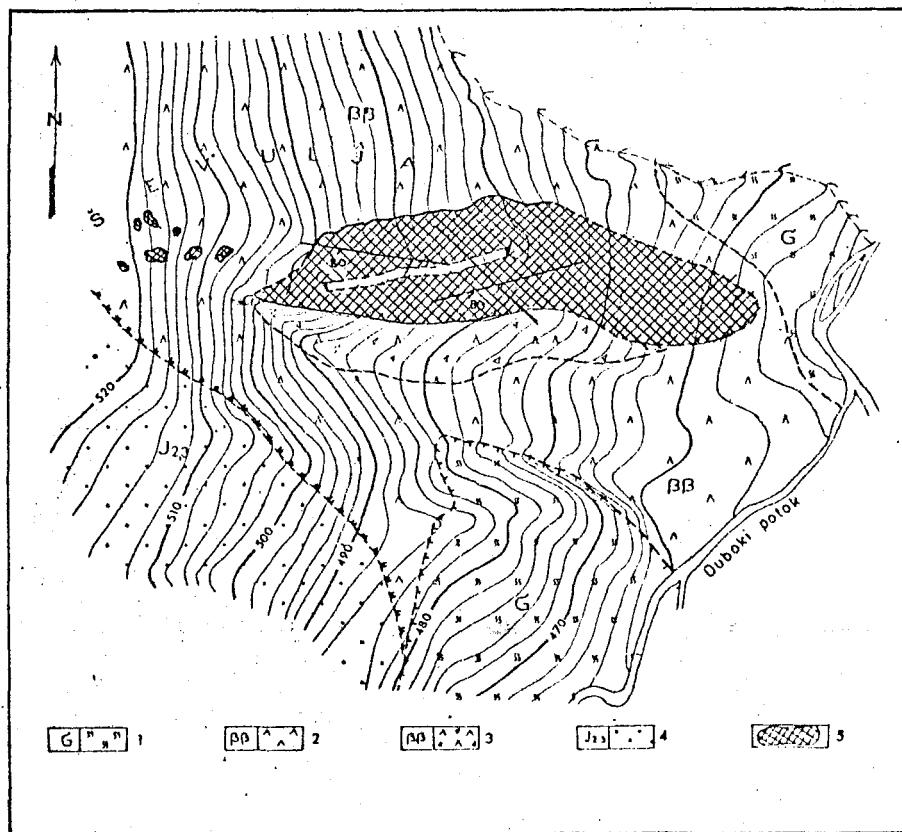
Sl. 17

Prema Terziću i Jovanoviću (1974.), proračunom utvrđene rezerve bakrove rude (samo za rudno telo u SZ delu ležišta) iznose oko 25.000 t, sa srednjim sadržajem od 4% Cu, sumpora 24,35%, zlata 0,27 gr/t i srebra 11,39 gr/t. Prognozne rezerve u ostalim delovima ležišta ocenjene su na 70.000 t, sa srednjim sadržajem od 3,5% Cu.

#### V.1.5. Piritsko-magnetitsko (mušketovitsko)-halkopiritsko ležište Ševulja

Ovo ležište je lokalizovano u masi dijabaza "uklještenoj" izmedju peridotita i sedimenata dijabaz-rožnačke formacije, (Sl.18.).

Prema Rončeviću (1976.), Fe-Cu sulfidno orudnjenje se javlja duž intenzivno brečizirane rasedne zone, koja se po pruzanju (ZSZ-IJI) može da prati na dužini od preko 200 m, sa prosečnom debljinom od oko 30 m.



Sl. 18. - Geološka karta pirotsko-magnetitsko-halkopiritskog ležišta Ševelja.

1. Peridotit, 2. Dijabaz, 3. Brečizirani dijabaz, 4. Sedimenti dijabaz-rožnačke formacije, 5. Gvozdeni šešir.

Okolne stene dijabazi, u domenu ove zone, odnosno zaledanja 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.

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

Pomenute partie masivnog mušketovitsko-pirotsko-halko-

piritskog 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 Šeđulja, 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.

Prema proceni Rončevića (1976.), rudne rezerve u okviru ovog ležišta su reda veličina od 600 - 700 hiljada t, ali se o sadržaju Fe i Cu, ne može doneti pouzdan zaključak, s obzirom da ova rudonosna struktura do sada nije istraživana po padu.

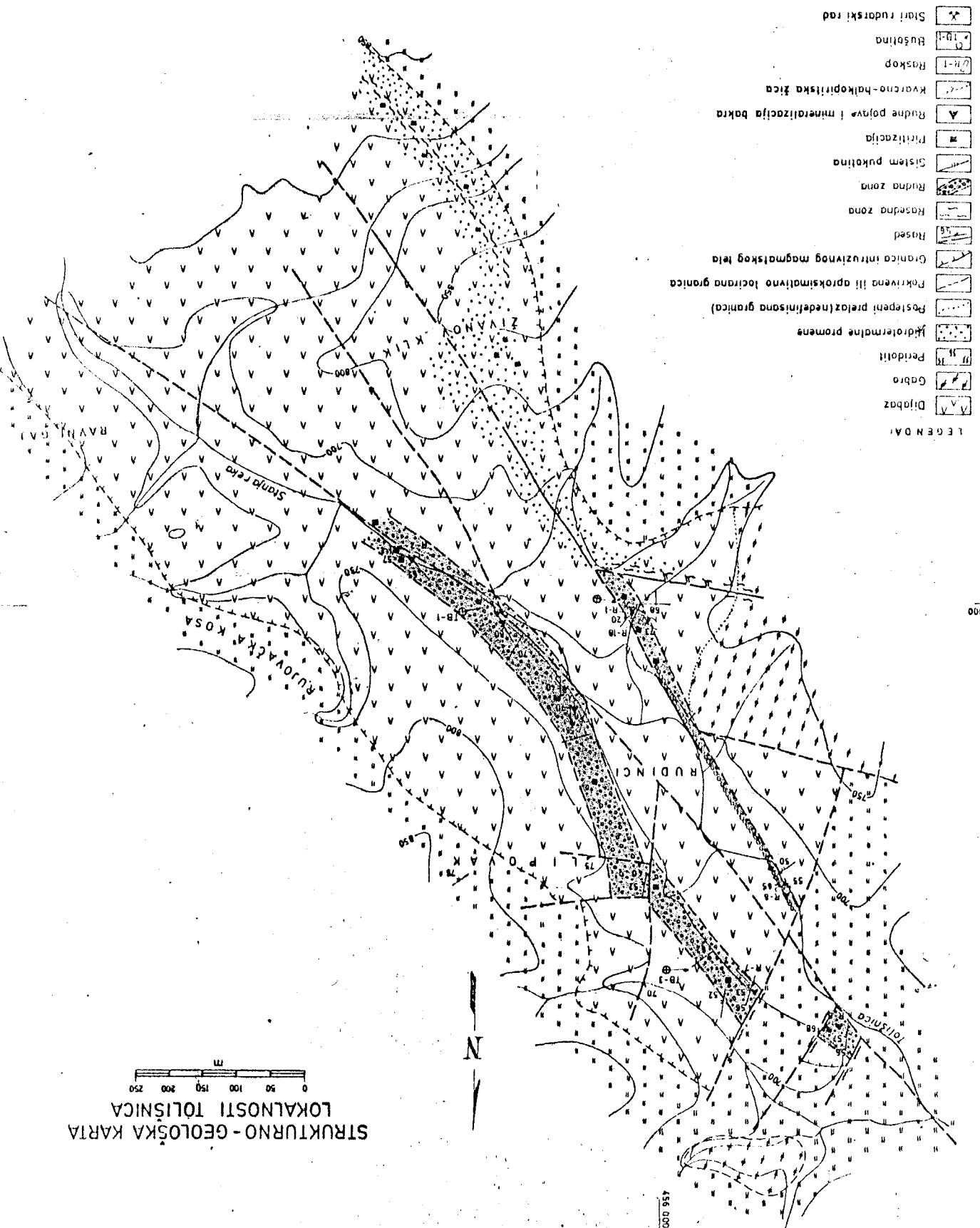
#### V.1.6. Piritsko-bakronosno ležište Tolišnica

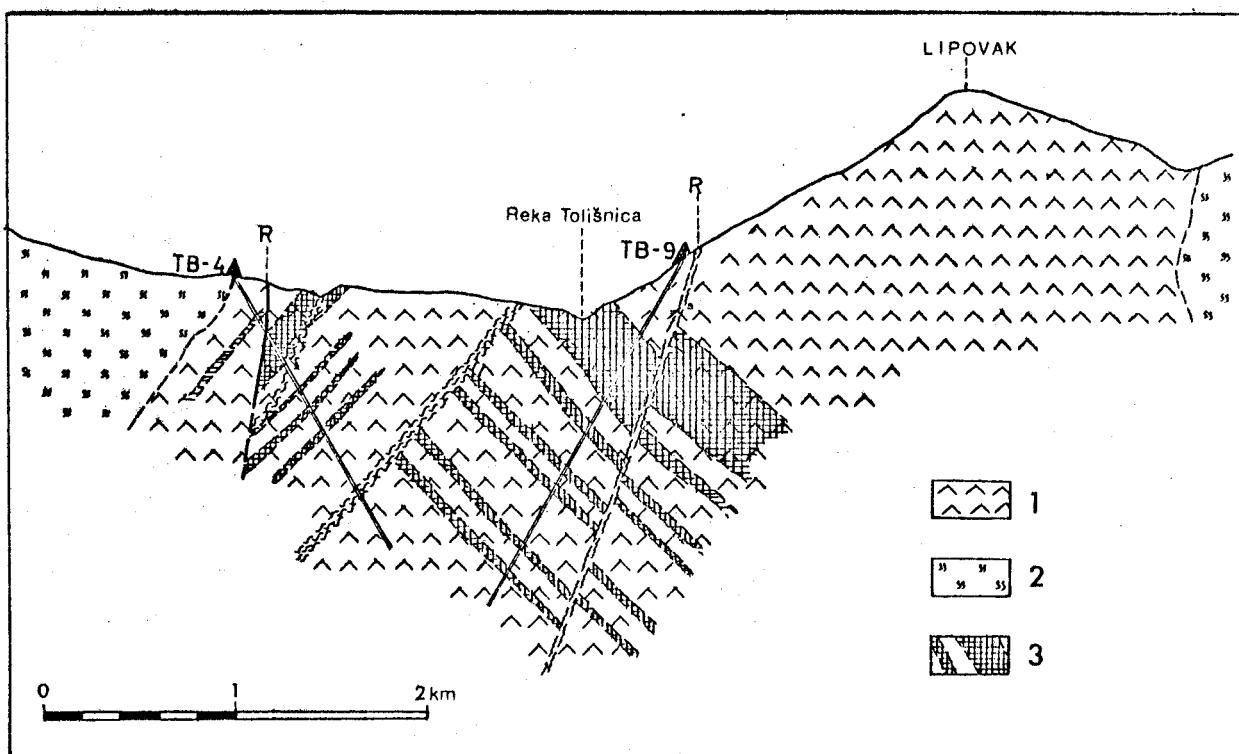
U izvorišnom delu reke Tolišnice, prospekcijom mineralnih sirovina (1973.), u okviru vrlo složene hidrotermalno izmjenjene, tektonizirane zone, indicirano je piritsko-bakronosno ležište, koje je narednih godina istraživano bušenjem. Generalni pravac pružanja zone je severozapad-jugoistok, po kom je okonturena 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





Sl. 20. - Poprečni profil kroz rudonosnu zonu Tolišnica.

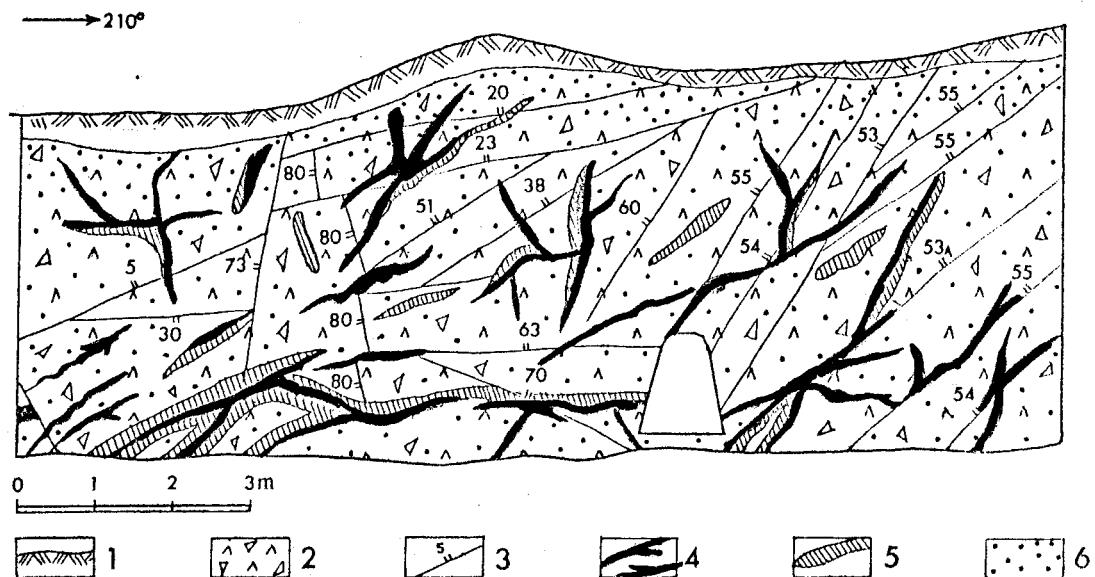
1. Dijabaz, 2. Gabro, 3. Rudonosna (piritsko-halkopiritska) zona.

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.



Sl. 21. - Skica rudnog izdanka (štokverk-impregnaciono orudnjene) Rudnici - ležište Tolišnica.

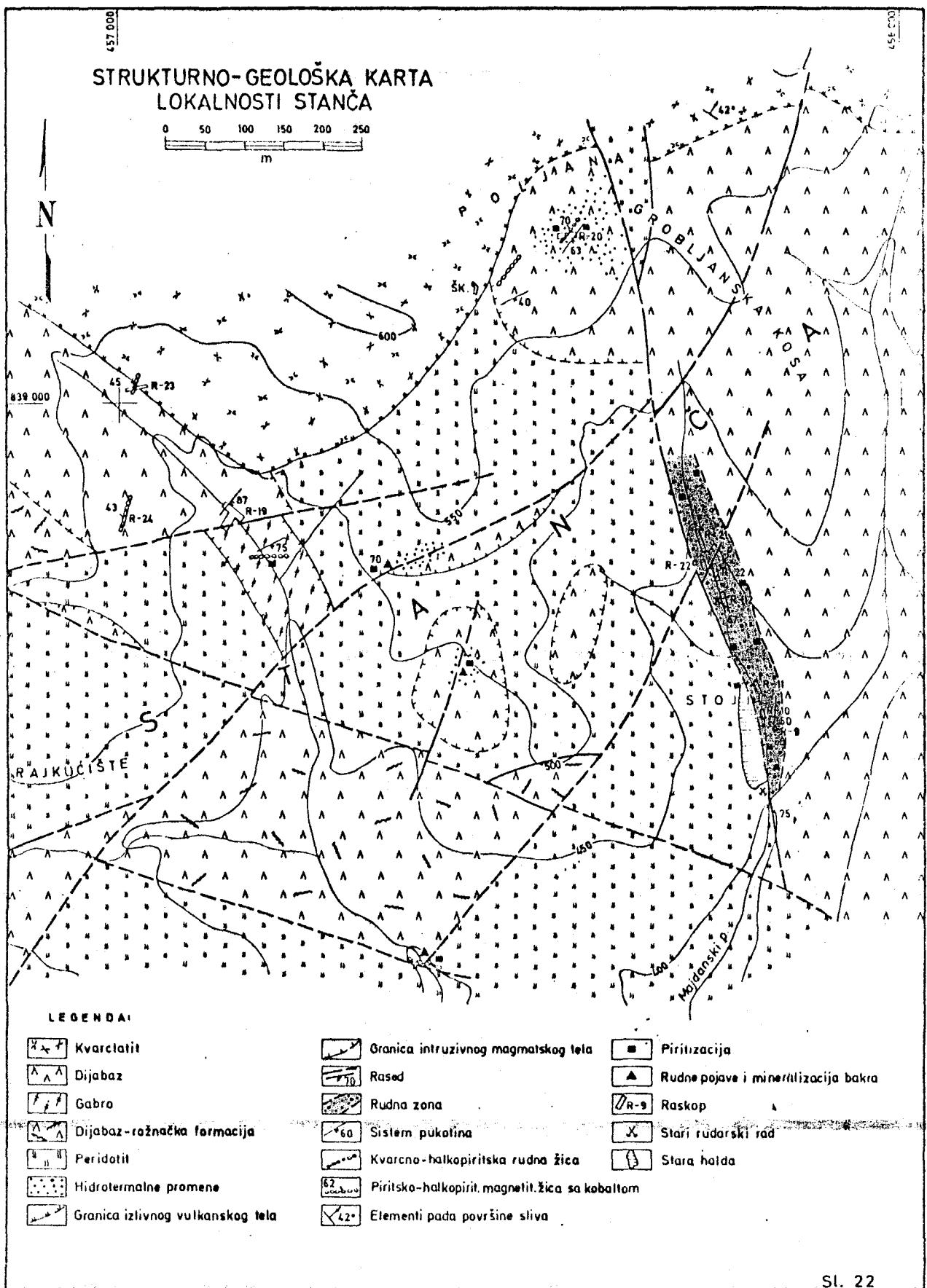
1. Humus, 2. Brečizirani dijabaz, 3. Sistem pukotina, u halkopirotsko-piritske žice i sočiva, 5. Kvarcne žice i sočiva, 6. Piritsko-halkopirotske impregnacije.

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 poglavljju.

Na osnovu rezultata preliminarnog parametarskog istražnog bušenja, Purić (1979.) je izvršio procenu rudnih rezervi, prema kojoj rezerve bakrove rude u okviru štokverknog orudnjenja iznose 110.000 t sa srednjim sadržajem 2,2% Cu, a u grubo-okonturenim partijama impregnacionog orudnjenja dostižu 2.500.000 t, sa srednjim sadržajem od oko 0,6% Cu.

#### V.1.7. Magnetit-piritsko-halkopirotsko ležište Stanča

Bakrovo orudnjenje u ležištu Stanča (Sl. 22.) je loka-



lizovano u hidrotermalno izmenjenoj brečastoj zoni dijabaza, sa generalnim pravcem pružanja SSZ-JJI i padnim uglom od  $45-70^{\circ}$  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.

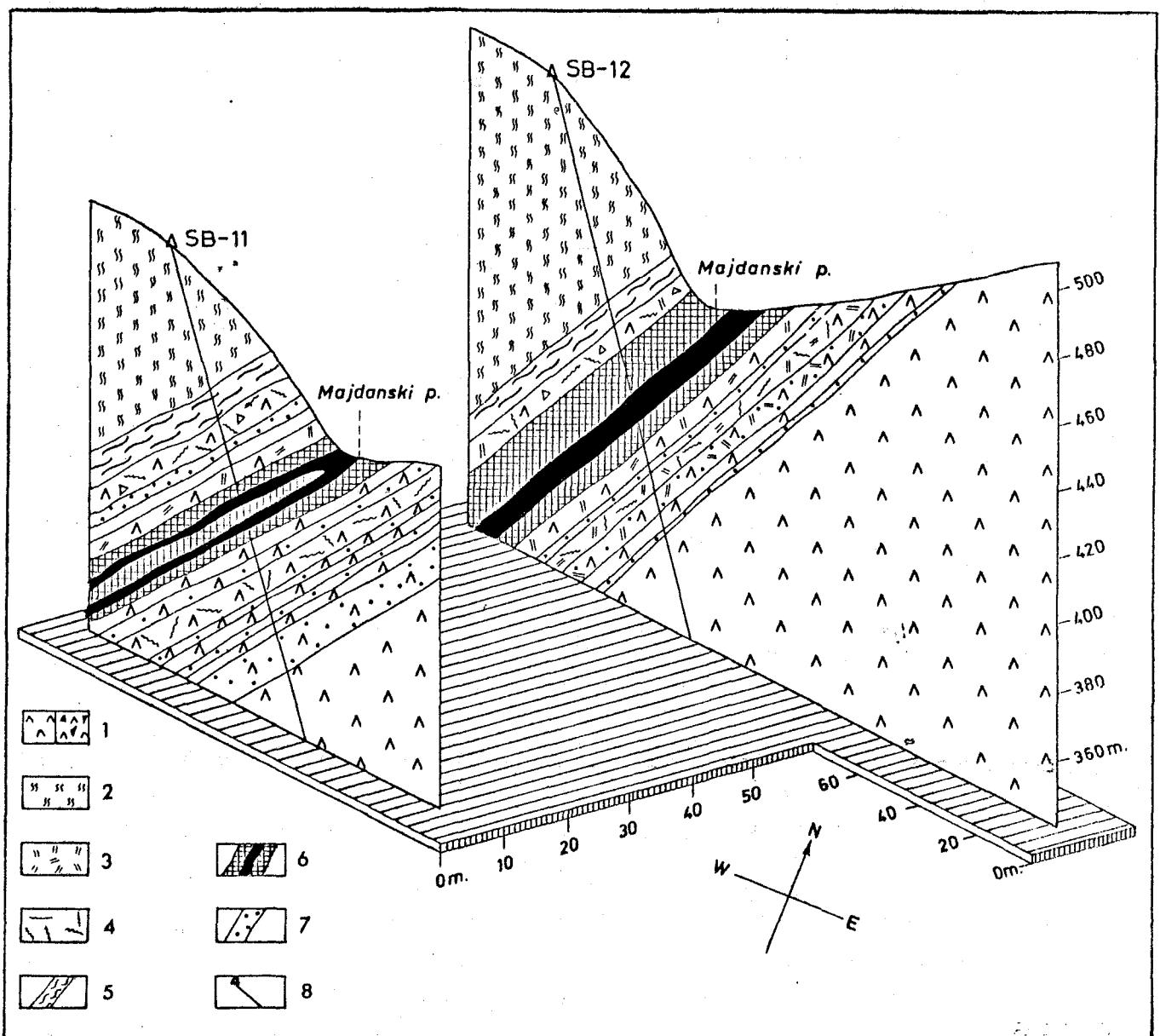
Mineralna parageneza obuhvata: magnetit, ilvait, pirit, halkopirit, pirotin, lineit, makinovit, limonit i druge metalične minerale, koji se pretežno javljaju u vidu finozrnih impregnacija.

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 asocijације sasvim retko i u izuzetno niskim količinama.

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 rasporedjene žice i rudna tela sočivastih formi masivne piritsko-magnetitsko-halkopiritske rude u impregnacionoj stenskoj masi hidrotermalno izmenjenog dijabaza (Sl. 23.), sa vrlo indikativnim 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 izmedju 2 i 6%, a oksidnog gvoždja od 20 do 35%.

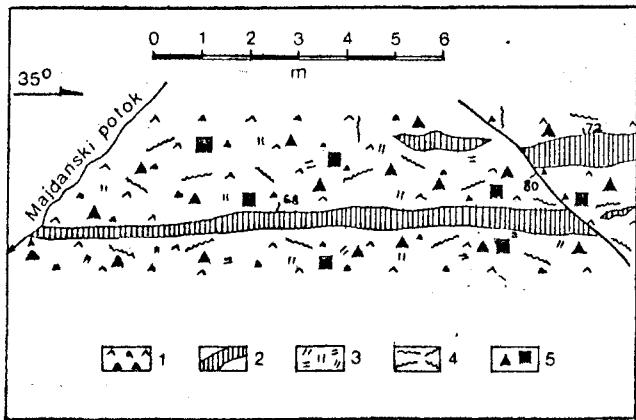
Masivnu rudu u ovom ležištu prati relativno visok sadržaj kobalta, od nekoliko stotina do 1600 ppm. Prema izvršenim mineraloškim ispitivanjima (Markov, 1976.), pirit je glavni nosilca kobalta, dok su znatno manje količine ovog elementa vezane za magnetit i halkopirit.



Sl. 23. - Kulisni blok dijagram severozapadnog dela rудносне zone Stanča (po Puriću, 1976.).

1. Dijabaz - brečizirani dijabaz, 2. Peridotit, 3. Hloritizacija, 4. Silifikacija, 5. Rasena zona, 6. Konture masivnog o-rudnjenja sa sadržajem bakra od 1,50 - 2,15%, 7. Orudnjene impregnacionog tipa (sadržaj od 0,13-0,25% Cu), 8. Istražna bušotina.

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.



Sl. 24. - Plan rudnog izdanka u Majdanskom potoku (ležište Stanča).

1. Brečizirani dijabaz, 2. Žica i sočivo masivne piritsko-halkopiritsko-magnetitske rude, 3. Hloritizacija, 4. Sulfifikacija, 5. Piritsko-halkopiritske impregnacije.

Kobalt je mineraloški individualisan (Radusinović, 1976.) u vidu minerala lineita i makinovita, koji se uglavnom javljaju u vidu inkruzija u pirotinu i halkopiritu. Stoga "rasipanje" sadržaja kobalta u magnetitu, treba pripisati prisustvu halkopiritskih i pirotinskih zrna u njemu. Prisustvo kobalta u piritu međutim, Radusinović (1976.), jednim delom vezuje za njegovo pojavljivanje u kristalnoj rešetki pirita, a drugim delom za pirotinske inkruzije 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.

Na osnovu dosadašnjih rezultata istraživanja, Purić (1978.) je izvršio procenu mogućih količina rudnih rezervi u ovom ležištu, u iznosu od oko 1.000.000 t bakrove rude sa srednjim sadržajem od 1,5% Cu.

## VII 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 poje-

dinih izučavanih piritsko-bakronosnih ležišta, zapaža se izražita sličnost ili istovetnost u pogledu karaktera okolnih stena, rudokontrolnih faktora, mineralnog sastava i parageneza, genetsko-morfoloških tipova, distribucije rudnih metala i pratećih mikroelementa, promena okolnih stena, primarnih oreola rasejavanja i dr., što je verovatna posledica njihovog jedinstvenog načina postanka.

#### VI.1. 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 lava ma 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  $30 \text{ km}^2$ , a rasporedjene su gotovo duž čitavog rasprostranjenja dijabaz-rožnačke formacije na izučavanom delu terena (prilog 1. i 2.), sa jasno izraženom generalnom orientacijom, koja je saglasna sa pravcem pružanja dijabaz-rožnačke formacije (severozapad-jug-istok). 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 izraziti hidrotermalni izmeni 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 for-

maciji, 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 lame. Ove stene, kako sa aspekta fizičko-mehaničkih, osobina, tako i u pogledu tektonske predispozicije, nesumnjivo predstavljaju povoljniju geološko-geohemijsku sredinu za nastupanje hidrotermalnih rudonosnih rastvora, te samim tim i za odlaganje orudnjenja, u odnosu na dijabaze i spilite.

#### VI.2. 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 strukturalna 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-jugozapad, te su u celini zadobile blokovsku strukturu.

#### VI.3. 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, Petrovskaja (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 piritskih ležišta vezanih za bazični vulkanizam i prateću vulkanogenu sekvencu (Hutchinson and Searle, 1971; Constantinou and Govett, 1973; Putnik, 1974; Janković, 1977; Bachinski 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-rožnjačkoj formaciji Podrinjsko-polimskog regiona, u osnovi se mogu podeliti na dve grupe i to: piritska i piritsko-bakronosna ležišta.

#### VI.3.1. 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 Ljubovidja).

#### VI.3.2. 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 Bamba (1976.) u okviru ležišta Anajatak (oblast Ergani-Maden u Turskoj). U ovu podgrupu uvrstili smo ležišta Novakovaču i Stanču.

#### VI.4. Opšte osobenosti mineralnog sastava i parageneze ležišta

Sa aspekta načina postanka bilo kog rudnog ležišta uopšte, pored niza geoloških, strukturnih, geochemijskih, 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 orudnjenu, 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 identičnost. Ova sličnost ili u nekim slučajevima istovetnost mineralnog sastava, je u osnovi posledica jednorodnog porekla hidroermalnih 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 mušketovita), 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 komponeneti.

Pirit se javlja u vidu dve generacije koje smo označili kao pirit I i pirit 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 ljosni lili, te

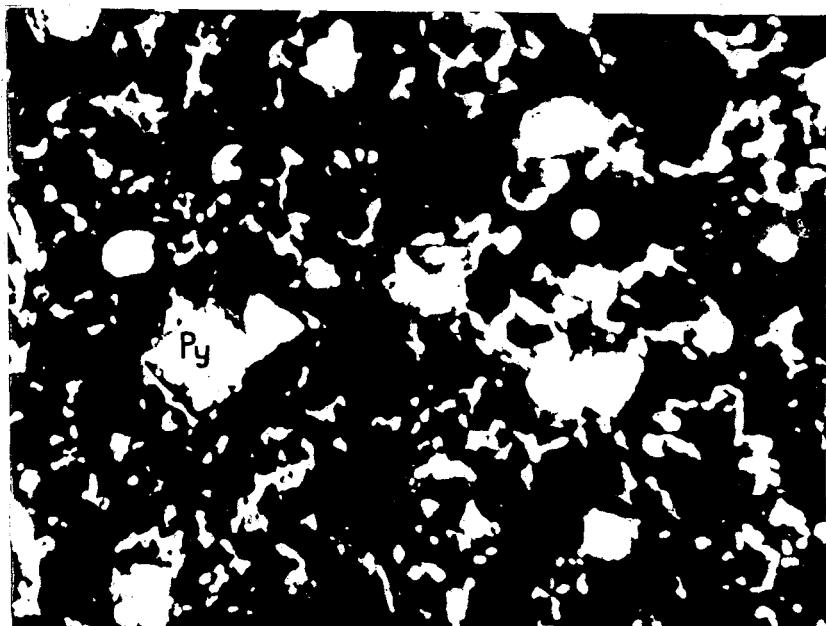
MINERALNI SASTAV

JABELO 3

	PIRITSKO-BAKRONOSNA LEŽIŠTA I RUDNE POJAVE															
Rudni minerali	LAJKOVAC	REČICA	NOVAKOVAC	REBELJ	ŠEĆULJA	STANČA	TOLŠNICA	MARIKOV POTOK	GOMEDA GLAVA	MRAVINGERI	LJUBOVIDA	BABOVIČA P.	DRENNOVCI	PRIBOJSKA BANJA	PRAVOŠEVO	MEĐANE
MAGNETIT	2	1	2		1	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	
HALKOPIRIT	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				
KOVÉLIN	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	
Nerudni minerali																
KVARC	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
HLGRIT	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															

Glavni rudni minerali 1; Drugostepeni minerali 2;  
Minerali u tragojima 3

stvaraju krstaste forme. Veličina kristala varira u granicama izmedju 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 predhodio rudnoj etapi (Fot. 4.).



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

Pirit II, je nastao istovremeno sa halkopiritom i uče-  
stvuje sa oko 50-60% u celokupnoj masi pirita u štokverk-impregna-  
cionom tipu orudnjenja. Obično se javlja u vidu zrna nepravilnog  
oblika, često izlomljenih i sa vidljivim manifestacijama metaso-

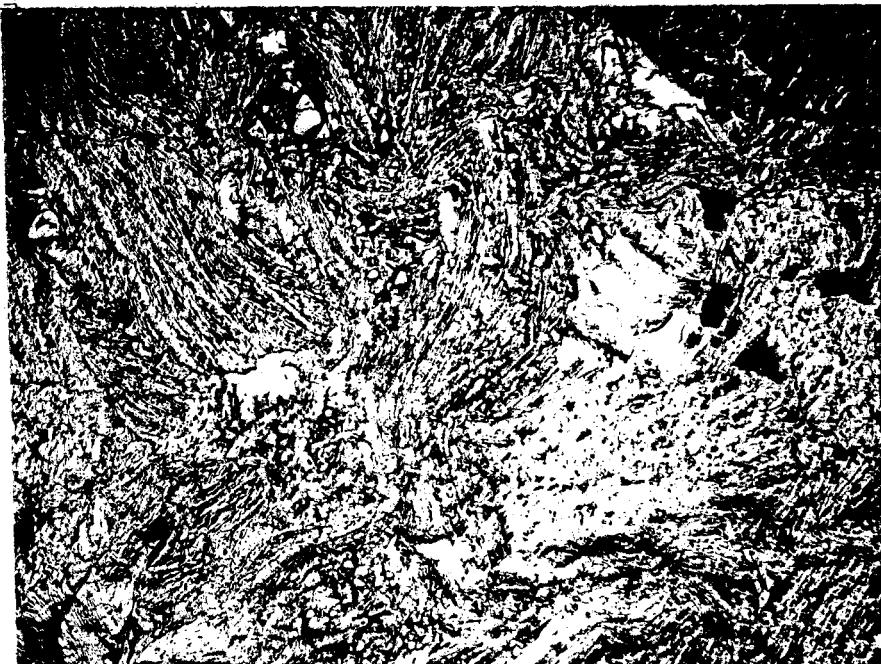


Fot. 5. - Pirit II u asocijaciji sa halkopiritom u kvarcnoj masi (ležište Lajkovača).

matskog potiskivanja. Ova zrna pirita II, su različitih dimenzija, od makroskopski vidljivih (nekad, mada dosta retko, doštižu nekoliko desetina milimetara (Fot. 5.) do mikroskopski sitnih, a najčešćanija 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 prehladjenih rastvora iz kojih je nastao ovaj mineral, odnosno na širi interval njegovog stvaranja i verovatno pulsiranje hidrotermi.

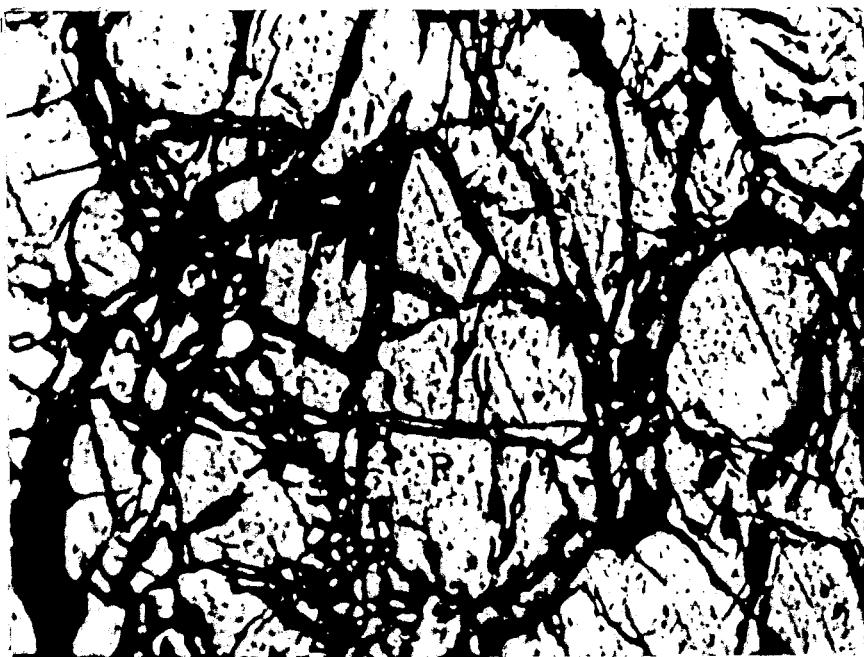
Halkopirit vrlo često u vidu zrna, agregata, masivnih partija (karakterističnog školjkastog preloma) i "plaža", metasomatski potiskuje mušketovit, pirit i kvarc, cementuje ih i uklapa, naročito kada je reč o štokverknoj i masivnoj rudi (Fot.6.).



Fot. 6. - Neporemećena piritsko-halkopiritska masivna ruda (I) i tektonizirana masivna piritsko-halkopiritska ruda (II) - ležiste Stanca.

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. 7.), a u izvesnim slučajevima pukotine i prsline u okolnoj steni - "razbijeni" tip mineralizacije. Boja ovog minerala je najčešće mesinganožuta, sa mestimično karakterističnim prelazima u zelenkastu.



Fot. 7. - Žilice halkopirita (Cp) u piritskim zrnima (P) - ležište Lajkovača.

Magnetit se javlja pretežno u pritkastim kristalnim oblicima, gde su pritke obično različito orijentisane - povijene, haotično ili zrakasto rasporedjene. 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 rasporedjenih zrna i manjih usamljenih partija. Redovno u sebi sadrži izdvajanja pirhotina i halkopirita (katatermalni sfalerit - Vučanović, 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 pirotsko-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 mušketovita), može se objasniti sastavom hidrotermalnih rastvora, odnosno njihovim PH i režimom sumpora. Ustvari, ako podjemo od gotovo opšte prihvaćenog shvatanja da odlaganje masivnih ruda nastaje u depresijama mor-skog 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 Butuzove (1969.), u redukcionoj sredini pri  $\text{PH} = 5$ , u prisustvu  $\text{H}_2\text{S}$ , oslobođaju se hidrati oksida gvoždja, a ne pirit, jer je karakterističan za manje kiselu sredinu.

S obzirom da nismo bili u mogućnosti da izvršimo ispitivanja temperatura homogenizacije tečnih inkruzija, smatramo da se podaci Sponera i Braja (Spooner and Bray, 1977.) zbog izražitih sličnosti naših ležišta sa istim u masivu Trodos na Kipru, mogu uslovno koristiti i u našem slučaju. Naime, ovi su autori, preko ispitivanja temperatura homogenizacije tečnih inkruzija došli do zaključka da se štokverkna mineralizacija stvarala na

temperaturi  $300-350^{\circ}\text{C}$ , što približno može da odgovara pomenutim predpostavkama o temperaturi stvaranja naših ležišta.

#### VI.4.1. Struktura i tekstura rude

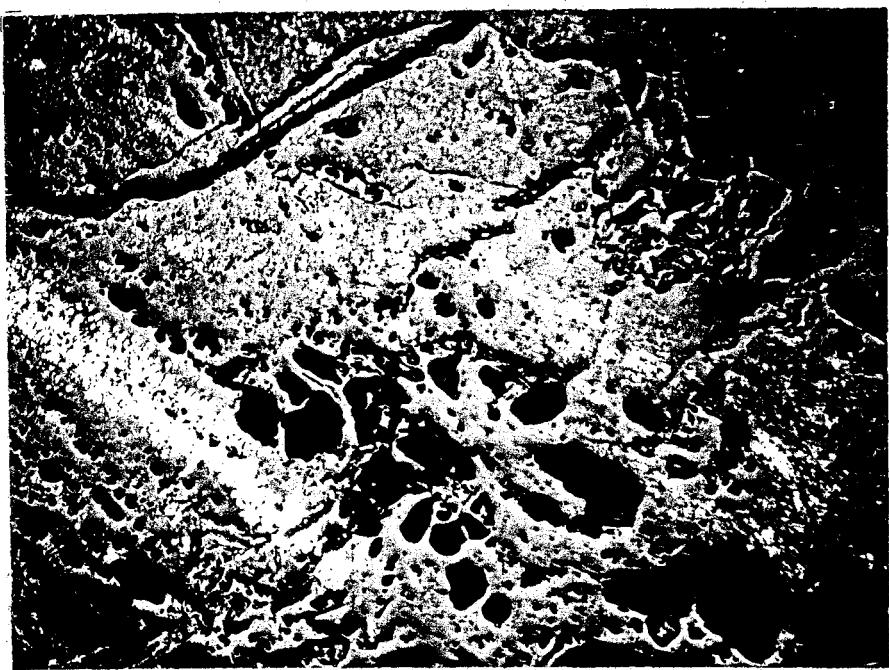
Rudna masa izučavanih piritsko-bakronosnih ležišta i rudnih pojava, se u osnovi javlja u 3 glavna oblika: u vidu impregnacija, štokverka i masivno-sulfidnog orudnjenja, dok se četvrti morfološki tip - žično pukotinskog zapunjavanja javlja vrlo retko.

Mikroskopskim ispitivanjima navedenih tipova orudnjenja, konstatovano je da se ono najmasovnije pojavljuje u vidu mikrozrnaste i sitnozrne rude, sa mestimičnim, ali znatno redjim, 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.



Fot. 8. - Masivna piritsko-halkopiritska ruda, kataklastične strukture, sa nizom mikrostrukturalnih elemenata - ležište Stanča.

Analizom rezultata dosadašnjih mineraloških ispitivanja orudnjenja, konstatovano je da se ono karakteriše čitavim nizom različitih struktura, počev od hipidiomorfno zrnaste, porfiroblastične, kataklastične (Fot. 8.), panidiomorfno zrnaste (magnetitsko-mušketovitske partije), do mestimično koloidne (samo piritske partije, Pirit I, Kleut, 1978.) sa tipičnom strukturom rudnih bakterija (Fot.9.).



Fot. 9. - Koloidni pirit (1) - ležište Tolišnica.

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" (štokerkno-impregnaciono orudnjenje) i globulasta, "drvenasta" i druga (impregnacije).

#### VI.5. 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

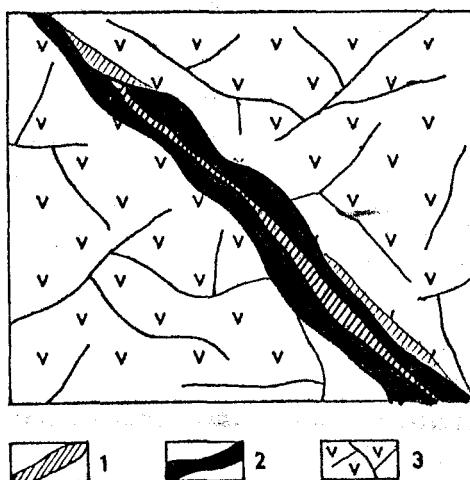
formacije u oblasti Polimlja.

- 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-impregnacioni tip orudnjenja, čije žice, šlire i sočiva u gornjim pripovršinskim 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 rasporedjenih 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 rasporedjenim fragmentima jaspisa debljine od svega nekoliko santimetara. Kad zapunjava koncentrične putotine 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 rediji.

- U okviru impregnacionih ležišta osnovu čini "tačkasti" tip orudnjenja koji u obliku finozrnih impregnacija mikronskih i milimetarskih dimenzija, pirita i redje 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 rasporedjene 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.

- Žično-pukotinski tip orudnjenja je neuporedivo niže učestanosti pojavljivanja, u odnosu na predhodna tri tipa. Zapravo, registrovan je samo u okviru pojedinih rudnih pojava u okolini Priboljske 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 maksimalnoj dužini od 100 m pri vrlo promenljivim debljinama od 20 do 150 cm (Jović, 1970.).



Sl. 25. - Halkopiritsko-piritska žica, sa kvarcom u katkaziranom dijabazu.

1. Kvarc, 2. Halkopirit i pirit, Dijabaz.

#### VI.6. Karakteristike promena okolnih stena

Polazeći od shvatanja Meiera i Himbyja (Meier-Himby, 1970.) da izmene okolnih stena ustvari predstavljaju promenu njihovog hemijskog i mineralnog sastava, nastalu u tesnoj genetskoj vezi sa rudonosnim rastvorima, odnosno 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.

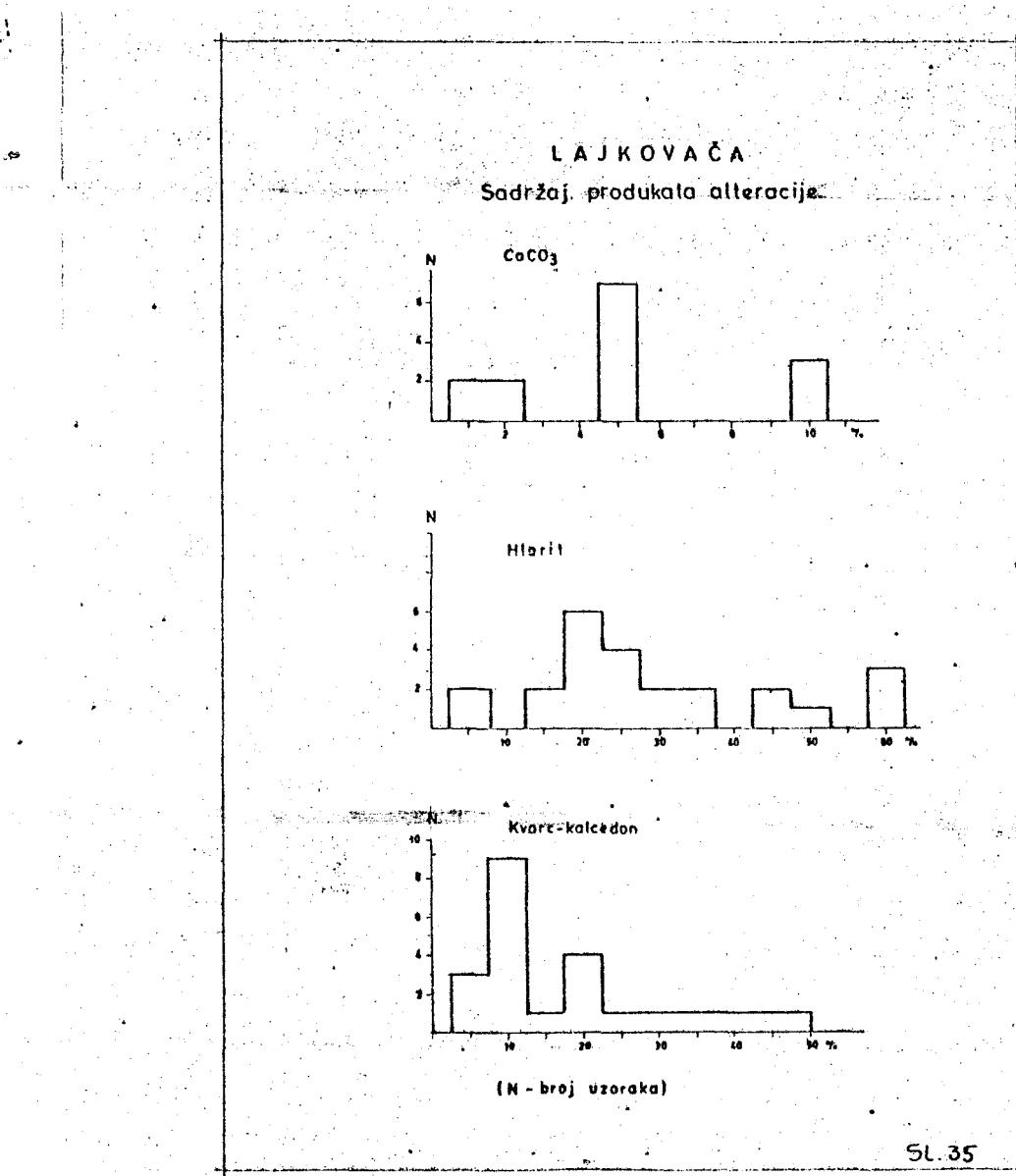
Promene okolnih stena, nastale kao posledica delovanja postvulkanskih hidrotermalnih procesa u odnosu na etape o-

orudnjenja mogu podeliti na: rudne i postrudne. U vezi s tim, Smirnov (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 redukcionu karakter (Naboko, 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, hidroermalne promene okolnih stena uglavnom nastaju metasomatskim putem. Kasnije u rudnoj i postrudnoj fazi dolazi do smanjenja kiselosti i temperaturе hidroermalnih rastvora, koji pri kraju i na kraju ovog procesa hidroermalnih izmena okolnih stena, u određenim EH uslovima dobijaju redukcionu sposobnost, što u konačnom slučaju ima uticaja na stvaranje određenih produkata ovih alteracija.

Analizom navedenih hidroermalnih 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  $\text{SiO}_2$  i  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , pored ostalih komponenata ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{F}_2$ , alkalija i zemnoalkalnih metala) u početnoj fazi dejstva hidroermalnih rastvora na okolne stene, imali istaknuti značaj. Kasnije, smanjivanjem kiselosti i temperatura ovih hidroermalnih rastvora, u rudnoj i postrudnoj fazi, pored daljeg stvaranja silifikacije i hloritizacije, predpostavljamo da je došlo do nastanka ostalih manifestacija hidroermalnih promena okolnih stena (karbonatizacija, albitizacija, epidotizacija), koje smo konstatovali u Podrinjsko-polimskom delu dijabaz-rožnica 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 Vučanović (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 istaknut 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. 35.), 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 medjuprostore izmedju alterisanih feldspata, šupljine izmedju 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 okolinim mineralima. Krupnozrniji je samo kada zapunjava šupljine i pukotine. Kalcedon je takodje 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 gradju sa krupnim oreolima i sve sitnijim zonama ka centru.

- Hloritizacija je takodje masovna manifestacija hidrotermalnih promena okolnih stena, njome su zahvaćeni i gotovo potpuno transformisani bojeni sastojci ovih stena. Hlorit ispunjava medjuprostore izmedju 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 hidroermalno izmenjenim okolnim stenama varira u vrlo širokom dijapazonu od 10 do 60%, što delimično ilustruje i dijagram sadržaja dat za ležište Lajkovača (Sl. 35.).

- Karbonatizacija, posle silifikacije i hloritizacije, je najčešći proizvod hidroermalnih promena okolnih stena, u okviru izučavanih piritsko-bakronosnih ležišta i rudnih pojava u dijabaz-rožnackoj formaciji. Njen sadržaj u hidroermalno 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 hidroermalnih izmena je sigurno količinski daleko najmasovnija pojava. Naime, u tom procesu, verovatno delom u rudnoj, a najviše u postrudnoj fazi, uz intenzivan prinos  $\text{CO}_3$ , pre svega, dejstvom hidroermalnih rastvora na već hloritisane partie 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 oslobođanja 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 orudnjениm 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 vrste 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 karakterističan "uprskan" tip halkopiritske mineralizacije u vidu relativno krupnih retko rasporedjenih zrna, što do sada nismo registrovali kod drugih piritsko-bakronosnih pojava i ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji Podrinjsko-polimskog područja.

#### VI.7. 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 rudnosnih struktura, kada se radi o štokverk-impregnacionom orudnjenu, gotovo zakonito naizmenično smenjuju bogatije partije bakrovog orudnjenja, sa partijama znatno slabije.

jeg 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 predodredjeni razvićem i razgranatošću tektonskih rupturno-pukotinskih deformacija.

U pogledu ravnomernosti raspodele rudne supstance po padu rudonosnih struktura, generalno posmatrano, стоји закљуčак да 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, geochemijskih, 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, str. 45. i Sl. 13, str 46.), 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, takodje pokazuje znatno veću ravnomernost, u odnosu na štokverk-impregnacioni tip orudnjenja.

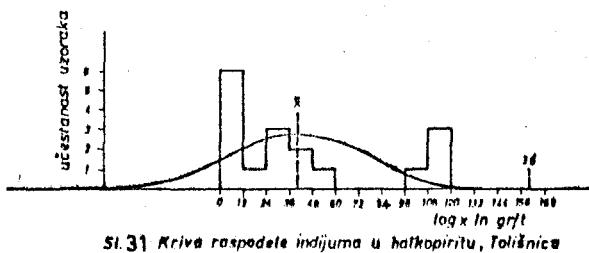
Po poprečnim presecima rudonosnih struktura, međutim, na relaciji podina povlata, nismo do sada utvrdili postojanje bilo kakve zonalnosti, kad je u pitanju distribucija bakra.

Prisustvo cinka, kao mestimičnog pratioca bakrovog orud-

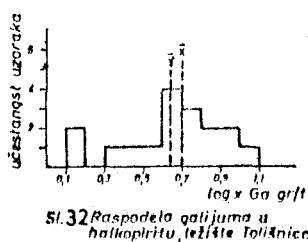
njenja, gotovo zakonito je vezano za halkopirit, kao posledica paragenetskih odnosa halkopirit-sfalerit, te se u pogledu promenljivosti sadržaja kada se javlja u rudonosnim strukturama, ponaša skoro identično bakru, kako po njihovom pružanju, tako i po padu.

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 pirit-sko-bakronosna ležišta, sa tog stanovišta su samo mestimično ispitivana u cilju komparacije i korelacije sa rezultatima pomenu-tih 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. 31. i 32.).



Sl. 31 Kriva raspodete indijuma u halkopiritu, Tolišnica

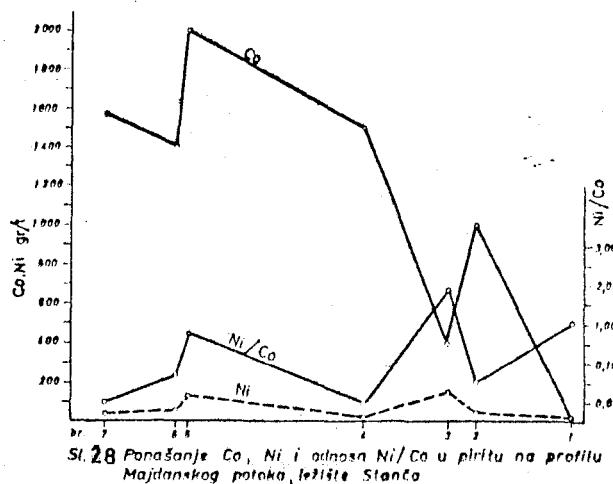
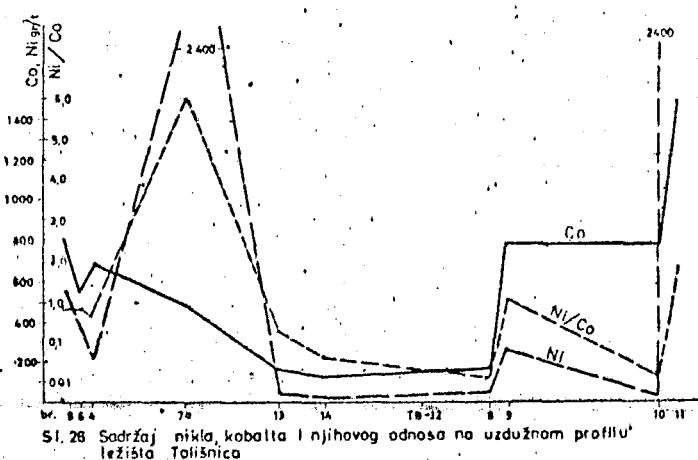


Sl. 32 Raspodela galijuma u halkopiritu, ležište Tolišnica

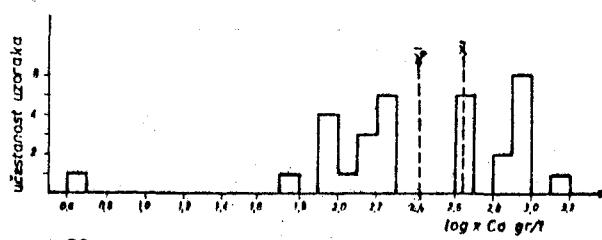
Selen se u halkopiritu, mada vrlo neravnomerno rasporedjen, nalazi u granicama ili blizu srednjih vrednosti sadržaja za ležišta ovog tipa, za razliku od pirita gde je njegovo učešće nekoliko puta niže. Neravnomernost u distribuciji selen-a u halkopiritu, Arsenijević (1976.) objašnjava neujednačenošću sastava hidrotermalnih rastvora i njihovim pulzacionim karakter-

ristikama duž tektonski vrlo složenih sistema ruptura i pukotina, njihovog toka do mesta odlaganja.

Kobalt i nikl, se nesumnjivo mogu smatrati tipomorfnim mikroelementima 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. 26. i 28.).

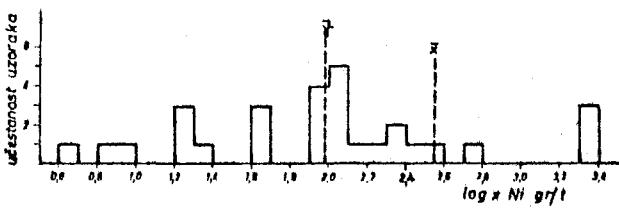


Kobalt se najviše koncentriše u piritu prve generacije (Sl. 29., tabela 3.), a zatim u piritu druge generacije, halkopiritu i magnetitu u znatno manjim količinama. Najveći sadržaji nikla, međutim prisutni su u piritu druge generacije (Sl. 30. i

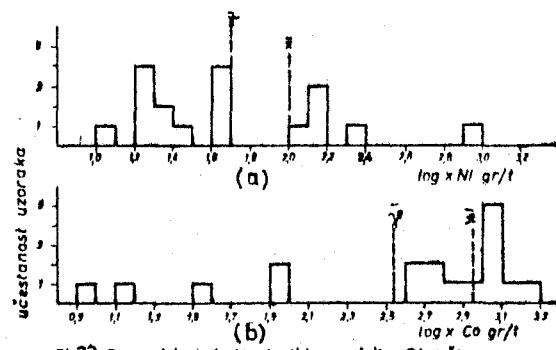


Sl. 29 Raspodela Co u piritu, ležište Tolišnica

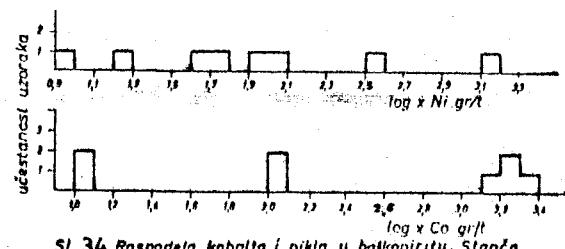
33a.), dok ga pirit prve generacije, halkopirit (Sl. 34.) i mag-



Sl. 30 Raspodela Ni u piritu ležišta Tolišnica



Sl. 33 Raspodela kobalta i nikla u piritu, Stanče



Sl. 34 Raspodela kobalta i nikla u halkopiritu, Stanče

netit sadrže u neuporedivo nižim količinskim proporcijama, nekad samo u tragovima. Na osnovu toga proizilazi zaključak da prostor-

ni 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 partie masivne piritsko-magnetitsko-halkopiritske rude u ležištima Novakovača (Putnik, 1973.) i Stanča (Putnik i Purić, 1976.), nosioci najviših koncentracija ovih mikroelemenata u okviru izučavanih piritsko-bakronosnih ležišta.

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 medjutim, 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 nika (20 do 500 ppm) nalaze upravo u kocka-oktaedarskoj grupaciji pirita sa slabo razvijenim pljosnima oktaedra. Medjutim, čisto razvijeni oblici kocke nose niske količine Co i Ni (tabela 4, Arsenijević 1976.), što prema ovom autoru znači da nisu postojali povoljni 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 (S. 26. i 28.), po uzdužnim profilima kroz ležišta Tolišnica i Stanča, sa povišenom relativnom vrednošću zastupljenosti jednog ili drugog od dvaju ovih eleme-

nata. 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. 26.) 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. 26.), međutim, nije karakterističan za ostala izučavana ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne i Jugozapadne Srbije, što pokazuje i dijagram sadržaja kobalta, nikla i odnosa Ni/Co, dat za ležište Stanču. Za ovo ležište, ukoliko se eliminisu 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 ponutom 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 0,0 do 170 gr/t, što navodi na zaključak da se galenit krajnje retko javlja u paragenezama piritsko-bakronosnih ležišta i mineralizacija.

Ostali mikroelementi (Tabela 5.), nisu karakteristični za ovaj tip pirotsko-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 pirotsko-bakronosnim ležištima dijabaz-rožnačke formacije Zapadne i Jugozapadne Srbije, u mesto zaključka na kraju ovog razmatranja, iznecemo 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, стоји 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 pirotsko-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 (Tabela 4.), 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 pirotsko-bakronosnih ležišta.

#### VI.8. Primarni oreoli rasejavanja rudnih i pratećih metala

Prema izvršenim ispitivanjima, konstatovano je rasejanje 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 njihovoј 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 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 (povlatni 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.

#### VII. 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 hidroter-

malnih rastvora i naročito porekla vode, koja u njima nesumnjivo čini osnovnu komponentu.

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.

#### VII.1. 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 izučanoj 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.; Smirnov, 1975.; Hitarov, 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.

Hitarov, (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 uslovjen 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 evaluacijom geološkog razvoja, osobito sa tektonskim zbivanjima u pojedinim gornjim delovima zemljine kugle.

U vezi s tim, Krauskopf (1970.), smatra da mnogi bazaltoidi nastaju ispod granice Mohorovičića, a pošto je nesumnjivo dokazano da se u okeanskim i drugim bazaltoidima, mada u malim količinama (tabela 6.), nalaze gotovo svi "obični" metali rudnih ležišta, nije teško predpostaviti da se pri svakom utiskivanju bazaltoida u zemljinu koru, unose nove porcije ovih metala.

Tabela 6.

Koncentracije pojedinih rudnih metala u magmatičnim stenama (u ppm)  
(iz : E. Krauskopf, 1967.)

	Ultrabazične TV	Bazične TV	Intermedijske TV	Granitske TV	Sijenit TV
	V	V	V	V	V
Li	0, n	0,5	17	15	24
Be	0, n	0,2	1	0,4	2
Ti	300	300	13800	9000	3400
V	40	40	250	200	88
Cr	1600	2000	170	200	22
Mn	1620	1500	1500	2000	540
Co	150	200	48	45	7
Ni	200	2000	130	160	15
Cu	10	20	87	100	30
Zn	50	30	105	130	60
As	1	0,5	2	2	1,9
Se	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Zr	45	30	140	100	140
Rb	15	1	17	20	20
Mo	0,3	0,2	1,5	1,4	1,0
Ag	0,06	0,05	0,11	0,1	0,05
Gd	0, n	0,05	0,22	0,19	0,13
Sn	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5
Sb	0,1	0,1	0,2	1	0,2
Ge	0, n	48	4,5	81	92
Ta	1,0	0,02	1,1	0,5	3,5
W	0,77	0,1	0,7	1	0,7
Au	0,006	0,005	0,004	0,004	0,004
Hg	0,0 n	0,01	0,09	0,09	0,08
Tl	0,06	0,01	0,21	0,2	0,72
Pb	1	0,1	6	8	15
Bi	0,001	0,007	0,007	0,007	0,01
Th	0,004	0,005	4	3	8,5
U	0,001	0,003	1	0,5	3,0
S	200	100	300	300	200
					300
					400
					300

Fodaci : TV = Turekian i Vedepol (Vedepohl, 1961.)

V - A. Vinogradov (1962.); Vinogradov priklučuje granodiorite "granitskim stenama" u Turekian i Vedepol ih svrstavaju pod "intermedijske stene".

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

zanih 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 topotnih 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 diferenciranim 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 izlagaju, takođe su potvrdila opravdanost iznetih predpostavki o poreklu rudnih metala.

#### VII.1.1. Izotopni sastav sulfidnog sumpora

Polazeći od mišljenja V.A. i L.N. Grinenka (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 masenostrohemija ispitivanja izotopnog sastava sumpora iz pirita i hal-kopirita nekih ležišta i rudnih pojava u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadne i Jugozapadne Srbije, u cilju utvrđivanja njegovog porekla.

Tabel. 7 — Rezultati izotopnog sastava sunspora iz sulfida rudnih i mineralizovanih zona u dijabazima zapadne i jugozapadne Srbije

Lokalnost	Mesto uzimanja	Mineral	$\delta^{34}\text{S}^{\circ}$	$\delta^{34}\text{S}^{\circ}$
1.	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.	Sahto »Mišel«	pirit	+3,95	22,133
14.	Sahto »Mišel«	pirit	+5,53	22,098
15.	Sahto »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.		Raskop 168	pirit	+5,55
23.		Raskop 168	halkopirit	+3,46
24.		Bušotina 76	pirit	+5,95
25.		Bušotina 76	pirit	+7,61
26.		Bušotina 76	pirit	+7,77
27.	Rečica	Bušotina 73	pirit	+6,69
28.		Sahto kod P1	pirit	+4,39
29.		Sahto kod P1	halkopirit	+5,09
30.		Izdanak kod P1	pirit	+4,93
31.		Izdanak kod P1	halkopirit	+5,82
32.		Sahto 0,0 m	pirit	+5,37
33.		Sahto 0,0 m	halkopirit	+5,18
34.		Sahto 1,0 m	pirit	+5,61
35.		Sahto 1,0 m	halkopirit	+5,53
36.		Sahto 2,0 m	pirit	+5,17
37.		P2; 0,0 m	halkopirit	+6,90
38.		P2; 0,0 m	pirit	+5,42
39.		P2; 0,0 m	halkopirit	+5,67
40.	Markov-Potok	Raskop 144	pirit	+4,34
41.		Raskop 145	pirit	+5,52
42.		Raskop 145	halkopirit	+4,61
43.		Raskop 159	pirit	+4,60
44.		Raskop 150	pirit	+5,32
45.	Goveda glava	Raskop 25	pirit	+5,99
46.		Raskop 21	pirit	+5,92
47.		Raskop 20	pirit	+5,07
48.		Raskop 18	pirit	+5,81
49.		Raskop 18	pirit	+4,02
50.	Todžistica	Raskop 50	pirit	+4,64
51.		Raskop 50	pirit	+6,01
52.		Raskop 50	halkopirit	+5,87
53.		Raskop 52	pirit	+7,12
54.		Raskop 52	pirit	+4,84
55.	Stanča	Potkop kod raskopa 22	pirit	+6,00
56.		Potkop kod raskopa 22	halkopirit	+6,40
57.		Potkop kod raskopa 22	pirit	+6,21
58.		Raskop 40	pirit	+3,17
59.		Raskop 41	pirit	+6,01
60.		Raskop 43	pirit	+3,28
61.		Raskop 27	pirit	+34,43
62.		Raskop 28	pirit	-2,23
63.		Raskop 30	pirit	+5,75
64.		Raskop 30	halkopirit	+5,32
65.		Raskop 31	pirit	+5,52
66.		Raskop 33	pirit	-0,39
67.		Raskop 33	pirit	+0,64

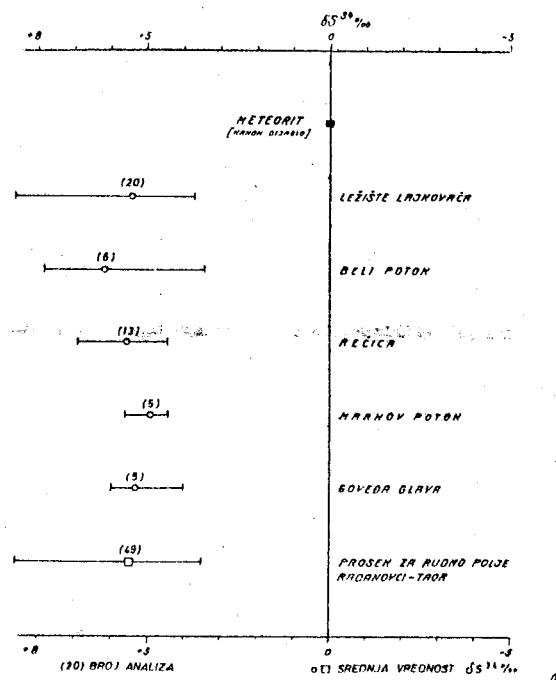
Ovim ispitivanjima izotopnog sastava sulfidnog sumpora koja su izvršena u Institutu "Jožef Štefan" u Ljubljani iz pirita i halkopirita rudnih pojava i ležišta bakra u okviru rudnog polja Radanovci-Taor zahvaćene su sledeće lokalnosti: Lajkovača, Rečica, Beli potok, Markov potok, Govedja glava i Mravinci, a u oblasti planine Čemerno ležišta Stanča i Tolišnica (Sl. 1., Tabela 7.).

Ispitivanja izotopnog sastava sumpora u oblasti geologije polaze od utvrđivanja uzroka i osobenosti njegovih promena u domenu različitih fizičko-hemijskih uslova nastanka geoloških tvarina, 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 doveđi do razdvajanja sumpora.

Prema Vinogradovu (1967.), Badalovu i Vinogradovu (1967.), V.A. i L.N. Grinenku (1974.), i drugim autorima, ovo razdvajanje sumpora u prirodi, najčešće je uslovljeno biogenim procesima, pri čemu njegov primarni izotopni sastav može da pretrpi izvesne izmenе, 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 meha-

nizma prirodnog procesa frakcionacije, kao i mestimično registrovane zonalnosti iste, za sada bez jasno utvrđjene 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  $\delta S^{34}$  ujednačena sa izrazito uskim intervalima varijacije (Sl. 36., 37. i 38.), ali sa nešto izraženijim obogaćenjem sa teškim izotopom  $S^{34}$  u odnosu na sadržaj istog u meteoritu.

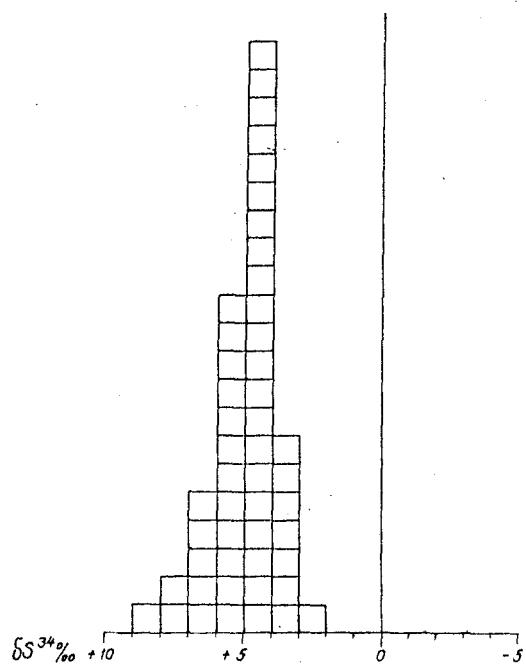


Sl. 36— Izotopski sastav sumpora u piritu i halkopiritu rudnog polja Radanovci-Taor

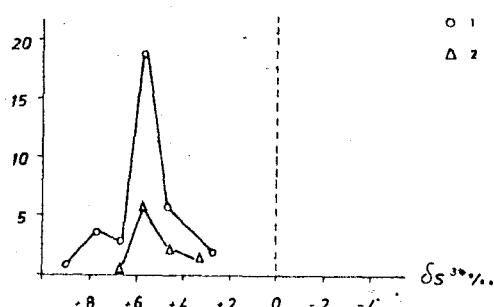
Varijacija  $\delta S^{34}$  za čitavo rudno polje Radanovci-Taor, se kreće u dijapazonu od +3,46 do +8,58‰ (tabela 8.). Najniža srednja vrednost  $\delta S^{34}$  konstatovana je na lokalnosti Markov potok, a najveća u predelu Rečice i Belog potoka. Opseg u kome se nalaze vrednosti  $\delta S^{34}$  za celo rudno polje, iznosi 5,21‰.

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

Konstatovano obogaćenje teškim izotopom  $S^{34}$ , je verovat-

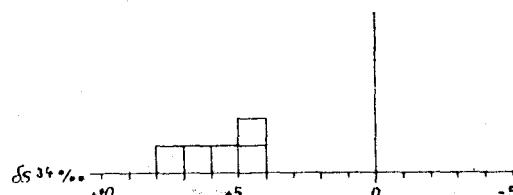


Sl.37— Histogram izotopskog sastava sumpora iz pirita i halkopirita rudnog polja Radanovci-Taor



Sl.38 — Raspodela izotopnih odnosa sumpora u sulfidnim mineralima rudnog polja Radanovci-Taor; 1 — pirit; 2 — halkopirit

no posledica relativno dugog puta rudne materije od zajedničkog izvora (ognjišta) do prostorne disociranosti rudnih rastvora.



Sl. 39 — Histogram izotopskog sastava sumpora iz pirita i halkopirita lokalnosti Tolišnica (Planina Čemerno)

Prema dosadašnjim saznanjima o ovakvima 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 frakcioni-  
zacije izotopa sumpora, i njegovog obogaćenja sa teškim izotopom S<sup>34</sup>. 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 povi-  
šenim sadržajem izotopa S<sup>34</sup>. Ovo dalje znači, da pomenuto oboga-  
ćenje teškim izotopima S<sup>34</sup> može biti vezano samo za tokove lako-  
isparljivih komponenti juvenilnog porekla, koje u uslovima srednje-  
okeanskih grebena mogu nastati kao rezultat degazacije gornjeg omo-  
tača ili pri hladjenju dubinskih ognjišta bazaltne magme.

Raspodela izotopnih odnosa sumpora sulfidnih minerala u okviru rudnih pojava i ležišta rudnog polja Radanovci-Taor, koju smo prikazali na Sl. 38., ukazuje na isto poreklo pirita i halko-  
pirita, odnesno, kada se uzmu u obzir prethodno komentarisane či-  
njenice i pretpostavke, na njihovo hidrotermalno poreklo.

Izvršenim masenospektrometrijskim analizama na lokalnosti Tolišnica, je konstatovano da se varijacije  $\delta S^{34}$  kreću od +4,64 do +7,12‰ (Sl. 39, tabela 9.), gde raspon iznosi 2,48‰, a srednja vrednost  $\delta S^{34}$  + 5,696‰.

REDNI BROJ	LOKALNOST	VARIJACIJA $\delta S^{34}$ /‰/	OPSEG /‰/	SREDNJA VRED- NOST /‰/
1	LEŽIŠTE LAJNOVCI	+3,71 do +6,58	4,87	+ 5,441
2	DELI POTOK	+3,46 do +7,77	4,31	+ 6,128
3	REČICA	+3,38 do +6,30	3,91	+ 5,321
4	HANOV POTOK	+4,34 do +5,32	1,08	+ 4,870
5	GOVEDA BLAVA	+1,07 do +3,39	2,32	+ 3,362
6	RUDNIKE RADANOVCI-TAOR	+3,64 do +8,58	5,12	+ 5,448

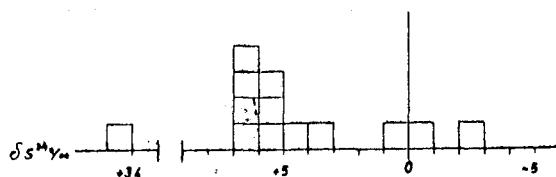
Tabl. 8 — Varijacija  $\delta S^{34}$  u piritu i halkopiritu rud-  
nog polja Radanovci — Taor

Tabl. 9 — Varijacija  $\delta S^{34}$  u piratu i halkopiratu rud-  
nih zona na planini Čermeno

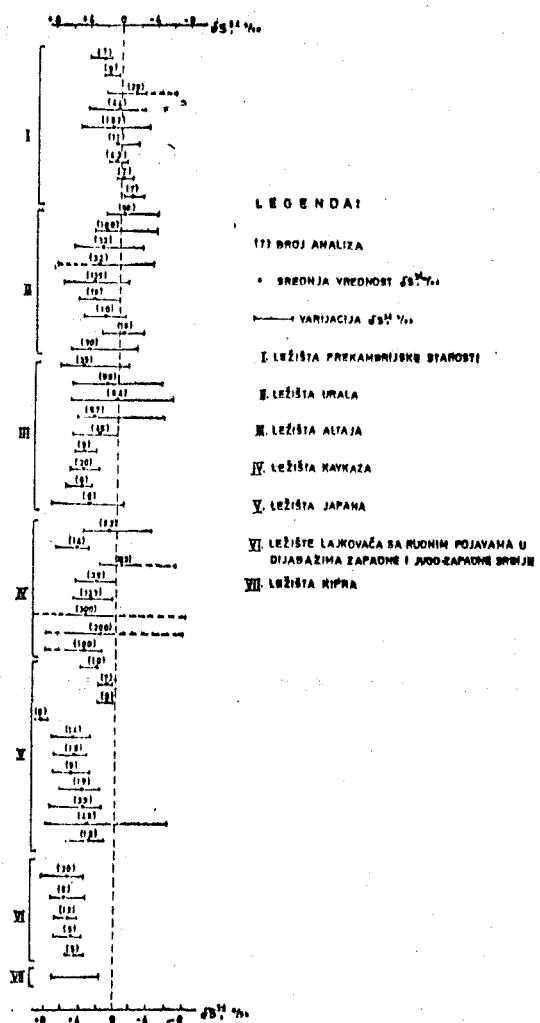
REDNI BROJ	LOKALNOST	VARIJACIJA $\delta S^{34}$ /‰/	OPSEG /‰/	SREDNJA VRED- NOST /‰/
1	TOLIŠNICA	+4,64 do +7,12	2,48	+ 5,696
2	STANČA	-2,23 do +34,63	36,86	+ 6,293

Na osnovu dobijenih rezultata nameće se utisak da kolebanja vrednosti  $\delta S^{34}$  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 massenospektrometrijskih merenja, konstatovano je da se varijacije  $\delta S^{34}$  kreću u relativno širokom dijapazonu, u odnosu na sva ostala ležišta i rudne pojave bakra, koje smo razmatrali u toku do-sadašnjeg izlaganja. Naime, u ovom slučaju varijacije  $\delta S^{34}$  variraju od -2,23 do +34,43% (tabela 9., Sl. 40.), gde opseg (raspon) iznosi +36,66, a srednja vrednost  $\delta S^{34}$  je +6,293%o.



nih ležišta u različitim oblastima sveta, na sl. 41. prikazali smo podatke za ukupno 7 grupa ležišta koje su detaljno obradili V.A. i L.N. Grinenko(1974.). Pri tome smo imali u vidu činjenicu da se



Sl. 41 — Izotopni sastav sumpora iz piritskih ležišta različitih oblasti.

neka od ovih ležišta razlikuju u pogledu genetskog tipa, starosti, geoloških uslova lokalizacije, mineralnog sastva 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. 41., najveći deo piritsko-bakronosnih ležišta odlikuje se tendencijom povećanja teškim izotopom  $S^{34}$ . Izuzetak u tom pogledu, predstavljaju izvesna prekambrijska ležišta u Karелиji i Švedskoj, kao i manji broj ležišta pomenutog tipa u SSSR (Kavkaz, Altaj, Ural), koja se karakterišu povećanim sadržajem

lakog izotopa  $S^{32}$ .

Za nas je naročito interesantna izrazita sličnost sa aspekta izotopnog sastava sumpora, koja se u okviru prikazane Sl. 41., odnosi na VI i VII grupu pirotsko-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 pretpostavku 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 pirotsko-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  $\delta S^{34}$  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 ultrabajita i bazita iz različitih predela svetskih okeana, koji po nizu pokazatelja, kako to ističe V.A. i L.N. Grinenko (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 frankcionisanja njegovih izotopa u procesu diferencijacije materije gornjeg omotača ispod srednje okeanskih grebena.

U vezi s tim, V.A. i L.N. Grinenko (1974.), dalje ističu da je očigledno da takav prinos može biti vezan samo za tokove lakosparljivih komponenti juvenilnog porekla, koji u uslovima srednjeokeanskih grebena mogu nastati kao rezultat degazacije gornjeg omotača ili pri hladjenju dubinskih ognjišta bazaltne magme.

## VII.2. Fizičko-hemija 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, i ako se o njihovoj prirodi kako u trenutku nastanka, tako i u toku evolucije, može zaključivati samo posrednim putem, odnosno izučavanjem propratnih pojava koje su provizvod 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 izmedju 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 Roderu (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  $SO_4^{2-}$ . 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 izmedju 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 dubomorskog 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 zaključka o fizičko-hemjskim 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  $\text{CO}_2$  u rudonosnim rastvorima 1 do 3 puta zastupljeniji od  $\text{H}_2\text{S}$ .

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 podinama još živih vulkana u Japanu, magnetitsko-hematitska otopina u El Laco, Severni Čile, ležišta sumpora u asocijaciji sa piritom i markasitom 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 gvoždja 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 najprihvativljiviji mehanizam transporta rudnih metala. Kompleksi koji omogućavaju transport, moraju biti stabilni u prisustvu dovoljne koncentracije sulfida. U vezi s tim, Krauskopf (Krauskoph, 1967.), smatra da je najčešći prenosilac rudnih metala, na srednjim i nižim temperaturama, neutralni ili približno neutralni rastvor jona hlorida sa dosta  $\text{H}_2\text{S}$ .

Spener i Braj (Spener and Bray, 1977.) su na osnovu temperatura homogenizacije tečnih inkluzija, konstatovali da je temperatura stvaranja štokverkne mineralizacije u okviru pirit-sko-bakronosnih ležišta u pilou lavama ofiolitskog kompleksa Trodos na Kipru, bila  $300\text{--}350^{\circ}\text{C}$ .

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 pirit-sko-bakronosna ležišta i mineralizacije 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  $\text{CO}_2$ , 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, uslovjeni 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-hemiskim obeležjima rudonosnih rastvora, zaslužuje posebnu pažnju.

Meteorska voda, može sa površine terena da prodre do značajnih 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 prevodjenja u hidrotermalni rastvor.

U poslednje vreme, pri razmatranju geneze pirotsko-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), ulezi meteorske (morske) vode u okviru hidrotermalnih rudonosnih 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 preovladajuju vode natrijum-hloridnog sastava. U vezi s tim, interesantni su rezultati ispitivanja tečnih inkruzija 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 inkruzijama 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 pirotsko-bakronosnih ležišta ofiolitskog kompleksa Trodos na Kipru. Uporednjem  $Sr^{87}/Sr^{86}$  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 ofiolitskog kompleksa Trodos, bilo je neophodno, da najmanje 15 puta veća zapremina morske vode, u odnosu na zapreminu ofiolita, učestvuje u ovim interreakcijama. Neosporno je takodje, da su se ove interreakcije dogadjale unutar jednog sistema povratnog toka, odnosno konvencione čelije. 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 Sillitoa (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 vulkan-skih topotnih izvora, vrši koncentraciju rudnih metala duž divergentnih granica ploča, tako što hladna i gusta morska voda prodire u pukotine novonastalog bazalta, zagreva se vrućim vulkan-skim 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 građijente.

### VII.3. 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 prepostavke da su sve komponente, koje su učestvovalе 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 prepostaviti da su ova ležišta nastala diferencijacijom magmi iz gornjeg omotača, a da je obogaćenje teškim izotopom sumpora produkat selektivnog gubitka mobilnijeg lak-

šeg izotopa u toku gasne faze mineralogenih procesa (kao  $\text{SO}_2$  i  $\text{H}_2\text{S}$ ). Medjutim, ovakav model bi bio u oštroj suprotnosti sa brojnim najsavremenijim podacima, koji ukazuju na veliko učešće  $\text{H}_2\text{O}$  komponente nemagmatskog porekla odnosno morske vode, u formiranju hidrotermalnih rudonosnih rastvora.

Stoga smo na osnovu generalnih principa, Supnerovog modela (Spoochner, 1977.), koji ulazi 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.

Prema Spuneru (1977.), okeanski greben predstavlja relativno usku, jasno definisani zonu, duž koje postoji markantno izražen termalni diferencijal i snažno ulazno konvekciono kretanje materijala iz gornjeg omotača prema površini. U vezi s tim, Rona (1977.) ističe, da na hidrotermalnu konvekciju otpada približno 80% od  $2 \cdot 10^{12}$  cal/sec gubitaka topote usled hladjenja 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 rastvoren 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 ( $600 - 700^\circ\text{C}$ ) 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 topotne sisteme, sila

potiska je povezana sa: a/ razlikom u nadmorskoj visini i b/ razlikama u gustini izmedju 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.

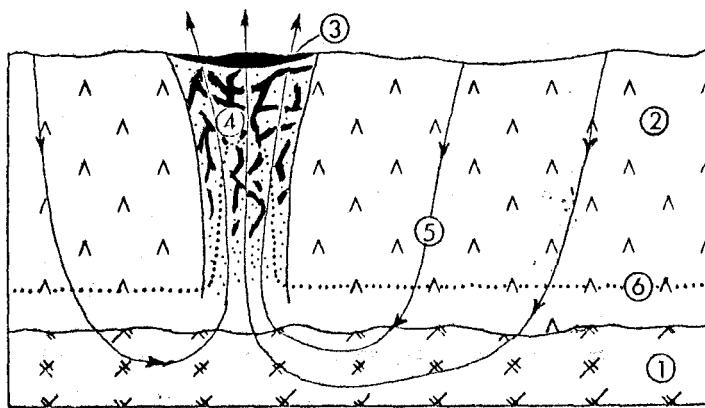
Medjutim, ako bi se ovaj model primenio direktno na odnose izotopa sumpora u sulfidima iz dijabaza Zapadne i Jugozapadne Srbije (Putnik i Purić, 1977.), javljaju se izvesna neslaganja. Naime ako su sulfati iz morske vode učestvovali u istom stepenu kao i stroncijum iz nje, mešanjem sa sumporom iz gornjeg 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 laksim 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 čelije može

da se objasni sledećim modelom.

Inicijalni odnos izotopa sumpora u stenama 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, Monter i Dunford, 1961.). Difuzijom morske vode kroz sistem tenzionih pukotina u blizini okeanskog grebena (Sl. 42.) dolazi do unošenja sulfatnih rastvora sa lakšim izotopima sumpora u magmatsko ognjište. Pod uslovima vi-



Sl. 42. - Shematski dijagram hidrotermalne konvekcije i kretanja masa u okviru dijabaz-rožnacke 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-im-

pregnaciona ruda, 5. Linije kretanja hidrotermalne konvekcije, 6. Oblik izoterme nastale konvekcijom.

soke temperature i pritiska, najveći deo sumpora prelazi u gasove  $H_2S$  i  $SO_2$ , koji se preko izlaznog dela konvekcione čelije 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 učestrovati 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 gvoždja, bakra i drugih metala.

Rezultat ovakvog diferencijalnog kretanja predstavljaće stalni gubitak molekula  $H_2S$  i  $SO_2$  sa lakšim izotopom sumpora i njihov odlazak, preko fumarola, u marinsku sredinu, dok će moleku-

li  $H_2S$  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 konvekcionu čeliju, 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 konvekcione čelije, 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 saстојака, stvara se hlorit i kvarc. Opadanjem temperature smanjuje se kiselost rastvora, te u još uvek dubokim delovima konvekcione čelije, odnosno u mikropreslinama i drugim šupljinama milimetarskih do mikronskih dimenzija, u slabije tektoniziranim i alterisanim stenama dijabaznog sastava, dolazi do odlaganja piritskih ili redje piritsko-halkopiritskih impregnacija - impregnacioni tip orudnjenja.

Krećući se dalje na površini, hidrotermalni rudonosni rastvori, čija kiselost sve više i više opada, u delovima konvekcione čelije 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 gvoždja, 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) redupcionim uslovima u depresijama 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 (Butuzova, 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 ubrzaju 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 geotermских izvora, koji nesumnjivo pokazuju da rudni rastvori sadrže odgovarajuće količine hlorida, predstav-

ljamo da je feri ion transportovan kao hlorid kompleks.

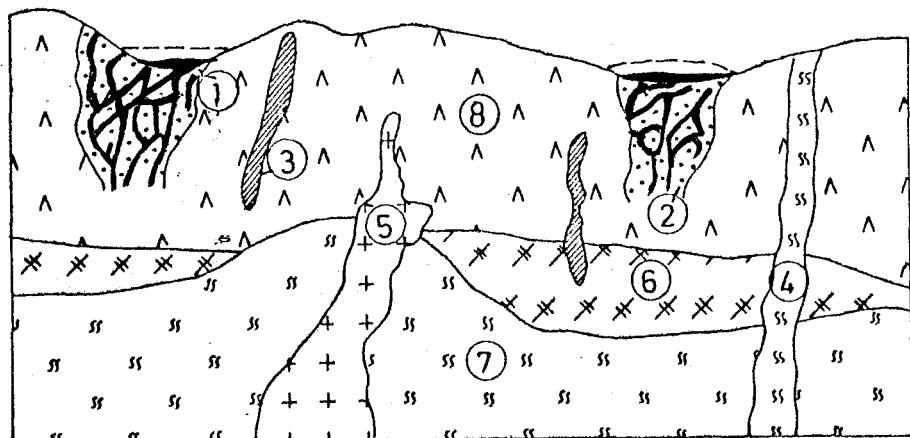
Pri promeni režima odlaganja masivno-sulfidnih ruda, od uslova redukcije ka sulovima oksidacije, verovatno usled mešanja vode bogate kiseonikom u gornjim delovima depresija gde je odlagana masivna ruda, sa gustom morskom vodom iz donjeg dela, kao posledica periodičnog obnavljanja emanacija (pulzacioni 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, gvoždjevitih (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 partie navedenih stena kao mogući nosioci sedimentnog tipa piritsko-bakronosnog orudnjenja. Stoga, bi ove litološke sredine, u nadrednim fazama istraživanja bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji, kao što smo ranije napomenuli, trebalo da budu predmet posebne pažnje, pogotovo što su u zoni Mirdite u Albaniji i u ofiolitskom kompleksu Trodos na Kipru, ovakva ležišta edavno 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. 43.) ili zamenom u stenama dijabaznog sastava ispod morskog dna (hidrotermalno metasomatska štokverk-impregnaciona i impregnaciona ležišta Sl. 43.).



Sl. 43. - Shematski prikaz položaja piritsko-bakronosnih ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji Zapadn Srbije.

1. Masivno-sulfidna ruda, 2. Štokverk impregnaciona ruda, 3. Dajk dijabaza, 4. Serpentin, 5. Granodiorit, 6. Gabro, 7. Peridotit, 8. Dijabaz.

Prema mišljenju Silitoa (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 ležištima bivaju izrasedani i brečizirani, a mogu da nastave i da se kreću u toku izdizanja gravitacionim klijanjem, kao delovi olistostroma (Dewey and Bird, 1971.; Church, 1972.). 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 izrasdanosti, brečiziranja i naročito po izostajanju metamorfizma, 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 Karamata (1975.).

#### VIII 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 Čardinje, 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-keratofirsко-porfiritsku formaciju, se u osnovi sastoji od gotovo svih vrsta sedimentnih stena, koje su prisutne i u gradji 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 sedimenata. 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 izmedju 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 privodjenja toplote iz termičke dome u podlozi na području današnje Severoistočne Crne Gore, počinju 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) bazalto-iddnog magmatizma. Kao posledica hibridizacije, osnovni hemizam ovih magmi postaje 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, Karamata (1975.) dalje ističe, da i metalogenija ovog područja (Pb, Zn, Ag, a podredjeno 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-keratofirsко-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 Jankovića i Petkovića (1974.), trijaska metalogenija 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 geosinklinama, čiji početak pada u rane periode obrazovanja mezozojske geosinklinale u Dinaridima. Duboki delovi zemljine kore i gornji omotač, po Jankoviću i Petkoviću (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-keratofirsко-porfiritskoj formaciji, su najčešće trijaski krečnjaci ili mermeri i porfiriti, a redje mladje

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 Čardinje, u odnosu na piritsko-bakronosna orudnjenja u dijabaz-rožnačkoj formaciji, pokazuju izrazito veću raznovrsnost i zastupljenost. Po Joviću (1972.) u okviru asocijacije rudnih minerala utvrđeni su sledeći članovi: pirotin, pirit, valerit, halkopirit I, sfalerit, arsenopirit, bizmutit, bizmit, 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 Čardinja konstatovane i prerudne strukture sa približnim pružanjem istok-zapad (Kijanović, 1978.).

Orudnjenje se javlja 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 redje u paleozojskim stenama takodje na kontaktu sa porfiritima. U nekim delovima ležišta postoji jasno istaknut postepeni prelaz masivno-sulfidne u štokverk-impregnacionu rudu.

Sadržaj bakra u masivnoj rudi varira u vrlo širokom dijapazonu od 0,05 do preko 10%, cink mestimično takodje pokazuje vrlo visok sadržaj (preko 4%), dok najviši sadržaji olova ne prelaze 2%. Prema Kijanoviću (1978.) srednji sadržaj bakra u

masivno-sulfidnoj rudi ležišta Čardinje, koja mestimično sadrži blizu 100% pirita, iznosi oko 2%, a u štokverk-impregnacionoj rudi oko 0,70% Cu.

Jović (1972.) je utvrdio da u pogledu rasporeda glavnih korisnih komponenti u ležištu Čardinje, po pružanju rudonosne zone, postoje pretežno bakarna rudna tela s jedne strane ili olovno-cinkova s drugu stranu, 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. Rudne rezerve u okviru ležišta Čardinje, utvrđene su u količini od oko 2.000.000 t sa srednjim sadržajem bakra preko 1,5%.

Na osnovu iznetih opštih metalogenetskih obeležja Cu, Zn, Pb mineralizacija i ležišta, u spilito-keratofirsко-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 najčešće ispoljavaju u karakteru magmatizma, poreklu rudnih metala, petrološkom sastavu okolnih stena, glavnim manifestacijama hidroermalnih promena okolnih stena, mineralnom sastavu i sadržaju glavnih korisnih komponenti.

## Z A K L J U Č A K

Težište naših izučavanja čiji su rezultati razmatra- ni u okviru ove disertacije, u suštini se baziralo na utvrdjiva- nju izvesnih zakonomernosti u pogledu genetske povezanosti rudnih pojava i ležišta bakra u vremenu i prostoru, sa geološkom gradnjom dijabaz-rožnačke formacije Srbije u celini, odnosno sa njenim strukturno-geološkim specifičnostima u Podrinjsko-polimskom regio- nu.

Na osnovu razmotrenih geotektonskih obeležja i karaktera magmatizma dijabaz-rožnačke formacije s jedne strane i rezul- tata izučavanja metalogenetskih karakteristika u njoj utvrđenih piritsko-bakronosnih ležišta i rudnih pojava s druge strane, doš- li 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 područ- jima dolazi do obrazovanja tipske okeanske kore sa karakteristič- nim litološkim članovima: peridotiti (gornji omotač), preko njih leži gabro, dijabazi i spiliti. Iznad ovog ofiolitskog "fundamen- ta", taloženi su terigeni i silicijski sedimenti. U pogledu obra- zovanja okeanske kore, ne zna se da li je postojao centralnooke- anski 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-rožnač- koj formaciji (osim ultramafita) toleit bazaltskog sastava, ka- rakteristična za vulkanizam okeanskih grebena, odnosno okeanske kore.

Na osnovu prostornog položaja, porekla rudnih metala,

mineralnih parageneza, asocijације карактеристичних хемијских елемената и микроелемената и других фактора, сматрам да је стварање пиритско-бакроносних леђиšta u dijabaz-rožnačkoj формацији интегрални део активности овог submarinskog вулканизма toleit-bazaltskog карактера i пратећe вулканогene секвенце.

2. Пиритско-бакроносна леђишта u dijabaz-rožnačkoj формацији на изучаваном подручју (када се ради о шtokverk-impregnacionom i masivno-sulfidном morfo-genetskom типу orудњења), u pogledu metalogenije, структурно-геолошким карактеристика, величине pojedinih леђиšta, а нарочито по izostajanju metamorfizma, pokazuju izrazitu sličnost sa лeđištima tzv. "kiparskog" tipa, do сада најбоље proučenih u bazičним вулканогено-sedimentним формацијама ofiolitskog kompleksa Trodos na Kipru.

3. U metalogenetskom pogledu, изучавана леђишта irudne pojave u Podrinjsko-polimском делу dijabaz-rožnačке формације, припадају Staroalpskoj metalogenetskoj епohи. Ona pokazuju izrazitu sličnost ili istovetnost u pogledu карактера оклнх stena,rudokontrolnih faktora, mineralnog сastava i parageneza, genetsko-morfolоških tipova orудњења, distribucije rudnih metala i пратећих микроелемената, промена оклнх stena i dr., što je вероватно rezultat njihovog jedinstvenog načina stvaranja.

4. Пиритско-бакроносна леђишта u dijabaz-rožnačkoj формацији Zapadне i Jugozападне Сrbije, pored bakra kao vodeћe корисне supstance, сadrže još zlato i srebro, a u nekim slučajevима pirit i magnetit, koji mogu бiti ekonomски интересантни.

U pogledu сadržaja bakra, kada je u pitanju štokverk-impregnacioni morfolоški tip orудњења, utvrđена je izrazita променljivost kako po pružanju tako i по padу rudоносних структура. U okviru masivno-sulfidног orудњења medjutim, сadržaj bakra pokazuje veću ravnomernost, mada постоје jasno izražene промене kako u horizontalnom tako i u vertikalnom pogledu. Generalno posmatrano, сadržaj bakra, као и неких пратећих микроелемената, који су везани за halkopirit i pirit друге генерације, sa dubinom opada како у оквиру одредjenог morfolоškog tipa, tako i u зависности од промена morfolоškog tipa orудњења.

Kobalt i nikl, predstavljaju tipomorfne mikroelemente u izučavanim piritsko-bakronosnim ležištima. Oni se značajnije koncentrišu u piritu, gde postoji 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.

Varijacija  $\delta S^{34}$  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  $\delta S^{34}$  iznosi 5,12‰.

Približne vrednosti u pogledu varijacije  $\delta S^{34}$  pokazala su i ispitivanja izotopnog sastava sumpora pirita i halkopirita, u piritsko-bakronosnim ležištima Tolišnica i Stanča. Naime, varijacija  $\delta S^{34}$  za ležište 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  $\delta S^{34}$  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 pirlita i halkopirita.

Registrirano 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 hladjenju dubinskih ognjišta bazaltne magme.

6. Naš genetski model piritsko-bakronosnih ležišta u dijabaz-rožnačkoj formaciji, polazi od predpostavke da okeanski

greben predstavlja relativno usku jasno definisaniu 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 temperatura ( $600-700^{\circ}\text{C}$ ) 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 strukturalnih, litoloških, fizičko-hemijskih i drugih faktora, formirana su 3 osnovna genetsko-morfološka tipa pirotsko-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 pirotsko-bakronosnih ležišta i rudnih pojava u dijabaz-rožnackoj formaciji Podrinjsko-polimskog regiona.

7. Prema opštim metalogenetskim obeležjima Cu, Zn, Pb mineralizacija i ležišta, u spilito-keratofirsко-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-rožnackoj 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.

Mr Stanimir Putnik, dipl.inž.geol.

*Stanimir Putnik*

## CITIRANA LITERATURA

- Aleksić,V., Pantić,N., Kalenić,M., 1971.: Neka predhodna razmatranja tektonskih procesa u Srbiji u vezi sa novom globalnom tektonikom. - Glasnik Prirodnjačkog muzeja, A, 26, Beograd.
- Aleksić,V., Kalenić,M., Pantić,N., Hadži,E., 1974.: Istorijsko-geološka evolucija kontinentalne, prelazne okeanske i okeanske litosfere u Srbiji i susednim oblastima. Metalogenija i koncepcije geotektonskog razvoja Jugoslavije, Beograd.
- Andjelković,M., 1958.: Gornja jura u Zapadnoj Srbiji. - Z.S.G.D.
- Antula,D., 1897.: Geološka ispitivanja u Crnogorskom srežu, okrug Užički. - Zapisnici Srpskog geološkog društva (Zbor LXII) Beograd.
- Antula,D., 1900.: Pregled rudišta u Kraljevini Srbiji. - Izdanje Državne štamparije Kraljevine Srbije, Beograd.
- Arsenijević,M., 1976.: Studija geochemijskih proučavanja mineralizacije bakra na lokalnosti Tolišnica i Stanča. - Fond str. dokumentacije Geoinstituta, Beograd.
- Bachinski,D., 1977.: Sulfur Isotopic Composition of Ophiolitic Cupriferous Iron Sulfide Deposits, North Dame Bay, Newfoundland. - Economic Geology, Vol. 72. No.2.
- Badalov,S.T. i Vinogradov,V.I., 1967.: K voprosu ob istočnikah sery v endogenyh mestoroždenijah severozapadnogo Karazmara. - Izotopy sery i voprosy rudoobrazovanija. Izdatel'sto "NAUKA", Moskva.
- Bamba,T., 1976.: Ophiolite and Related Copper Deposits of the Ergani Mining District, Southeastern Turkey. - Bull, MTA, Ankara.
- Bilibajkić,P., 1978.: Vulkanizam i geološki fenomeni. Vanredni referat na IX kongresu geologa Jugoslavije, Sarajevo.
- Bogdanov,N.A., 1978.: Okeaničeskaja kora i ofiolity kontinentov. - Vestnik Akademii nauk SSSR, No.2., Moskva.
- Constantinou,G., 1972.: Geology and Genesis of the Sulphide Ores of Cyprus. - Geol. Survey Cyprus.
- Constantinou,G., and Govett G.J.S., 1973.: Geology, Geochemistry and Genesis of Cyprys Sulfide Deposits. - Economic Geology, Vol. 68, No.6, pp.843-858.

- Corliss, J.B. and Ballard R.D., 1978.: Oases of Life in the Gold Abyss. - Nat. Geographic Magazine, October 1977.
- Cvijić, J., 1911.: Osnove za geografiju i geologiju Makedonije i stare Srbije. - Knjiga III, str. 689-1272, Izdanje Srpske akademije nauka, Beograd.
- 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 Prije-polje 1:100.000. - Fond SGZ, Beograd.
- Ćirić, B., 1954.: Neka zapažanja o dijabaz-rožnačkoj formaciji Dinarida. - Vesnik Žavoda 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., 1961.: Über die Diabas - Hornstein Formation der Dinariden und analoge Bildungen. - Ztschr.d.geol.Ges., 113, 1, Hanover.
- Ćirić, B., 1978.: Complexe ophiolitique et les formations Semblables dans les Dinarides Yougoslaves. - Geologie Méditerranéenne, Marseille. (sous presse).
- Dimitrijević, M.D., 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 Naturelles, Techniques et Médicales, Tom. 19, No. 3-4.
- Dimitrijević, M.D., i Dimitrijević, M.N., 1975.: "Dijabaz-rožnačka formacija" ofiolitskog pojasa i Vardarske zone: genetsko uporedjenje. - ACTA Geologica, Zagreb.
- Gočanin, M., 1938.: Über die Fossilführenden Schichten Kimeriagien Tithon, Valanginien und Hauterive aus der Umgebung von Beograd. - Vesnik Geol.instituta Kr.Jugoslavije, 6.
- Grinenko, V.A., Grinenko, L.N., 1974.: Geochemija izotopov sery. - Izdatel'stvo "NAUKA", Moskva.
- Hitarov, N.I., 1976.: Fizičko-himičeskie osobennosti glubinyh processov i voprosy global'noj tektoniki. - Izdatel'stvo "NAUKA", Moskva.

- Hutchinson,W.R. and Searle,D.L., 1971.: Stratabound Pyrite Deposits in Cyprus and Relations to other Sulphide Ores. - Soc. Mining geol.Japan, Spec.issue. 3, 198-205 (Proc. IMA - JAGOD Meetings' 70, IAGOD Vol.
- Ilić,P., 1904.: Pregled nekadašnjih rudnika u Srbiji - Rudarski glasnik, Beograd.
- Jakovljević, Ž., 1978.: Izveštaj o istraživanju bakra u dijabaz-rožnačkoj formaciji na području Raška - Pusta Tušimlja. - Fond stručnih dokumenata Geoinstituta, Beograd.
- Janković,S., 1960.: Ekonomска геологија - Geozavod, Beograd, posebno izdanje.
- Janković,S., 1967.: Metalogenetske provincije. - Академија економске геологије Рударско-геолошког факултета (посебна издања) Beograd.
- Janković,S., 1974.: Metalogenetske provincije Jugoslavije u prostoru i vremenu (општи pregled). - Metalogenija i концепције геотектонског развоја Југославије, посебно издање посвећено Проф. Др. Б. Миловановићу, Beograd.
- Janković,S., Petković,M., 1974.: Metalogenija i концепције геотектонског развоја Југославије. Постојано издање посвећено Проф. Др. Б. Миловановићу, Beograd.
- Janković,S., 1977.: Major Alpine Ore Deposits and Metallogenic Units in the Northeastern Mediterranean and Concepts of Plate Tectonics. - Metalogeny and Plate Tectonics in the Northeastern 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.: Основна сазнанја о металогенетским обележјима бакроносних подручја СР Србије ван Тимочког масива (Сандžак). - III savetovanje o istraživanju бакrove минерализације на територији СФРЈ, Бор.
- Jurašinović,B., 1969.: Pregled rezultata istraživanja бакrove минерализације у Rebelju код Валjeva. Zbornik radova Рударско-металуршког факултета и Института за бакар, Бор.

- Karamata,S., 1954.: Predhodno saopštenje o pojavljivanju primarnih amfibolitskih škriljada u dijabaz-rožnačkoj formaciji. - Zapisnici SGD, Beograd.
- 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 Uebersichtskarte von Bosnien - Hercegovina 1:200.000. - Erstes Sechteebatt, Sarajevo.
- Kijanović,Lj., 1978.: Ležište bakra, olova i cinka Čardinje kod Prijeopolja. - Zbornik radova, IX kongres geologa Jugoslavije, Sarajevo.
- Kosmat,F., 1924.: Geologie der Zentralen Balkanhalbinsel. - Die Kriegsschauplätze 1914-1918. Geologisch Dargestellt.
- Krauskoph,K.B., 1967.: Introduction to Geochemistry. - McGraw-Hill book Company New York.
- Krauskopf,V.K., 1970.: Gornye porody kak istočnik metalonosnyh fljuidov. - Geohimija gidrotermalnyh rudnyh mestoroždenij. Izdatel'stvo "MTR", Moskva.
- Lloyd, and Clark,A., 1971.: Volcanogenic Ores: Comparision of Cupriferous, Pyrite Deposits of Cyprus and Japanese, Kuroko Deposits. - Soc.Mining Geol. Japan. Spec. Issue 3, 206-215 (Proc. IMAIAGOD Meetings, IAGOD Vol.).

- Loczy, Y., 1924.: Geologische Studien in Westlichen Serbien. - Die Ergebnisse der Orientkomission d.Ung.Ak.Wiss, Berlin.
- Naboko, S.I., 1959.: Vulkaničeskie eshalaciji i produkti ih reakciji. - Trudy, Lab. vulk., A.N.SSSR.
- Majer, V., 1962.: Rezultati dosadašnjih najnovijih istraživanja u tzv. "serpentinskoj zoni" u Bosni izmedju rijeka Vrbas i Bosne. - V savetovanje geologa Jugoslavije, Beograd.
- Markov, C., 1976.: Izveštaj o mineraloškim ispitivanjima uzoraka iz ležišta bakra Stanča. - Fond stručne dokumentacije Geo-instituta, Beograd.
- Meier, C., Himbi, D. 1970.: Okolorudnye izmenjenija vmešajyščih porod. - Geohimija rudnih mestoroždenij, Izdatel'stvo "MIR", Moskva.
- Milovanović, B., i Karamata S., 1957.: O dijapirizmu serpentina - Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja N.R 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, Iličeva-Vareš.
- Miohel, P.P., 1936.: Izveštaj o bakrovim rudama - Dosije Borskih rudnika.
- Mojsilović, S., i Radojčić R., 1961.: Nova nalazišta jure u Zapadnoj Srbiji. - Zapisnici Srpskog geološkog društva, Beograd.
- Pamić, J., 1974.: Alpski magmatsko-metamorfni procesi i njihovi produkti kao indikatori geološke evolucije područja Severne Bosne. - Geološki glasnik, Knj.22, Sarajevo.
- Petrovskaia, N.V., 1964.: O role tektoničeskij faktorov v obrazovaniju tekstur koljčedanyh rud. - Geologija rudnih mestoroždenij, Tom IV, Izdatel'jstvo "Nedra", Moskva.
- Purić, D., 1975.: Izveštaj o detaljnim istraživanjima bakra u rejonu Lajkovače. - Fond struč.dok.Geoinstituta, Beograd.
- Purić, D. 1976.: Izveštaj o istraživanju bakra na području Radanovci-Taor, za 1975/76. godinu. - Fond str.dok.Geoinstituta, Beograd.
- Purić, D., 1976.: Izveštaj o istraživanjima bakrovog orudnjenja na području Lokalnosti Tolišnica i Stanča za 1976. godinu. Fond stručne dokumentacije IGRI, Beograd.
- Purić, D., 1977.: Izveštaj o istraživanjima bakrovog orudnjenja na području lokalnosti Tolišnica i Stanča za 1977. godinu. Fond stručne dokumentacije IGRI, Beograd.

- 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 dokumentacije, Beograd.
- Putnik, S., i Stojković, S., 1971.: Rudne pojave i mineralizacija bakra u rudonosnoj zoni Radanovci-Taor. - Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanje nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Sv. 7, Beograd
- Putnik, S., 1972.: Izveštaj o detaljnim istraživanjima bakra u Zapadnoj Srbiji. - Fond str. dokumentacije Geoinstituta.
- Putnik, S., 1972: Izveštaj o detaljnim geološko-rudarskim istraživanjima mineralizovane zone Lajkovača. Fond str.dok. Geoinstituta.
- Putnik, S., 1973.: Izveštaj o istraživanjima bakra u dijabazima na području Ljubovidija-Skakavac. - Fond str.dok. Geoinstituta.
- Putnik, S., 1973.: Orudnjenje bakra u dijebazu Taorske Rečice. - Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Sv.9, Beograd.
- Putnik, S., 1973.: 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.: Mineralizations related to the Jurassic diabase magmatism in Dinarides. - Bulletin scientifique Conseil des académies des sciences et des arts. de la RSF de Yougoslavie, Sections: Sciences Naturelles, Techniques et Médicales.
- 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. 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. and Walker,A.L., Buchanan,A.S., 1969.: The Chemistry of Pyrite Formation 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 Resources: Basic Research Leading to Payoff. - Transactions, American Geophysical Union, Vol. 58, No.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., and Nielsen,R.L., Taylor,H.P., 1969: Oxygen and hydrogen isotope ratios of clay minerals from porphyry copper deposits. - Econ. Geology, Vol. 64, p. 757-777.
- Silittoe,H.R., 1972.: A Plate Tectonic Model for the Origin of Pophyry Copper Deposits. - Economic Geology, No.2., 1972.
- Silittoe,H.R., 1973.: Environments of Formation of Volcanogenic Massive Sulfide Deposits. - Economic Geology, Vol. 68, No.pp.1321-1325.
- Simić,V., 1951.: Istorijski razvoj našeg rudarstva. - Izdavačko preduzeće Saveta za energetiku i ekstraktivnu industriju Vlade FNRJ, Beograd.
- Smirnov,V.I., 1969.: Geologija poleznyh iskopajemyh. - Izdateljstvo "Nedra", Moskva.

- Smirnov, I.V., 1975.: Geologo-istoričeskie problemy istočnikov mineral'nogo večestva endogenyh rudnyh mestoroždenij. - Geologija rudnyh mestoroždenij, Tom.XVIII, No.4, Izdatel'stvo "NEDRA", Moskva.
- 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 Metallurgy, London.
- Spooner, E.T.C., Chapman, H.J. and Smewing, J.D., 1977.: Strontium Isotopic Contamination and Oxidation During Ocean Floor Hydrothermal Metamorphism of the Ophiolitic Rocks of the Troodos Massif, Cyprus. - Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol. 41, No. 7.
- Spooner, E.T.C. and Bray, C.J., 1977.: Hydrothermal Fluids of Seawater Salinity in Ophiolitic Sulphide Ore Deposits, Cyprus. Nature (1977.) in press.
- Šatalov, E.T., Orlova, A.V., Jablokov, K.V., Djukov, A.I., Tomson, I.N., 1964: Osnovnie principi sostavlenija, soderžanie i uslovnye oboznačenija metalogeničeskikh kart rudnyh rajonov. Izdatelstvo "Nedra", Moskva.
- Šatalov, E.T., 1972.: Metalogeničeskij analiz rudokontrolirujučih faktorov v rudnyh rajonah. - Izdatelstvo "Nedra", Moskva.
- Ščeglov, A.D., 1976.: Osnovy metalogeničeskogo analiza. - "Nedra", Moskva.
- Terzić, M., i Jovanović, M., 1974.: Bakrovo rudište Rebelj kod Valjeva. Poveztki referatov, 8 jugoslovenski geološki kongres, Bled.
- Thode, H.G., and Monster, J., Dunford, 1961.: Sulphur Isotope Geochemistry. - Geochimica et Cosmochimica ACTA, Vol. 25, No. 3.
- Tuach, J., and Kennedy, M., 1978.: The Geologic Setting of the Mining and Other Sulfide Deposits, Consolidated Rambl Mines, Northeast Newfoundland. - Economic Geology, Vol. 73, No. 2.
- Tvaltcherelidze, G.A., and Budaze, V.I., 1972.: Geological conditions of formation of Copper-Pyrrhotite polymetallic Deposits of the Great Caucasus. - 24th 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, No. 2., Mishigou.
- Vinogradov, V.I., 1967.: Raspredelenie izotopov sery v mineralah rudnyh mestoroždenij. - Izotopy sery u voprosy rudoobrazovaniya, Izdatel'stvo "Nauka", Moskva.

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

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

Žujović, J., 1893.: Geologija Srbije. - Srpska Kraljevska državna štamparija, Beograd.

