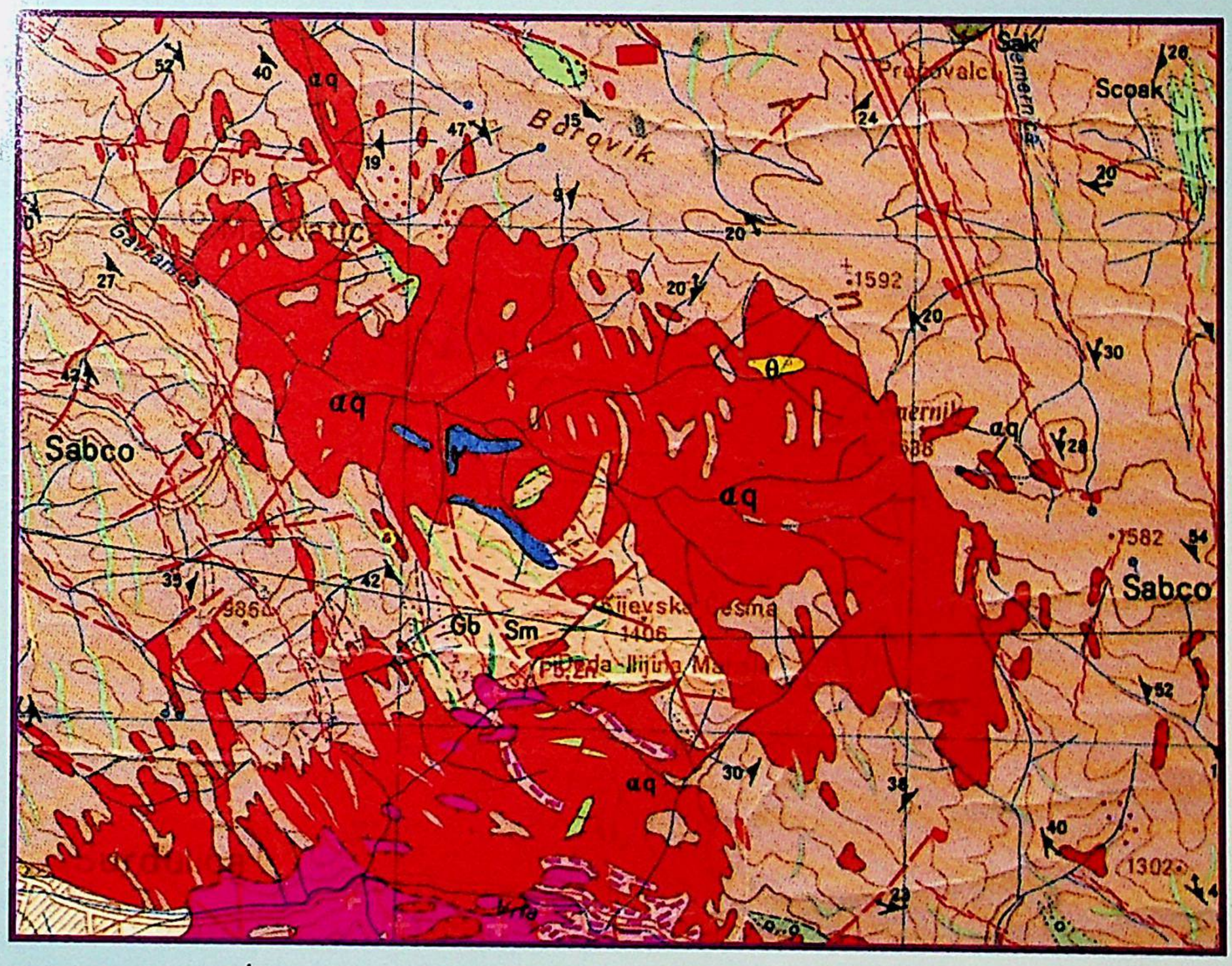
GEOINSTITUT

ISBN-86-7156-019-8

Milosav Simić

LEŽIŠTA I POJAVE MOLIBDENA U SRBIJI



DEPOSITS AND OCCURRENCES OF MOLYBDENUM IN SERBIA

Posebna izdanja Geoinstituta, knjiga 29, Beograd, 2005.

Geoinstitut, ISBN -86-7156-019-8

MILOSAV SIMIĆ

LEŽIŠTA I POJAVE MOLIBDENA U SRBIJI

DEPOSITS AND OCCURRENCES OF MOLYBDENUM IN SERBIA

Posebna izdanja Geoinstituta, knjiga 29, Beograd, 2005

Redakcijski odbor

Prof. dr Aleksandar **Grubić**,

Prof. dr Adam **Dangić**,

dr Radule **Popović**,

dr Velizar **Štrumberger**,

dr Milosav **Simić**,

mr Branko **Miladinović**,

mr Svetlana **Polavder**

Glavni i odgovorni urednik

Dr Radule **Popović**

Recenzenti:

Dr Rade **Jelenković**, redovni profesor
Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Dr Veljko **Omaljev**, nučni savetnik u Geoinstitutu, Beograd

Autor je naučno odgovoran za svoja izlaganja

U troškovima izdanja ove monografije učestvovalo je:
MINISTARSTVO NAUKE I ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE, Beograd,
Nemanjina 22-24

DARIJI, MARIJANI I VLADISLAVU,
ŠTO SU UVEK IMALI LJUBAVI, STRPLJENJA
I RAZUMEVANJA ZA MOJ RAD
I MALOJ NINI ZA DUG I SREĆAN ŽIVOT

PREDGOVOR

Ideju da napišem ovu monografiju dao mi je profesor Rudarsko-geološkog fakulteteta Rade Jelenković na jednom zajedničkom putovanju za rudnik Blagodat u jesen 1996. godine. U to vreme već sam imao odbranjenu magistarsku tezu "Geohemojski oreoli u rudnom polju Mačkatice" i bio pri kraju sa izradom doktorske disertacije "Metalogenija zone Mačkatica-Blagodat-Karamanica", koja je 2001. godine objavljena kao monografija.

S obzirom, da sam za rudno polje Mačkatice imao dosta prikupljenog materijala i stekao mnoga saznanja tokom višegodišnjih istraživanja na ovom području, shvatio sam da bi jedna takva monografija (studija) o molibdenskim ležištima i pojavama Srbije bila od koristi našoj stručnoj i naučnoj javnosti, a možda imala i praktični značaj. Pored toga u svakodnevnim susretima sa običnim ljudima, pa čak i sa ljudima od struke, video sam koliko malo poznaju ovu materiju, iako se na teritorije Srbije nalazi jedno od značajnih molibdenskih ležišta na svetu Mačkatica. Kao što se vidi od ideje do realizacije, prošlo je dosta vremena. Dobro kaže Gete "lako je misliti, teško je raditi, raditi onako kako se misli teže je od svega na svetu".

Radeći na monografiji, moja neprestana dilema je bila, kako dati naslov ove monografije, “Ležišta i pojave molibdena u Srbiji” ili “Molibdensko ležište Mačkatica sa osvrtom na druge pojave u Srbiji”. Naravno sam naslov je, u neku ruku, određivao i raspored poglavlja, odnosno način izlaganja i kompoziciju monografije. Razlog za ovu dilemu bio je u tome, što sam neprestano želeo, da još u naslovu istaknem Mačkaticu, jedno od značajnih Mo-ležišta u svetu, a ne da ovo ležište stavljam u istu ravan sa drugim Mo-pojavama u Srbiji, koja su bar prema sadašnjim saznanjima daleko manjeg metalogenetskog i ekonomskog značaja. Ipak sam se na kraju opredelio za opštiji, prvi naslov, uvažavajući pravilo da je opštije starije od pojedinačnog, raspoređujući i izlažući celokupnu materiju prema geotektonskoj pripadnosti, odnosno sredinama pojavljivanja Mo ležišta i pojava u Srbiji.

Iako na prvi pogled izgleda da ima obilje podataka o pojedinim pojavama molibdena, prilikom pisanja, nailazio sam na dosta teškoća da bih došao do nekih činjenica. Tako na primer poslednje stanje istražnih radova na Mačkatici nisam mogao nigde da nađem. Desilo mi se, prilikom lociranja bušotine M-8, da mi meštanin sela Borovika kaže "...ej Simiću pa tu je rađena bušotina 1950 i neke godine". I zaista na dvadesetak metara od novo locirane bušotine, u trnjaku, nazirale su se konture lokacije nekadašnje bušotine, o kojoj ja nisam imao nikakvih podataka, niti sam mogao da dođem do njih. Ovo navodim kao primer našeg nemara i nebrige za čuvanje i skladištenje podataka. Ima sličnih stvari i na drugim lokalitetima. Podaci o pojavama u boranjskom granodioritskom masivu i njegovom obodu su vrlo šturi, oskudni, često iste pojave su tretirane sa različitog aspekta, pa se nezna da li su one molibdenske ili volframske ili i jedno i drugo volframsko-molibdenske i obrnuto. Takođe vrlo malo prostora u literaturi je dato molibdenskim

pojavama u Karpato-Balkanidima, kako u granitoidnim kompleksima tako i u porfirskim ležištima bakra.

Polazeći od gore izloženog, a pogotovu značaja ovog područja u pogledu Mo-ruda, kod nas i u svetu, smatrao sam da pisanjem ove monografije, sačuvam od zaborava mnoge podatke koje sam skupljao više godina za buduća pokolenja istraživača, jer stara je izreka "ništa u istinu ne postoji ako se ne poveri hartiji, odnosno dok se ne napiše njegova istorija". Možda izgleda samohvalisavo, ako kažem da je ovo poslednji trenutak, pogotovu što je veliki broj istraživača, koji su radili na istraživanju molibdena u dubokoj starosti, a mnogi od njih nisu više u životu. Monografija "Ležišta i pojave molibdena u Srbiji" je plod višegodišnjih proučavanja i predstavlja sintezu svih relevantnih činjenica dobijenih terenskim i kabinetskim istraživanjima molibdenskih mineralazacija na teritoriji Srbije koje daju bliže tumačenje njihovog prostornog, vremenskog i genetskog razmeštaja i uslova obrazovanja. Svakako nije bilo moguće dati odgovor na sva otvorena pitanja, što je i logično, jer ako bi dali odgovor na sve i stigli do kraja čemu onda buduća istraživanja. Ako ova monografija doprinese boljem poznavanju i zainteresuje širu stručnu i naučnu javnost za Mo-mineralizacije kod nas, biće mi drago i smatraću da nisam uzalud radio. Zbog toga, dok sam pisao ovu monografiju, stalno sam imao u vidu jednu misao velikog ruskog pripovedača i romansijera Maksima Gorkog "mnogi pate od toga da pišu knjige, ali retki su koji ih se docnije stide". Maksimalno sam se trudio da svoje tvrdnje i mišljenja, potkrepim i dokumentujem stvarnim podacima u duhu savremenih shvatanja nastanka Mo - mineralizacija, mada sam svestan činjenice da ono što čovek ostvari uvek je manje od onoga čemu se nada i za čim teži.

Na kraju autor monografije duguje zahvalnost velikom broju svojih kolega koji su mu pružili pomoć u izradi ove monografije. Posebno se zahvaljujem dr Veljku Omaljevu koji je imao strpljenja da pročita tekst monografije i da korisne sugestije, pogotovu u domenu geohemije, što je imalo uticaja na krajnji sadržaj ove monografije.

Zahvaljujem se prof. dr Radetu Jelenkoviću, prvo na sugestiji i podršci da napišem ovu monografiju, i na izvršenu recenziju sa nizom konstruktivnih primedbi koje su doprinele da ovaj tekst dobije finalni oblik.

Kolegijalnu zahvalnost upućujem Branislavu Radoševiću, za pročitan tekst, prevod slika i tabela, kao i korisne sugestije i ustupljenu literaturu, što je doprinelo da monografija bude sadržajnija.

Tehničkom izgledu ovog rada svojim umećem i trudom doprineli su Žolnaj Stanislav, Branislav Adamović, Biljana Belčević i Biljana Grbić, na čemu iskreno zahvaljujem

Zahvalan sam Geoinstitutu, mojoj matičnoj kući i Ministarstvu nauke i zaštite životne sredine Srbije, koji su mi omogućili i finansijski podržali štampanje ove monografije.

Januar 2005. godina

Autor

SADRŽAJ

PREDGOVOR **5**
U V O D 11
MOLIBDEN (Mo) 13
Opšte hemijske, fizičke i geohemijske osobine 13
Minerali i rude molibdena 15
Obogaćivanje ruda molibdena 16
Metalurška prerada i primena molibdena 17
Proizvodnja molibdena u svetu 18
Potrošnja molibdena u svetu 20
Cene molibdena 23
Ležišta molibdena i rezerve u pojedinim zemljama u svetu 25
Dalji izgledi 26
OSNOVNE METALOGENETSKE I GEOTEKTONSKE KARAKTERISTIKE SRBIJE I OPŠTA ZAKONOMERNOST RAZMEŠTAJA POJAVA I LEŽIŠTA MOLIBDENA 28
GENETSKI TIPOVI LEŽIŠTA I POJAVA MOLIBDENA 43
ASOCIJACIJE MINERALA I ELEMENATA 45
METALOGENETSKE EPOHE 47
SRPSKO-MAKEDONSKA METALOGENETSKA PROVINCIJA 48
SRPSKO - MAKEDONSKA MASA 51
METALOGENETSKA ZONA BESNA KOBILA 54
RUDNO POLJE MAČKATICA 66
Istorijat istraživanja 67
Geološka građa rudnog polja Mačkatice 70
Paleozojski kristalasti škriljci 70
Muskovitski i albit-muskovitski škriljci 72
Albit-muskovitsko-hloritski i albit-hlorit-epidotski škriljac 73
Albit-hlorit-aktinolit-epidotski škriljci 74
Kvarciti 75
Petrohemijske karakteristike metamorfita u rudnom polju Mačkatice 76
Geohemijske karakteristike metamorfita u rudnom polju Mačkatice 83
Tercijarne magmatske stene 88
Daciti 88
Lamprodaciti (prelazi ka lamproandezitu) 90
Kvarcdioritporfiriti 90
Granodioritporfiriti 91
Petrohemijske karakteristike dacita Mačkatice 92

Geohemijske karakteristike magmatskih stena Mačkatice 98
Akcesorni minerali i njihove geohemijske karakteristike..... 101
Geološka starost vulkanita Mačkatice 104
Strukturni sklop rudnog polja Mačkatice..... 105
Hidrotermalne promene 109
Ležišta i pojave molibdena u rudnom polju Mačkatice..... 120
Mo-ležište u Popovoj dolini 122
Rudne pojave u Pavlovoj dolini 125
Mo-ležište na Boroviku 125
Rudne pojave molibdena u Mečoj dolini 133
Rudne pojave Đokanove doline 134
Rudne pojave Garvanice 135
Rudne pojave Mamutove doline 135
Rudna pojave Groznatove doline 135
Rudne pojave u Malikinoj dolini 137
Ostale pojave molibdena i bakra u području Surduličkog eruptivnog masiva 138
Kontrolni faktori formiranja i prostornog razmeštaja Mo-orudnjenja..... 151
Magmatska kontrola..... 151
Strukturna kontrola..... 152
Litološka kontrola 154
Morfogenetski tipovi orudnjenja molibdena i oblici rudnih tela u rudnom polju Mačkatice 156
Mineralni sastav i parageneza..... 158
Način pojavljivanja i raspodela molibdenita u rudnim telima .. 160
Strukturni oblici molibdenita 161
Geohemijska zonalnost i korelacija hidrotermalnih promena i Mo-orudnjenja..... 162
Geohemijski oreoli u rudnom polju Mačkatica..... 167
Primarni oreoli rasejavanja 168
Sekundarni oreoli rasejavanja..... 175
Geohemijski uslovi stvaranja i razmeštaja Mo-orudnjenja u rudnom polju Mačkatice 179
Sastav rudnih i alteracionih sistema i njihova korelacija..... 183
LECKI ANDEZITSKI MASIV..... 185
VARDARSKA ZONA 192
PODRINJSKI METALOGENETSKI REON 195
BORANJSKO RUDNO POLJE 196
Geološka građa rudnog polja Boranje 196
Strukturne karakteristike..... 201
Mineralna potencijalnost..... 202
Reonizacija rudnog polja Boranje..... 203
Kontaktna zona 204
Skarnovska ležišta magnetita, bakra, šelita i molibdena..... 206

Štokverkno-impregnaciona mineralizacija Mo-Cu i Fe u zoni Velika reka – Rudni potok – Duge Njive 207
Ležište magnetita Duge Njive 209
Mo – Cu mineralizacije u Rudnom potoku 210
KOPAONIČKA METALOGENETSKA OBLAST 211
Geološka građa 211
Promene u stenama 216
Strukturne karakteristike 216
Rudne pojave 217
Pojave molibdena 218
KARPATSKO-BALKANSKA METALOGENETSKA PROVINCIJA 222
GEOLOŠKA GRAĐA KARPATO - BALKANIDA 224
Granitoidne intruzije u Karpato- Balkanidima 229
Magmatski kompleksi Neresničko - Brnjičke zone 233
Granitoidi Plavne i Turije 234
Gornjanski granitoidni kompleks 235
Rudne pojave molibdena u gornjanskom granitskom kompleksu 236
Granitoidi Stare planine 238
Molibdensko-uranske i uransko-halkopiritske pojave u janjskom granitoidnom kompleksu 240
RIDANJSKO-KREPOLJINSKA METALOGENETSKA ZONA 243
Polimetalično ležište Reškovica 248
BORSKA METALOGENETSKA ZONA 249
Geološka građa 250
Hidrotermalne promene 255
Mineralna potencijalnost 256
Morfogenetski tipovi ležišta bakra Borske metalogenetske zone 258
Porfirsko ležište Cu – Mo Majdanpek 260
Rudno polje Crni Vrh 262
Rudno polje Cerova – Mali Krivelj 263
Rudno polje Bor 265
Porfirsko ležište bakra Borska reka 267
Porfirsko ležište bakra Veliki Krivelj 267
POTENCIJALNOST GEOLOŠKIH SREDINA I POJEDINIH TIPOVA ORUDNJENJA MOLIBDENA U SRBIJI 272
Skarnovska ležišta 272
Hidrotermalna ležišta 274
(a) Granodioritski molibdenitski sistem 279
(b) Granitski molibdenitski sistem 280
OSNOVNE KARAKTERISTIKE MODELA PORFIRSKIH Mo, Mo-Cu i Cu LEŽIŠTA U SVETU I NJIHOVA KORELACIJA SA LEŽIŠTIMA U SRBIJI 284
Rudne rezerve molibdena u Srbiji 288
ZAKLJUČNA RAZMATRANJA 292

LITERATURA - REFERENCES 305
SUMMARY
DEPOSITS AND OCCURRENCES OF MOLYBDENUM IN SERBIA 323

U V O D

Knjiga je vrednija od svih spomenika i od svih grobnica iskićenih islikanim stubovima, jer ona sama gradi spomenike u srcu onoga koji je čita.
Drevna egipatska misao
Iz knjige M. Vitezovića, "Misli srpski"

Sve prolazi i ništa nam ne pripada: porodica, žena, deca, naše telo i naše bogastvo. Šta je onda naše?Naša dobra i zla dela.
Konfučije, kineski filozof, 551 – 479. god. p. n. e.

Molibdenske mineralizacije u Srbiji javljaju se u više područja, ali mali broj ima značajnije koncentracije molibdena. Pojave i ležišta molibdena u Srbiji razlikuju se po geotektonskoj pripadnosti, vremenu stvaranja, genetskom tipu, mineralnom sastavu, asocijaciji elemenata, kao i geološko-strukturnim karakteristikama. Ako izuzmemo ležište Mačkatica, većina molibdenskih ležišta i pojava su slabo istražena i proučena, tako da se o njihovim osobenostima može govoriti samo u opštim crtama. Istraživanja sprovedena na mnogim molibdenskim mineralizacijama, datiraju još od pre četrdeset i više godina, što umanjuje njihovu aktuelnost. Period najintenzivnijeg istraživanja i eksploatacije bio je od 1942 - 1952. godine, znači ratno i poratno vreme, na ležištu Mačkatica, odnosno širem području Surduličkog eruptivnog masiva. U periodu 1972 -1992. godine sa dosta skromnim finansijskim sredstvima obnovljena su istraživanja, opet na Mačkatici, što je rezultiralo pronalaskom novog Mo-ležišta Borovik i znatnim proširenjem rezervi Mo-rude.

Zatvaranjem rudnika Mačkatica 1952. godine opao je i interes za istraživanjem molibdenskih ruda u Srbiji. Istraživanja molibdeskih pojava na Kopaonoku šesdesetih godina bila su malog obima i nedovoljna za bližu ocenu ovih pojava. Slično je i sa pojavama molibdena u podrinjskoj metalogenetskoj oblasti koja su na prospekcijskom nivou. U Karpato-Balkanidima na osnovu literaturnih izvora koji su mi bili dostupni može se konstatovati da molibdenske mineralizacije nikad nisu bile od posebnog interesa, pa im je verovatno zbog toga poklonjena tako malo pažnje. Naime podaci o ovim pojavama su jako oskudni kako u granitima, tako i u ležištima i pojavama bakra u borskoj metalogenetskoj zoni.

Višegodišnjim istraživanjem u JI Srbiji, odnosno metalogenetskoj zoni Besna Kobila, autor je prikupio veliki broj podataka o molibdenskim mineralizacijama na ovom području, što je izloženo u mnogobrojnom izveštajima,

studijama i publikovanim radovima. Koristeći sopstvena saznanja o ovoj metalogenetskoj oblasti, koja po razmerama Mo-orudnjenja spada u najznačajnije u Evropi i svetu, i saznanja prethodnoh istraživača, u monografiji se daju sintetizovani podaci u skladu sa savremenim tumačenjima metalogenije ovog područja i molibdena posebno.

Uporedo sa istraživanjima na Mačkatici autor je proučavao i prikupio sav dostupni, fondovski i publikovan, materijal o drugim Mo-pojavama i ležištima u Srbiji, što će ovde biti izloženo na jedan sažet način. Prema do sada izvedenim istraživanjima u Srbiji, pored Surduličkog eruptivnog masiva i njegovog oboda, odnosno metalogenetske zone Besna Kobila, molibdenskih pojava ima još u kontaktnoj oreoli granitoida Boranje i Kopaonika i Istočnoj Srbiji u granitoidima i porfirskim ležištima bakra. Podaci o molibdenskim pojavama, ako izuzmemo Mačkaticu, su dosta šturi i često uzgredni, odnosno dati uz neke druge teme i materiju. To se posebno odnosi na sadržaje molibdena u borskoj metalogenetskoj zoni, gde se za većinu ležišta i pojava bakra sadržaj molibdena daje opisno (neznatno, zanemarljivo mali, bez ekonomskog značaja i tome slično).

U geotektonskom pogledu ležišta i pojave molibdena u Srbiji pripadaju Vardarskoj zoni, Srpsko-Makedonskoj masi (SMM) i Karpato-Balkanidima, a prema metalogenetskoj reonizaciji Srpsko-Makedonskoj i Karpatsko-Balkanskoj metalogenetskoj provinciji.

Monografija je podeljena u više poglavnlja. U prvom opštem, uvodnom delu, date su opšte hemijske i fizičke osobine molibdena, njegova primena, proizvodnja i potrošnja u svetu i druge relevantne karakteristike. Zatim su prikazane osnovne metalogenetske i geotektonske karakteristike Srbije i opšta zakonomernost razmeštaja ležišta i pojava molibdena, genetski tipovi i epohe stvaranja. U drugom delu prikazana su Mo ležišta i pojave prema geotektoskoj i metalogenetskoj pripadnosti. Pri obradi pojava i ležišta došlo je do neujednačenosti u obimu njihovog prikaza, neka su veoma detaljno razmatrana (Mačkatica), dok su karakteristike drugih iznete u opštim crtama. To je zavisilo od raspoloživih podataka, odnosno stepena istraženosti, kako rudnih polja, tako i pojedinih rudnih pojava i ležišta. Na kraju je data potencijalnost geoloških sredina i pojedinih tipova orudnjenja molibdena u Srbiji, imajući u vidu savremena tumačenja metalogenije, odnosno geneze, sredine orudnjavanja, kontrolnih faktora, tipova orudnjenja i drugih karakteristika Mo-mineralizacija.

Posebna pažnja je posvećena rudnom polju Mačkatica, odnosno Surduličkom eruptivnom masivu, zbog svog značaja u pogledu razmere rudnih tela i rezervi Mo-rude. Malo je ležišta u Srbiji kaja su za poslednjih pedeset godina bila predmet tolikog broja tehnoekomnomskih analiza, kao što je to ležište Mačkatica. Uprkos svemu tome nisu se stekli uslovi da rudnik Mačkatica, koji je zatvoren 1952 godine, ponovo oživi. Razlozi su brojni, a jedan od osnovnih, je nizak sadržaj molibdena. Međutim, sa napretkom nauke i tehnologije ne možemo a da ne verujemo, da će Mo-rude Mačkatice u dogledno vreme biti rentabilno eksploatisane.Verujem da je eksploatacija i korišćenje ruda Mačkatice imperativ vremena i da će to vreme brzo doći.

MOLIBDEN (Mo)

Opšte hemijske, fizičke i geohemijske osobine

Molibden je otkrio 1778. švedski hemičar Karl Vilhelm Šele, a prvi put je izolovan u vidu metaličnog praha, koji je imao primese karbida, od strane Petera Hjelma 1782. godine (A s i m o v , 1968., V e n e c k i j , 1975). Pre toga molibden je smatran olovom (grčki molibdos – olovo) ili grafitom, zbog toga što je njegov glavni mineral molibdenit veoma mekan. Šest godina kasnije (1788) dobijen je metalni molibden redukcijom molibdentrioksida ugljenikom, ali da bi se dobio čist molibden, redukcijom molibden-trioksoida vodonikom, bilo je potrebno još celo stoleće. Krajem XIX veka otkriven je uticaj molibdena kao legirajućeg elementa na kvalitet čelika, posle čega je došlo do industrijske proizvodnje molibdenovih čelika, a stim u vezi i do potražnje za molibdenom uopšte. Industrijska proizvodnja metalnog molibdena i njegova primena u elektrotehnici i drugim granama, pada približno u to isto vreme (oko 1910), kada je razrađen i metalokeramički postupak za dobijanje teško topivih metala u kompaktnom obliku.

Po spoljnom izgledu, fizičkim, mehaničkim i hemijskim osobinama molibden je sličan volframu. Važnije fizičke osobine molibdena su sledeće: atomski broj molibdena je 42, atomski radijus 0.140 nm (volframa 0.141 nm), relativna atomska masa 95.94, elektronska struktura /Kr/$4d^5$ ds^1, tip rešetke prostorno centrirana kubna, zapreminska masa 10.2 kg/dm^3, presek zahvata toplotnih neutrona, $2.6x10^{-20}$ m^2, a tvrdoća po Brinelu –sinterovani štap 150-160 Kp/mm^2 (150-160 x 10^{-3} bara), -izvaljani lim debljine 20 mm 240-250 Kp/mm^2 (240-250 x 10^{-3} bara). Temperatura topljenja 2617 °C, temperatura ključanja 4612 °C, toplota topljenja 209 J/g, toplota sublimacije 6783 J/g, a toplota provodljivosti pri 20 °C 1.47 J/(cm sec °C). Javlja se u više izotopa: Mo^{92}, Mo^{94}, Mo^{95}, Mo^{96}, Mo^{97}, Mo^{98} i Mo^{100}, od kojih je najzastupljeniji Mo^{98} (23.75%). Pripada VI grupi elemenata periodnog sistema sa Cr, W, Pr i Pa.

Molibden je metal sivo-bele boje visokog sjaja, veoma je tvrd i pripada grupi teško topivih metala. U normalnim atmosferskim uslovima je otporan na dejstvo vode i kiseonika i ne korodira.. Zagrevanjem (iznad 400-500 °C) reaguje sa kiseonikom gradeći okside. Iznad 600 °C metal se brzo oksidiše uz obrazovanje molibdentrioksida (MoO_3) koji predstavlja polazni materijal za proizvodnju metala. Važna osobina molibdena je mali presek zahvata toplotnih neutrona (2.6 barna tj. približno sedam puta manji nego kod volframa), što omogućuje njegovu primenu kao konstrukcionog materijala u nuklearnim reaktorima (Đ u r k o v i ć & Đ u r k o v i ć , 1976).

Posmatrano sa aspekta ležišta mineralnih sirovina Mo^{4+} je karakterističan vid pojavljivanja u endogenim, a Mo^{6+} u egzogenom stadijumu obrazovanja

orudnjenja. Inače Mo se još pojavljuje u 2^+, 3^+ i 5^+ valentnom stanju. Molibden i volfram u 6^+ imaju zanimljivu i vrlo složenu težnju da grade polimolibdate, odnosno polivolframate. U ovim jedinjenjima molibden i volfram se nalaze u obliku oksianjona koji sadrže veze tipa –O-Mo-O- i –O-W-O-, gde može biti vezan i veliki broj atoma metala. Molibden pripada grupi siderofilnih i halkofilnih elemenata, zapravo u meteoritima pokazuje izrazite siderofilne osobine, dok je u litosferi halkofilan. Naklonost prema kseoniku je slabije izražena (uglavnom u oksidacionoj zoni). Geohemijski je sličan volframu, ali pokazuje i različita ponašanja (molibden se u prirodi pretežno javlja u vidu sulfida, volfram kao oksidi). U početnim fazama kristalizacije magme ne pokazuje naglašenu težnju ka koncentrisanju u petrogenim mineralima magmatskih stena. Retko ulazi u sastav silikatnih minerala i magmatskih ležišta mineralnih sirovina. U likvidnim segregatima se nalazi u koncentraciji približno 10-20 ppm Mo, dok se njegov sadržaj u ležištima kristalizacionih diferencijata kreće do 50 ppm (titanomagnetitske rude, Jelenković, 1999). Sa napredovanjem procesa diferencijacije magme, molibden teži da pređe u kiseli magmatski ostatak i hidrotermalne rastvore. U pegmatitskoj fazi dolazi do izvesnih manjih koncentracija u vidu molibdenita. U pneumatolitskim produktima molibdenit može da obrazuje i značajnije mase, naročito ako su lakoisparljive komponente obuhvatale i jedinjenja fluora. U tim uslovima ističe se tesna povezanost molibdenita i volframita. U hidrotermalnom području izdvaja se daleko najveći deo molibdena, pri čemu su često karakteristične njegove asocijacije sa bakrom, retko i sa olovom-cinkom i/ili uranom.

Geohemijsko ponašanje molibdena u hidrotermalnim rudonosnim rastvorima zavisi od većeg broja fizičko-hemijskih parametara. Među njima dominiraju pH i Eh potencijal sredine, stepen rastvorljivosti pojedinih komponenti u hidrotermalnim sistemima, fugasnost sumpora, fluora i drugih komponenti. Tako na primer, u kiseloj i slabo kiseloj sredini, molibden može da se prenosi u vidu kompleksnih heteropolisilikatnih jedinjenja, koja se sa padom temperature i pritiska (ispod 600 °C) raspadaju i u prisustvo H_2S grade molibdenit. U relativno kiseloj sredini pri koncentraciji fluora od 10^{-3} mol/dm^3 rastvora, molibden može da se prenosi i u vidu fluoridnih i oksifluoridnih kompleksknih jona tipa MoO_3F^-. Sa povišenjem alkalnosti rastvora primat nad ovim jonima preuzimaju molibdat joni tipa MoO_4^{2-}. Tako na primer, među najzastupljenijim oblicima prenosa molibdena u sredinama koje su karakteristične za ležišta čije je stvaranje praćeno procesima kalijske metasomatoze i silifikovanja su molibdati i oksitiomolibdati, za procese grajzenizacije oksihaloidomolibdati, a za procese kvarc-sericitske alteracije oksitiomolibdati i silikomolibdati. Posebno povoljnom sredinom, mogućeg prenosa molibdena, smatraju se rastvori sa povišenom fugasitom sumpora i niskim alkalinitetom. U takvoj sredini molibden se prenosi u vidu $Mo(OH)(CO_3)S_2$ jona.

Stepen mobilnosti molibdena u egzogenim uslovima je relativno visok, a ograničen je stepenom rastvorljivosti MoS_2 komponente i stepenom sorpcije limonitom ili reakcijom sa trovalentnim gvožđem. Značajan uticaj na njegovo obaranje iz vodenih rastvora ima pH (2.5-7 ferimolibdit, 2-4 adsorbovan mineralima glina), kao i tip geološke sredine u kojoj se nalazi. Najčešće migrira u

vidu alkali-molimdata, a obara se kada naiđe na sredinu bogatu kalcijom. Takođe iz rastvora ga obaraju i muljevi sa povišenim koncentracijama H_2S komponente, odnosno redukciona sredina.

Sadržaj molibdena, u pojedinim tipovima stena, prema Vinogradovu (1962) iznosi: (a) ultrabazične – 0.3 ppm, (b) bazične – 1.4 ppm, (c) intermedijarne – 0.9 ppm, (d) kisele – 1 ppm, (e) sedimentne stene, škriljci, gline – 2 ppm, a u Zemljinoj kori sadržaj molibdena iznosi 1.1 ppm. Prirodne vode sadrže oko 1.5 ppb molibdena.

Minerali i rude molibdena

Minerali molibdena nisu tako brojni. Među njima veće koncentracije dostiže samo nekoliko minerala: molibdenit MoS_2 (59.69% Mo), vulfenit $PbMoO_4$ (39.3% MoO_3), povelit $CaMoO_4$ (72% MoO_3), molibdit ili molibdenski oker $Fe_2(MoO_4)_3 7H_2O$ (59.5%MoO_3). Ostali minerali molibdena (molbdošelit $Ca(Mo,W)O_4$, čilagit $3PbWO_4PbMoO_4$, ilzemanit $MoO_2 4MoO_3$, kehlinit $Bi_2O_3MoO_3$, lindgrenit $Cu_{12}(MoO_4)_8H_8O_8$), su daleko ređi i ekonomski neinteresantni (Janković, 1960; Jelenković, 1999). Od svih molibdenovih minerala, u ekonomskom pogledu molibdenit je daleko najznačajniji. Vulfenit se samo izuzetno javlja u većim koncentracijama, pretežno u Pb-Zn ležištima. Povelit i molibdit su produkti oksidacije molibdenita i u manjim količinama se nalaze u oksidacionoj zoni većine molibdenitskih ležišta.

Među rudama molibdena mogu se uglavnom izdvojiti sledeće vrste: kvarcno-molibdenske, molibdensko-volframske, molibdensko-bakrove, odnosno bakronosno molibdenske i vulfenitske rude.

Kvarcno-molibdenske rude predstavljaju najrasprostranjeniji i ekonomski najvažniji tip molibdenovih ruda. Sastoje se od molibdenita i kvarca, praćeni ređe i sulfidima bakra, olova i cinka. Rude ovog tipa su poznate u grupi hidrotermalno žičnih i hidrotermalno štokverkno-impregnacionih, odnosno porfirskih ležišta molibdena.

Molibdensko-volframske rude, pripadaju kompleksnim rudama, i u njima pored molibdena, u značajnim koncentracijama može da se javi i volfram. Ruda se sastoji od molibdenita, volframita, šelita, kvarca i podređeno pirita. Rude ovog tipa su poznate u grupi grajzenskih, visokotemperaturnih hidrotermalno-žičnih i skarnovskih ležišta molibdena.

Molibdensko-bakronosne rude su osnovni tip u grupi porfirskih ležišta Cu-Mo. Molibdenit je osnovni mineral molibdena. Praćen je halkopiritom, bornitom i drugim Cu-mineralima i piritom. Sadržaj molibdena je u opštem slučaju nizak (0.0072-0.035%), a njegova valorizacija je usputna uz bakar. Kod nas molibden nije izdvajan iz bakarnih ruda zbog niskih koncentracija (0.003-0.01%).

Vulfenitske rude javljaju se veoma retko, i prostorno i genetski su vezane za rude olova i cinka. Vulfenit se javlja u asocijaciji sa galenitom, kao i produktima supergene transformacije Pb-Zn minerala.

Obogaćivanje ruda molibdena

Zbog niskog sadržaja sve rude molibdena moraju se prethodno obogaćivati. Za obogaćivanje molibdenovih i molibdenonosnih ruda koristi se isključivo flotacija (gravitacijske metode nisu pogodne, jer se molibdenit jako presitnjava i odlazi dobrim delom u jalovinu, tako da su iskorišćenja veoma niska). Iako je flotacija osnovna metoda obogaćivanja, treba ipak imati u vidu da se njome ne postižu uvek podjednako dobri rezultati za sve tipove molibdenovih ležišta i sve molibdenove minerale.

Najbolji rezultati dobijaju se flotacijom molibdenita, kako kod složenih ruda, tako i kod čisto molibdenitskih ruda. Povelit znatno lošije flotira, mada se pri njegovom obogaćivanju mogu često postići zadovoljavajući rezultati. Mnogo teže se obogaćuju rude sa ferimolibditom i limonitom, pri čemu iskorišćenje može da koleba u vrlo širokim granicama. Otuda se pri oceni jedne pojave molibdena o njenim flotabilnim osobinama može pouzdanije govoriti tek kad su završena tehnološka ispitivanja.

U pogledu pogodnosti obogaćivanja ruda iz različitih tipova ležišta molibdena može se, u opštem slučaju, izneti sledeće: (a) kvarcno-molibdenitske rude koje su glavni izvori iz kojih se u svetu dobija molibden, spadaju u rude koje se najlakše obogaćuju, (b) pri obogaćenju bakrovo-molibdenovih ruda mogu da nastanu izvesne teškoće, naročito kod oksidnih ruda. Zbog toga ne postoji standardna metoda za selektivnu flotaciju bakrovo-molibdenovih ruda, već se šema pripreme razrađuje pojedinačno za svako ležište, (c) kod molibdensko-volframitskih ruda izdvajanje molibdena vrši se putem flotacije, a volframita mokromehaničkim metodama, (d) obogaćivanje skarnovskih ruda molibdena je složenije, naročito kad se molibden javlja sa šelitom. Metoda obogaćivanja uslovljena je u velikoj meri krupnoćom šelitskih zrna; dobijanje dovoljno kvalitetnih koncentrata šelita vezano je sa velikim teškoćama i često sa značajnim gubicima, (e) i na kraju oksidne rude molibdena zadaju najveće teškoće pri obogaćivanju. Pri tome povelitske rude imaju značajne prednosti nad ferimolibdenitom.

Pri razmatranju kvaliteta koncentrata, sem sadržaja molibdena i iskorišćavanja metala, veliki značaj ima i sadržaj štetnih komponenti. Naročito oštra ograničenja postavljaju se u pogledu sadržaja fosfora, arsena, bakra, manje prema sadržaju kalaja.

U pojedinim slučajevima poklanja se pažnja i inerrtnim mineralima koji flotiraju zajedno sa molibdenitom, ne kvare njegov koncentrat kao štetne komponente, ali ga razblažuju. U te minerale mogu se ubrojati grafit, kaolin, sericit i većina sulfida koji u procesu flotiranja prelaze zajedno sa molibdenitom. Nema nekih jedinstvenih normi u pogledu sastava molibdenovih koncentrata, već u raznim zemljama razni potrošači postavljaju posebne zahteve (J a n k o v i ć , 1960).

Metalurška prerada i primena molibdena

Molibden se koristi u industriji u vidu feromolibdena, molibdata kalcijuma, molibdata amonijuma i metalnog molibdena. Svaki od tih produkata dobija se različitim putevima i ima različitu namenu i tržišnu cenu.

Feromolibden. Za topljenje feromolibdena koristi se prženi koncentrat koji sadrži molibden u obliku MoO_3. Oksidaciono prženje vrši se na 600 °C, pri čemu se odstranjuje sumpor, delom i arsen. Poželjno je da sadržaj silicije bude što niži, jer pri primeni silikotermičke metode dobijanja feromolibdena, kod povećane količine te komponente, dolazi do stvaranja većih količina troski, nepovoljne toplotne ravnoteže i gubitka molibdena u troski. Feromolibden koji se dobija u SAD ima satav: 45-60% Mo; 0.1% C, ispod 1% Si, manje od 0.1% S i 0.035% P.

Molibdat kalcijuma se dobija kako iz molibdenitovih, tako i vulfenitovih i povelitovih ruda i koncentrata. Dobija se prženjem u dve faze. Tehnički molibdat kalcijuma je mehanička smeša molibdata kalcijuma u prahu, kalcijum oksida i kalcijum karbonata. Standardni produkat molibdata u SAD ima sledeći hemijski sastav: 35.3% Mo, 22% CaO, 17.5% SiO_2, 1.92% Fe, 1.5% Na_2O, 0.45% K_2O, 0.4% SO_3, 0.06% Ti.

Amonijum molibdat se dobija kada se MoO_3 dobijen pri prženju koncentrata rastvori u amonijaku. U tu svrhu koristi se koncentrat sa što većim sadržajem MoS_2, da bi se iz njega što potpunije iskoristio molibden u obliku amonijum molibdata. Amonijum molibdat se koristi kao sirovina za dobijanje čistog MoO_3 iz koga se redukcijom dobija molibden za izradu žica za električne sijalice i radio lampe.

Zahvaljujući nizu svojih osobina, molibden je (slično kao i volfram) za veoma kratko vreme zauzeo značajno mesto u industriji, postavši jedan od najvažnijih strategijskih metala. Koristi se u metalurgiji za proizvodnju specijalnih vrsta čelika kojima povećava otpornost na udare i habanje (oklopne ploče na tenkovima, brodovima i sl.), naročito u legurama sa Cr, Ni, Ti, V, W, Co i drugim elementima, zatim u automobilskoj i avioindustriji za proizvodnju delova koji su otporni na visoke temperature, u proizvodnji brzoreznih alata, različitih instrumenata itd. Značajan deo molibdena se koristi i na polju elektrotehnike, u proizvodnji rudarskih uređaja, staklarskoj industriji, u hemijskoj industriji kao aditiv pri proizvodnji boja i lakova, u prizvodnji keramike, nuklearnoj tehnologiji jer ima relativno mali presek zahvata toplotnih neutrona i sl. Čist MoS_2 se mnogo upotrebljava kao suvi podmazivač za visoke temperature. Ova meka, crna čvrsta supstanca u mnogom se ponaša slično, pa i bolje od grafita, pa nije neobično što ima i sličnu heksagonalnu strukturu.

U obliku **kiselog amonijuma i natrijum molibdata,** molibden se upotrebljava i u medicini kao dezinfekciono sredstvo. **Molibdenova jedinjenja** primenjuju se kao plava boja pri bojenju porcelana, zatim pri bojenju vune i svile, kao i pri bojenju kože i gume.

Proizvodnja molibdena u svetu

Molibden potiče iz malog broja zemalja i ležišta. Daleko najveći deo svetske proizvodnje molibdena u poslednje vreme potiče iz SAD oko 30%, a zatim Kine >20%, Čilea >20%, Kanade oko 6%. Značajni proizvođači su još Meksiko i Peru (tabela1).

Tabela 1. *Svetska proizvodnja molibdena po zemljama od 1998-2003, reserve i potencijalne rezerve (u tonama)*
Table 1. *Molibden: World mine production, by country by 1998-2003, Reserves and Reserves Base (in tones)*

Zemlja-Country	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Rezerve u 10^3 t	Potenc. reserve u 10^3 t
Jermenija	2.300	2.800	3.100	3.400	3.500	4.000	200	400
Kanada	8.469	6.250	6.800	7.556	7.521	7.500	450	910
Čile	25.297	27.309	33.187	33.492	29.466	31.400	1.100	2.500
Kina	30.000	29.700	28.800	28.200	29.300	30.000	3.300	8.300
Iran	1.400	1.600	1.600	1.700	1.700	1.700	50	140
Kazahstan	100	155	215	225	230	225	130	200
Kirgistan	225	250	250	250	250	250	100	180
Meksiko	5.949	7.961	6.886	5.518	3.428	3.500	90	230
Mongolija	2000	1.910	1.335	1.514	1.590	1.500	30	50
Peru	4.344	5.470	7.190	9.500	9.500	9.500	140	230
Rusija	2000	2.400	2.400	2.600	2.900	2.900	240	360
SAD	53.343	42.400	40.900	37.600	32.600	34.100	2.700	5.400
Uzbekstan	500	500	500	500	500	500	60	150
Ukupno	136.000	129.000	133.000	132.000	123.000	127.000	8.600	19.000

Izvor podataka (Source of records): *U. S. Geollogical Survey (geološki zavod), kao srednja vrednost tri istraživačke nezavisne organizacije: "Molybdenum Ore Concentrate" (annual-godišnjak), "Molybdenum Concentrate" (monthly-mesečnik) i "Molybdenum Products and Molybdenum Concentrates" (monthly-mesečnik)*

Interesantno je primetiti da proizvodnja molibdenove rude u SAD od 1998. godine beleži blag pad (39-26%), dok u Kini i Čileu imamo blag porast proizvodnje. SAD, Čile, Kina, Peru, Kanada, Meksiko i Jermenija obezbeđuju 94% svetske proizvodnje. Čile, Kina i SAD, takođe poseduju oko 85% od procenjenih 19.000.000 tona molibdena svetskih rezervi (M a g y a r , 2002).

Osnovna proizvodnja Mo nastavlja se u rudniku Henderson (Kolorado), Questa (Novi Meksiko) i Thompson u Ajdahu. Rudnik Tenopah u Nevadi bio je konzerviran od 2001. godine. Rudnik Klajmeks (Climax), koji je sredinom sedamdesetih kupila kompanija Henderson (Henderson Empire Co) i uključila u svoju proizvodnju, od 1995. godine je neaktivan i neće se vratiti u proizvodnju dok se ne iscrpi susedno ležište Henderson koje se nalazi 100 km istočno. Deficitarnost molibdena na tržištu danas se nadoknađuje korišćenjem molibdena kao nusproizvoda u porfirskim ležištima bakra. Tako u SAD-a molibden se proizvodi kao nusproizvod u ležištima bakra: Bagdad i Sierrita rudnici u Arizoni, i u rudniku Bingham u Utahu. Zbog nepovoljnih uslova na tržištu bakra mnoge kompanije

(Felps Dodge, Kennecott) su redukovale proizvodnju u toku 2002. godine u rudnicima Bagdad i Sierrita u Arizoni, Bingham u Utahu, a neke konzervirale Čino (Chino Mino) u Novom Meksiku i u Kontinental Pit (Continental Pit) u Montani u cilju stabilizacije cena bakra. Kasnije su obnovili proizvodnju bakra i molibdena kao nusproizvoda. Tompson Krik (Thompson Creek) i Henderson radili su 2002 godine sa kapacitetom od 50%, a Questa povremeno i još uvek održavaju minimalnu proizvodnju, dok se ne promeni stanje na tržištu. Zapravo ni Henderson ni Tompson nemaju plan ekspanzije na tržištu (M a g y a r , 2002).

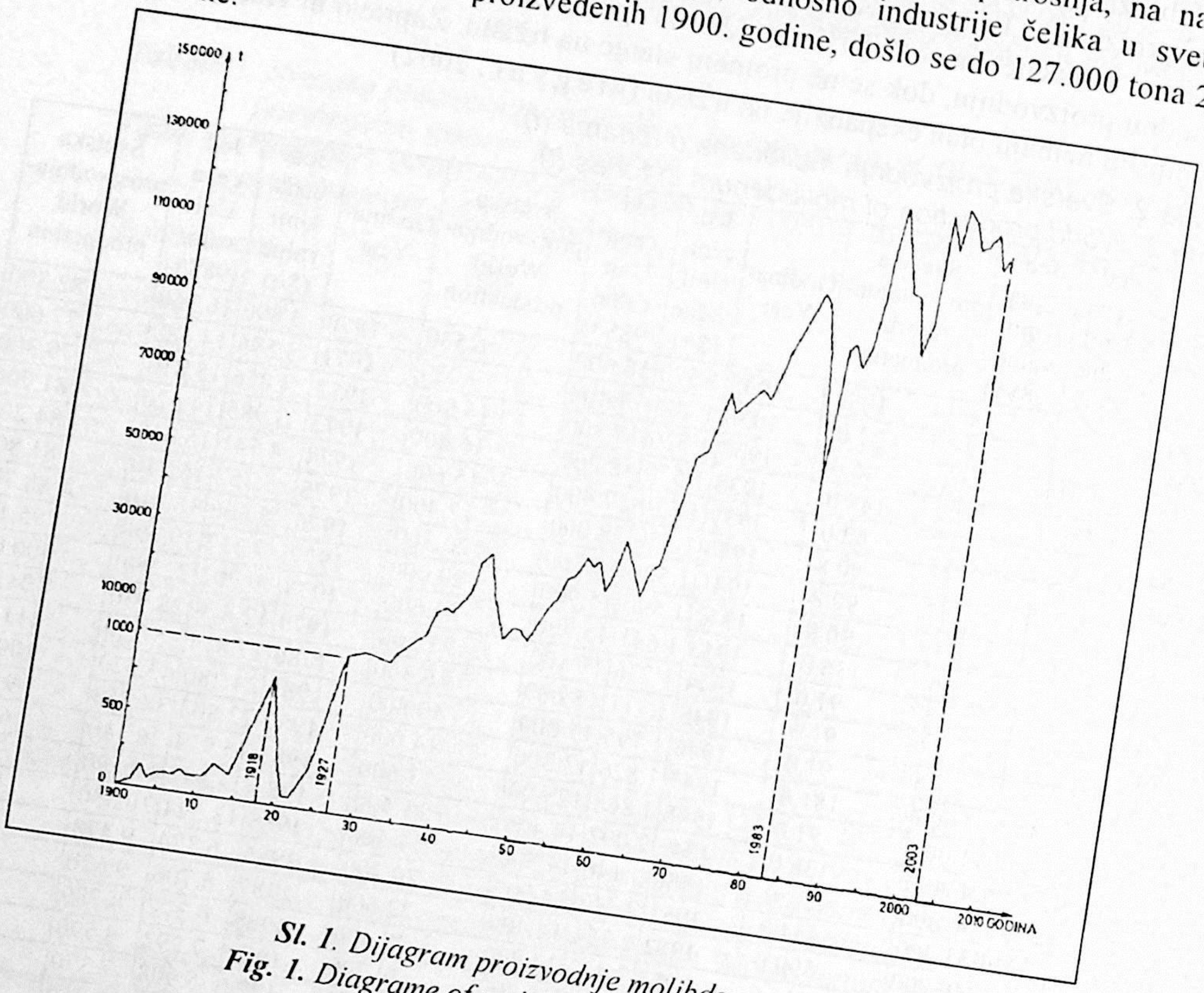
Tabela 2. *Svetska proizvodnja molibdena u tonama (t)*

Table 2*. World production of molibdenum in tones (t)*

Godina-Year	Jed. cena Unit value ($/t)	Jed. cena Unit value (98$/t)	Svetska proizvodnja-World production	Godina-Year	Jed. cena Unit value ($/t)	Jed. cena Unit value (98$/t)	Svetska proizvodnja-World production	Godina-Year	Jed. cena Unit value ($/t)	Jed. cena Unit value (98$/t)	Svetska proizvodnja-World production
1900			10.0	**1935**	1.570	18.600	6.530	**1970**	3.896	16.360	82.300
1901			22.0	**1936**	1.480	17.400	9.030	**1971**	3.596	14.480	77.600
1902			46.0	**1937**	1.520	17.300	14.800	**1972**	4.056	15.810	79.300
1903			148.0	**1938**	1.570	18.200	16.400	**1973**	3.985	14.620	81.700
1904			62.0	**1939**	1.520	17.800	15.600	**1974**	4.541	15.010	84.200
1905			90.8	**1940**	1.550	18.000	17.400	**1975**	5.352	16.210	81.800
1906			90.8	**1941**	1.520	16.800	20.300	**1976**	5.666	16.210	88.700
1907			90.8	**1942**	1.590	15.900	29.000	**1977**	7.317	19.690	95.100
1908			136.0	**1943**	1.641	15.500	31.600	**1978**	9.202	22.990	100.000
1909			91.0	**1944**	1.736	16.100	21.500	**1979**	12.878	28.930	104.000
1910			91.0	**1945**	1.711	15.600	16.300	**1780**	17.814	35.250	111.000
1911			91.0	**1946**	1.795	15.000	10.800	**1981**	24.280	43.520	109.000
1912	450	7.600	181.0	**1947**	1.826	13.300	14.000	**1982**	22.803	38.510	95.000
1913	670	11.000	91.0	**1948**	1.868	12.600	13.600	**1983**	15.974	26.140	63.800
1914	2.240	36.400	136.0	**1949**	2.097	14.400	11.400	**1984**	11.592	18.190	97.700
1915	2.240	36.000	272.0	**1950**	2.146	14.500	14.500	**1985**	13.544	20.530	98.400
1916	2.240	33.400	454.0	**1951**	2.312	14.500	20.300	**1986**	6.374	9.478	93.200
1917	3.160	40.200	590.0	**1952**	2.354	14.400	22.600	**1987**	6.706	9.620	99.500
1918	3.270	35.400	816.0	**1953**	2.423	14.800	28.400	**1988**	6.377	8.789	113.000
1919	2.580	24.300	408.0	**1954**	2.545	15.400	29.700	**1989**	7.292	9.590	136.000
1920	1.120	9.110	181.0	**1955**	2.570	15.700	34.000	**1990**	5.908	7.370	127.000
1921	1570	14.300	45.0	**1956**	2.719	16.300	31.900	**1991**	4.905	5.870	115.000
1922	490	4.760	45.0	**1957**	2.851	16.500	34.600	**1992**	5.093	5.917	114.000
1923	1.700	16.200	136.0	**1958**	2.946	16.600	26.200	**1993**	4.669	5.269	99.200
1924	2.020	19.200	272.0	**1959**	3.018	16.900	32.400	**1994**	3.511	3.861	108.000
1925	900	8.330	680.0	**1960**	3.040	16.700	40.400	**1995**	11.931	12.760	136.000
1926	1.570	14.400	816.0	**1961**	3.231	17.600	33.600	**1996**	6.559	6.816	127.000
1927	1.700	15.900	1.220	**1962**	3.311	17.800	26.900	**1997**	6.907	7.015	138.000
1928	2.240	21.300	1.720	**1963**	3.302	17.600	34.000	**1998**	6.030	6.030	135.000
1929	1.120	10.700	2.000	**1964**	3.512	18.500	35.300	**1999**	4.568	4.470	128.000
1930	1.230	12.100	1.910	**1965**	3.660	18.900	44.700	**2000**	4.932	4.670	129.000
1931	940	10.100	1.590	**1966**	3.625	18.200	56.700	**2001**	5.457	-	132.000
1932	1.120	13.400	1.320	**1967**	3.731	18.200	64.300	**2002**	7.813	-	123.000
1933	1.680	21.100	2.990	**1968**	3.831	18.000	65.700	**2003**	11.570	-	127.000
1934	1.570	19.100	5.130	**1969**	3.973	17.670	72.300				

Izvor podataka (Source of records): *Thomas D. Kelly & Michael J. Magyar, 2003: Molybdenum Statistics, last modification: May 22, 2003*

U tabeli 2 data je svetska proizvodnja molibdena za poslednjih 100 godina sa odgovarajućim cenama. Iz tabele, kao i odgovarajućeg dijagrama (sl. 1) može se na najbolji način sagledati trend rasta proizvodnje (i potrošnje) ovog strateški važnog elementa. Proizvodnja molibdena, kao i njegova potrošnja, na najbolji način pokazuje razvoj teške industrije, odnosno industrije čelika u svetskim razmerama. Od 10 tona proizvedenih 1900. godine, došlo se do 127.000 tona 2003. godine.



Sl. 1. Dijagram proizvodnje molibdena u svetu
***Fig. 1.** Diagrame of molybdenum production in World*

Potrošnja molibdena u svetu

Najveće količine molibdena u svetu troše se za izradu legirajućih čelika. Otuda je i potrošnja molibdena u velikoj meri proporcionalna proizvodnji čelika u pojedinim zemljama u svetu. Kako nema podataka o potrošnji molibdena za mnoge zemlje u svetu, to se približni pregled može dobiti iz podataka proizvodnje, izvoza, uvoza i potrošnje molibdena u SAD, jer odatle potiče najveći procenat proizvodnje i potrošnje ovog metala, a statistički podaci su sačuvani i sistematizovani. U tabeli 3 i na slici 2 prikazana je proizvodnja i potrošnja sa izvozom i uvozom molibdena u SAD u periodu od 1900 – 2003. godine.

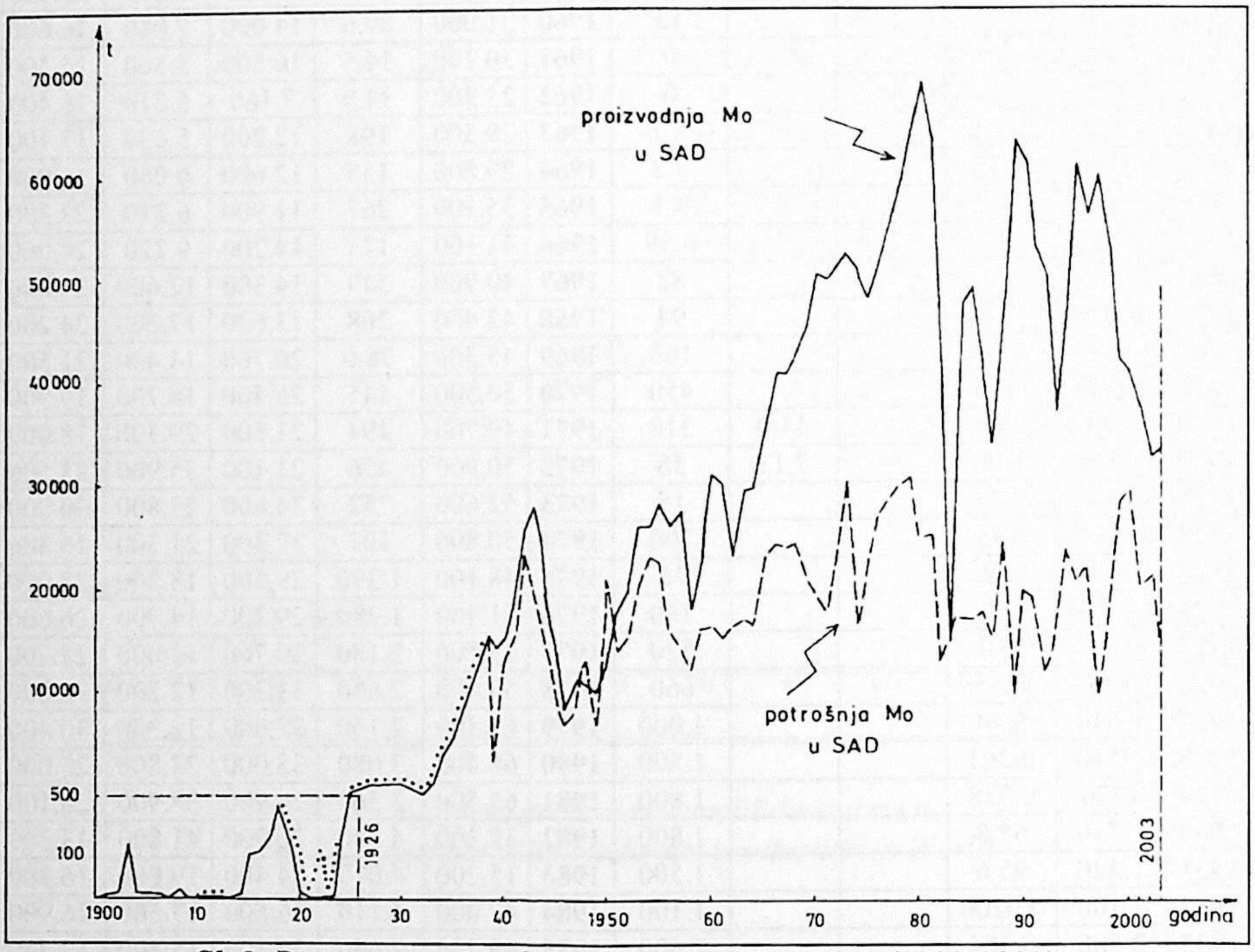
Tabela 3. *Proizvodnja, potrošnja, izvoz, uvoz i stokovi molibdena u SAD od 1901-2003. godine u tonama (t)*

Table 3. *Production, apparent consumption, exports, imports and stocks molybdenum of USA by 1901-2003. year in tones (t)*

God.	Proiz.	Uvoz	Izvoz	Stok.	Reg. potroš.
1901	7.00				7.0
1902	7.00				7.0
1903	108				110
1904	7.00				7.0
1905	4.00				4.0
1906	7.00				7.0
1907	0				0
1908	15.0				15
1909	0				0
1910	0				0
1911	0	7.71			7.7
1912	0	3.17			3.2
1913	0	7.08			7.1
1914	0.588				0.59
1915	82.40				82
1916	93.80				94
1917	159				160
1918	391	54.5			450
1919	180	26.6		45.0	210
1920	15.8	3.90		7.11	58
1921	0	7.43			15
1922	0	103			100
1923	10.3	7.56			18
1924	135	4.90			140
1925	523	1.01			520
1926	649	6.35			660
1927	1.040	6.44			1.000
1928	1.510	0.261			1.500
1929	1770	0.738			1.800
1930	1.710	65.8			1.800
1931	1.420	95.6			1.500
1932	1.100	0.0200			1.100
1933	2.580	0.304			2.600
1934	4.250	97.0			4.300
1935	5.220	31.2			5.300
1936	7.800	0.0222			7.800
1937	13.300	3.50			13.000
1938	15.100	0.0113			15.000
1939	13.800	34.0	10.200		3.600
1940	15.600	0	2.990		13.000
1941	18.300	1.95	3.470	13.700	15.000
1942	25.800	343	7.000	9.530	23.300
1943	18.000	811	4.890	13.700	19.800
1944	17.500	1.560	3.970	12.700	16.100
1945	14.000	302	1.300	13.500	12.200
1946	12.260	125	567	13.600	7.720
1947	13.300	0	1.690	15.600	8.610
1948	15.000	0	1.690	15.600	8.610
1949	13.000	0	1.690	15.600	8.610
1950	15.000	0	1.690	15.600	8.610
1951	15.000	0	1.690	15.600	8.610
1952	15.000	0	1.690	15.600	8.610
1953	26.000	0	3.410	6.900	20.300
1954	26.600	70.0	6.250	4.020	23.300
1955	28.000	61.0	6.740	2.670	22.700
1956	26.100	27.7	8.460	4.580	15.800
1957	27.600	709	11.700	7.250	13.900
1958	18.600	43.0	5.510	8.180	12.200
1959	23.100	51.2	8.640	6.630	16.100
1960	31.000	89.6	14.000	7.080	16.600
1961	30.200	14.5	16.500	5.500	15.300
1962	23.200	34.9	7.160	5.210	16.400
1963	29.500	198	12.200	5.630	17.100
1964	29.800	135	12.600	6.060	16.900
1965	35.100	267	11.900	6.210	23.300
1966	41.100	123	14.200	9.220	24.000
1967	40.900	549	14.300	12.400	24.000
1968	42.400	208	13.600	17.200	24.200
1969	45.300	78.0	26.700	14.400	21.500
1970	50.500	145	26.400	18.700	19.900
1971	49.700	494	21.800	29.100	18.000
1972	50.900	456	21.100	35.900	23.500
1973	52.600	752	34.600	23.800	30.900
1974	50.800	307	37.300	21.300	16.300
1975	48.100	1.390	29.500	18.300	23.000
1976	51.400	1.280	29.700	14.700	26.600
1977	55.500	2.180	30.700	13.000	28.700
1978	59.800	2.660	33.300	12.200	30.000
1979	65.300	2.150	37.000	12.300	30.400
1980	68.400	3.080	35.000	23.800	25.000
1981	63.500	3.560	26.900	38.900	25.100
1982	38.300	4.540	26.700	41.800	13.200
1983	15.200	4.010	24.400	19.800	16.800
1984	47.000	4.110	36.500	17.500	16.900
1985	49.200	2.640	36.300	15.800	17.200
1986	42.600	3.050	28.000	15.400	18.100
1987	34.100	6.050	20.600	19.600	15.400
1988	43.100	4.007	27.200	14.500	25.000
1989	63.100	2.380	54.000	16.200	9.780
1990	61.600	2.560	43.900	16.200	20.300
1991	53.400	2.630	36.200	17.300	18.700
1992	49.700	3.320	36.100	21.900	12.300
1993	36.800	7.140	30.800	19.800	15.200
1994	46.800	7.180	38.300	11.600	23.900
1995	60.900	11.600	50.800	12.400	20.900
1996	56.000	13.200	49.700	9.900	22.000
1997	60.100	13.100	62.100	11.300	9.700
1998	53.300	14.300	46.300	16.200	16.400
1999	42.400	14.000	32.700	12.000	28.000

God.	Proiz.	Uvoz	Izvoz	Stok.	Reg. potroš.	God.	Proiz.	Uvoz	Izvoz	Stok.	Reg. potroš.
1948	12.100	0	2.240	13.000	12.500	**2000**	40.900	15.000	27.900	11.400	28.600
1949	10.200	21.8	2.720	13.600	6.900	**2001**	37.600	13.400	31.500	10.700	20.100
1950	12.900	1.26	3.230	2.640	20.600	**2002**	32.600	11.500	23.600	10.000	21.200
1951	17.600	3.74	2.160	3.670	14.400	**2003**	34.100	11.800	32.300	9.800	13.900
1952	19.600	22.5	3.200	4.640	15.500						

***Izvor podataka (Source of records)**: Molybdenum statistics (last modification: May 22, 2003) by Thomas D. Kelly and Michael J. Magyar ; Molybdenum by Michael J. Magyar, Molibdenum – 2002; U. S. Geological Survey Minerals Yearbook – 2002; U. S. Geological Survey, Mineral Commodity, Januari 2004; U. S. Census Bureau*



***Sl. 2.** Dijagram proizvodnje i potrošnje Mo u SAD (1900-2003)*

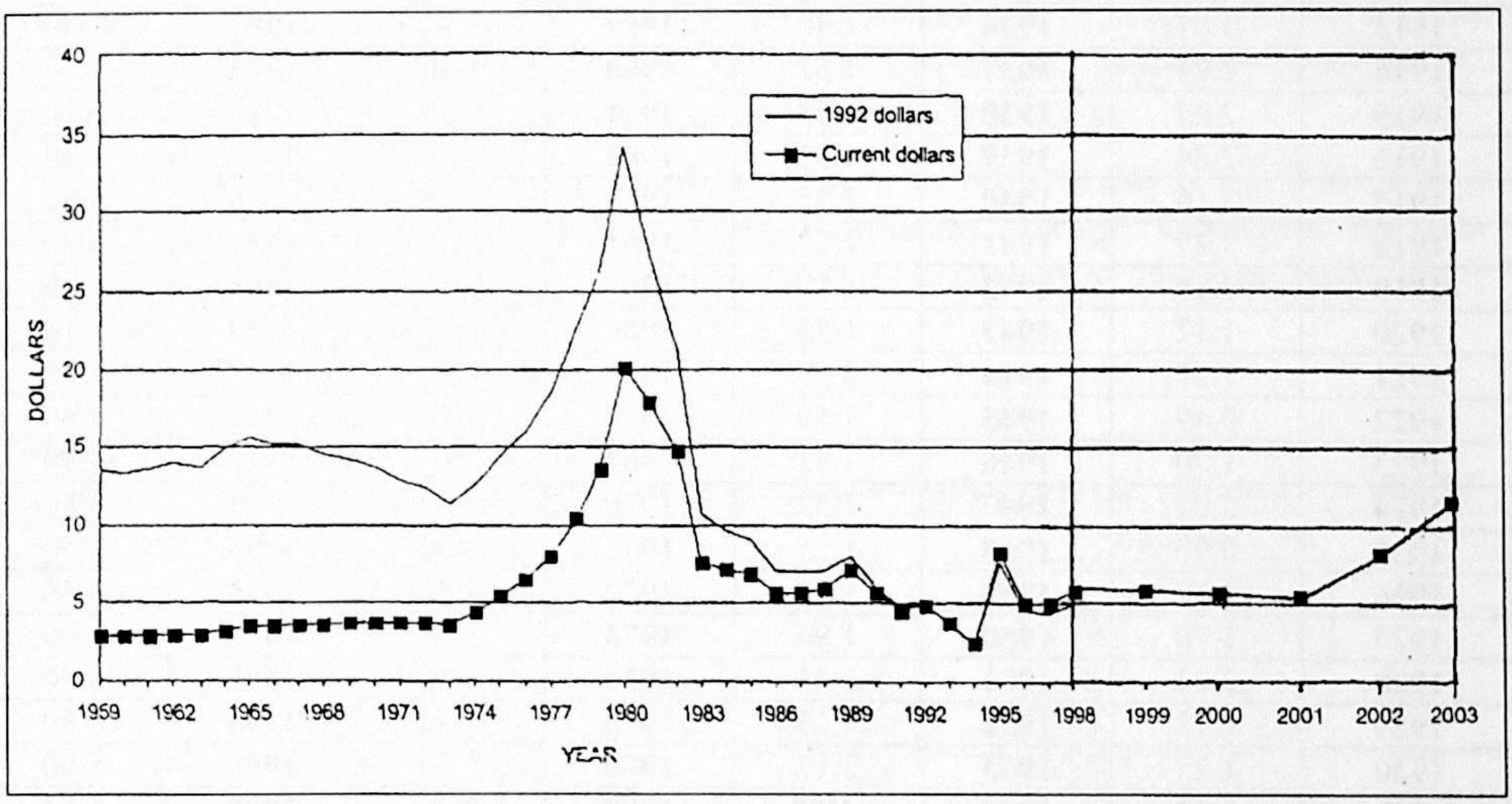
***Fig. 2**. Diagram of molybdenum production and consumption in USA (1900-2003)*

Iz tabele se može videti da je proizvodnja i potrošnja molibdena u SAD do završetka Prvog svetskog rata, pa i kasnije, do tridesetih godina bila neznatna. Nagla potrošnja i proizvodnja počinje kada je već očigledno bilo da će doći do Drugog svetskog rata. Trend porasta proizvodnje i potrošnje molibdena, ako izuzmemo povremene manje recesije nastavlja se i danas što se može videti na tabeli 2. Poslednjih godina znatan deo molibdena u SAD dobija se reciklažom otpada. Tako na prime u 1998. godini dobijeno je 8.000 tona molibdena preradom otpada što je dato u radu "Molibdenum recycling in the United States in 1998" od John W. Blossom - a, u okviru studije "Flow Studies for Recycling metal Commodities in the United States".

S obzirom na sve veću primenu molibdena u različite svrhe, možemo očekivati da će u budućnosti ovaj metal biti veoma tražen na svetskom tržištu. Njegovo šire uvođenje u privredu neće biti usmereno samo u pravcu industrije čelika, već i u drugim granama u kojima dosad nije bio korišćen.

Cene molibdena

Od ranih 30-tih godina prošloga veka, industrijska proizvodnja molibdena i marketingški program imaju značajnu ekspanziju u metalurgiji u kojoj je Mo glavni sastojak legura.Upotreba Mo kao refraktornog metala i njegova hemijska primena je takođe značajna.



Sl. 3. *Godišnja prosečna cena koncentrata molibdena (dolara po kg Mo)*
Fig. 3. *Annual Average Molybdenum Concentrate Price (dollars per kilogram molybdenum content)*

Period od 1959-70 je bio stabilan sa blago rastućim cenama (uz dva porasta cena). U 1970 cene Mo su bile veće oko 35% nego u 1959, i u tom periodu dolar je bio relativno stabilan, odnosno vrednost dolara se nije menjala značajnije. Od 1971-1974 cene je kontrolisala američka vlada, a nadalje do 1980 imamo nagli porast cena, zbog toga što se potrošači odlučuju na smanjenje razvoja i sami istražuju (formiraju) tržište čime aktueliziraju krize u snabdevanju molibdenom u zavisnosti od svojih potreba. Ove aktivnosti motivišu proizvođače da nepotrebno menjaju kapacitete, čime se stvaraju veliki problemi na tržištu. Zbog toga su cene Mo u 1980. porasle oko šest puta u odnosu na 1970, a osam puta u odnosu na 1960.

Zbog velikog skoka cena novi rudnici ulaze u proizvodnju, odnosno dolazi do velikog skoka u proizvodnji. Od 1980. cene kontinuirano opadaju do 1986, a zatim sporo rastu kroz tri naredne godine. Između 1992-1994 godine, upravo posle

zalivskog rata i raspadom SSSR, dolazi do recesije i naglog opadanja cene. To dovodi da cene u 1995. godini porastu za 3.3 puta u odnosu na 1994. godinu. Sve to povlači za sobom da se potrošači ponovo preračunavaju i smanjuju proizvodnju što izaziva nestašicu. Prosečna cena 1996. godine bila je oko 40% niža nego 1995. Cene na tržištu su se ponovo stabilizovale od 1996-2001. godsine. U 2002. i 2003. godini dolazi ponovo do naglog povećanja cena (tabela 4, sl. 3).

Tabela 4. *Prosečna cena molibdena 1912-2003. godina (dolar za kilogram molibdena)*

Table 4. *Annual Average Molybdenum concentrate Price (dollars per kilogram molybdenum content)*

Godina-year	Cena-price	Godina-year	Cena-price	Godina-year	Cena-price	Godina-year	Cena-price
1912	0.45	**1935**	1.57	**1958**	2.67	**1981**	17.80
1913	0.67	**1936**	1.48	**1959**	2.80	**1982**	14.80
1914	2.24	**1937**	1.52	**1960**	2.80	**1983**	7.60
1915	2.24	**1938**	1.57	**1961**	2.90	**1984**	7.10
1916	2.24	**1939**	1.52	**1962**	3.00	**1985**	6.90
1917	3.16	**1940**	1.55	**1963**	3.00	**1986**	5.60
1918	3.27	**1941**	1.52	**1964**	3.30	**1987**	5.70
1919	2.58	**1942**	1.59	**1965**	3.50	**1988**	6.00
1920	1.12	**1943**	1.59	**1966**	3.50	**1989**	7.10
1921	1.57	**1944**	1.59	**1967**	3.60	**1990**	5.70
1922	0.49	**1945**	1.59	**1968**	3.60	**1991**	4.60
1923	1.70	**1946**	1.52	**1969**	3.70	**1992**	4.90
1924	2.02	**1947**	1.52	**1970**	3.80	**1993**	3.80
1925	0.90	**1948**	1.55	**1971**	3.70	**1994**	2.50
1926	1.57	**1949**	1.86	**1972**	3.70	**1995**	8.30
1927	1.70	**1950**	1.90	**1973**	3.60	**1996**	5.00
1928	2.24	**1951**	2.13	**1974**	4.40	**1997**	5.00
1929	1.12	**1952**	2.15	**1975**	5.50	**1998**	5.80
1930	1.23	**1953**	2.17	**1976**	6.50	**1999**	5.90
1931	0.94	**1954**	2.24	**1977**	8.0	**2000**	5.64
1932	1.12	**1955**	2.31	**1978**	10.40	**2001**	5.20
1933	1.68	**1956**	2.51	**1979**	13.60	**2002**	8.27
1934	1.57	**1957**	2.64	**1980**	20.10	**2003**	11.57

Izvor podataka (Source of records): *Prices for the period from 1912 to 1955 were published by the U. S. Bureau of Mines, but origin is undetermined; E&MJ Metal and Mineral Markets (1956-66); Metals Week (1967-92); Platts Metals Week (1993-98); U. S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2004;*

Literatura (References): *Blossom J. W., 1985: Molybdenum, in Mineral facts and problems: U. S. Bureau of Mines Bulletin 675, p. 521-534; Blossom J. W., 2001: Molybdenum: U. S. Geological Survey Mineral Commodity Summaries 2001, p. 110-111; Blossom J. W., 2002: Molybdenum, in Metals and minerals: U. S. Geological Survey Minerals Yearbook 2000, v.I, p. 53.1-53.10.*

Ležišta molibdena i rezerve u pojedinim zemljama u svetu

U malom broju zemalja u svetu ima većih i značajnijih ležišta molibdena. To su pre svega SAD, Kina, Čile, Kanada, Peru, Jermenija i Meksiko u kojima se nalazi oko 94% rezervi molibdena. SAD, Čile i Kina poseduju oko 85% svetskih rezervi molibdena.

SAD. – Rezerve Mo procenjulju se na 5.4 miliona tona, što čini oko 28% svetskih rezervi (M a g y a r, 2002). Najvažniji izvori molibdena (oko 90%) nalaze se u jugozapadnim državama: Koloradu, Juti, Arizoni, Ajdahu, Montani, Nevadi i Novom Meksiku. To je istovremeno i najveća molibdenova i bakrovo-molibdenova provincija u svetu. Ležišta ovih metala genetski su vezana sa tercijarnim granodioritskim i granitskim masivima. Među ekonomski najznačajnim ležištima ističu se: porfirska ležišta molibdena sa niskim sadržajem F, Klajmeks tip ležišta Mo, porfirska Cu-Mo i porfirska Cu sa molibdenom kao pratećim elementom. Drugi izvori su manjeg ekonomskog značaja za rezerve SAD-a.

Većina rezervi Mo u Kanadi je bila u asocijaciji sa porfirskim Mo i porfirskim Mo-Cu ležištima u Britanskoj Kolumbiji. Druge kanadske rezerve molibdena su bile u asocijaciji sa malim Cu-Mo ležištima u Novom Brusviku i Kvebeku.

Tabela 5. *Najveća porfirska ležišta molibdena i bakar-molibdena u svetu*
Table 5*. Bigest porphyry molybdenum and copper-molybdrenum deposits in World*

Zemlja	Ležište	Ruda u (t)	Mo u (t)	Sadržaj u %		
				Mo	MoS_2	Cu
SAD	Klajmeks	151.470.000	271.131	0.179	0.299	-
		269.370.000	506.416	0.188	0.313	-
	Henderson	181.500.000	455.565	0.251	0.419	-
		139.700.000	303.149	0.217	0.362	-
	Questo	20.000.000	100.000	0.5	0.830	-
	Tolman	272.100.000	212.238	0.078	0.130	0.13
	Quartz	635.000.000	571.500	0.090	0.150	-
	Bingem	681.800.000	150.000	0.022	0.039	1.06
	Majami	226.600.000	34.000	0.015	0.026	1.10
	Rut	80. 000.000	16.000	0.020	0.035	1.30
	Santa Rita	140.000.000	14.000	0.010	0.018	1.20
	Sierrita-Esperanza	510.000.000	188.700	0.037	0.065	0.34
	Bagdad	1.117.000.000	134.000	0.012	0.021	0.37
	Pinto Valley	641.000.000	57.690	0.009	0.016	0.38
	Ray	509.000.000	61.080	0.012	0.021	0.73
	Taurus	450.000.000	315.000	0.07	0.123	0.50
	Continental	339.000.000	135.600	0.040	0.070	0.30
	Morency	866.000.000	77.940	0.009	0.016	0.75
Kanada	Britanska Kolumbija	95.250.000	109.537	0.115	0.192	-

Zemlja	Ležište	Ruda u (t)	Mo u (t)	Sadržaj u %		
				Mo	MoS_2	Cu
	Adanac	100.000.000	120.000	0.120	0.200	-
	Berg	400.000.000	120.000	0.030	0.053	0.40
	Hucklebery	87.000.000	13.050	0.015	9.026	0.41
	Brenda	186.000.000	83.700	0.045	0.079	0.17
	Lornex	185.000.000	20.350	0.011	0.019	0.43
	Highmont	117.000.000	52.650	0.045	0.079	0.27
Čile	Čukikamata	900.000.000	81.000	0.009	0.016	2.17
		9.928.000.000	893.520	0.009	0.016	0.52
	Portrerillos	112.500.000	10.125	0.009	0.016	0.7-1.4
	El Teniente (Braden)	2.080.000.000	249.600	0.012	0.021	1.12
	El Salvador	405.000.000	48.600	0.012	0.021	0.88
Mexiko	La Caridad	1.500.000.000	390.000	0.026	0.046	0.404
	Cananea	1.850.000.000	370.000	0.020	0.035	0.70
Peru	Cerro Verde	312.000.000	93.600	0.030	0.053	0.78
	Cuajone	198.000.000	59.400	0.030	0.053	0.87
Srbija	Mačkatica	120.000.000	76.800	0.064	0.113	0.005
	Bor	2.083.410.000	89.994	0.0043	0.0076	0.42

Izvor podataka (Source of records): Pierce W. F., & Bolm G. J., 1995: Porphyry Copper Deposits of the American Cordillera, Arizona Geol. Soc. Digest 20; Janković S., 1960: Ekonomska geologija, Geozavod, Beograd, str. 547.

Rezerve Mo u Centralnoj i Južnoj Americi su uglavnom asocirale sa velikim bakarnim porfirskim ležištima. Nekoliko takvih ležišta u Čileu, Čukikamata i El Teniente su među najvećim svetskim ležištima i čine 85% rezervi Mo u Čileu. Meksiko i Peru imaju solidne rezerve, ali podređeno u odnosu na Čile. Ležište La Karidad u Meksiku je bilo najveći proizvođač. Druga mnogobrojna porfirska ležišta Cu, koja mogu sadržati povoljne količine Mo, su identifikovana u Centralnoj i Južnoj Americi. Mnoga od ovih ležišta su bila aktivno eksploatisana i procenjena i mogla bi znatno doprineti rezervama u budućnosti. Rezerve Mo u Kini i Komonveltu su potencijalno interesantne, ali konačne informacije o važećim izvorima snabdevanja za buduća istraživanja u ovim dvema oblastima su oskudna.

Džoli i Džilin nikl industrija (Jolli, Jilin nickel industry) su glavni proizvođači nikla i molibdena u Kini. Rudnici molibdena su kapaciteta 1.800 tona/god., sa 48% molibdenskog koncentrata, a rezervama 1.5-1.6 miliona tona. Džilin nastoji da poveća kapacitet proizvodnje sa 1.800 tona na 10.000 tona u narednim godinama. Kompanija nastoji da pored molibdenskog koncentrata proizvodi i amonijum molibden i feromolibdat. U tabeli 5 data su najveća ležišta molibdena u svetu sa osnovnim parametrima.

Dalji izgledi

Današnje svetsko tržište mineralnih sirovina, generalno gledano, karakteriše surova konkurencija velikog broja ponuđača. Za njih je karakteristično

da veštačkim stvaranjem nestašica i dogovorom o cenama eliminišu konkurenciju. Uprkos ekonomskim analizama i prognozama, procene budućih trendova kretanja ponude i potražnje za molibdenom i drugim mineralnim sirovinama u svetu, možemo označiti kao neizvesne, zbog stalne promene ekonomskih i političkih uslova. Poznato je iz dosadašnjeg iskustva, da se kod obojenih metala ciklično smenjuju konjukturni i depresivni periodi, što podrazumeva da se sa time mora računati i u domaćim uslovima.

Zahvaljujući upotrebi nove tehnologije za eksploataciju pri Mo rudnicima u porfirskim Mo-ležištima, i proizvodnjom molibdena kao nusprodukta pri porfirskim ležištima Cu, Kina postaje treća značajna sila koja formira molibdensko tržište. U toku protekle dve decenije, Kina je dramatično povećala izvoz Mo na zapad, na oko 30% u toku 2002. godine, a što je 1983. iznosilo 5%. U toku perioda pada cena (1997-2001), Kina je skoro duplirala izvoz na zapad, gde je najveći deo išao u Evropu (Adams, 2002). Većina jedinica Mo je bila u obliku feromolibdena. U avgustu 2001, Evropska Unija je zaključila da je dampiranje kineskog feromolibdena rezultiralo štetno na evropskom feromolibdenskom tržištu, i EU je uvela dodatnu carinu (prevelmane) na kineski feromolibden. Kinezi su reagovali menjajući mešavinu jedinjenja ka pretežno pečenim koncentratima, i nastavili sa vidnim nivoom izvoza, koji je rezultirao sa povećanjem kineskog pečenog koncentrata na Evropskom tržištu. Mnogi proizvođači čelika u Evropi, ne mogu ili ne žele da koriste ovaj materijal zbog niskog sadržaja Mo i visokog sadržaja Pb. Međutim, kako je postojao manjak visokocenjenog zapadnjačkog Mo koncentrata za mešanje na sveukupnom svetskom tržištu, uprkos velikim količinama kineskog Mo-oksida, postojano se osećala deficitarnost ove mineralne sirovine.

Ključno pitanje za tržište molibdena u toku naredne tri godine, odnosno narednom periodu će biti oporavak tržišta bakra sa potencijalom za povećanjem isporuke molibdena u vidu nusproizvoda. Ako se tržište bakra oporavi i krene onda će se povećati potražnja za molibdenom i rudnici milibdena moći će da nastave sa radom. Međutim, ako se ne stabilizuju cene bakra proizvodnja molibdena biće u krizi. Suština za rudnike koji se bave proizvodnjom molibdena je da procene koliko dugo će cena molibdena biti iznad donje granice (oko 3.25$ po funti- 0.454 kg Mo-oksida) što bi opravdalo dalja ulaganja u te objekte.

Porast proizvodnje nerđajućih čelika i super alata (specijalnih alata) u Evropi očekuje se i dalje. Ima uslova da se porast proizvodnje nastavi i u SAD, kao poboljšanje ekonomskih uslova i koristi od konsolidacije u industriji čelika, daće efekte. Konačno porast proizvodnje u domaćoj kineskoj industriji čelika, nastavlja se dodatnom upotrebom molibdena u različitim proizvodima. Kineska povećana potražnja za nerđajućim čelicima imaće takođe uticaja na tržište molibdena.

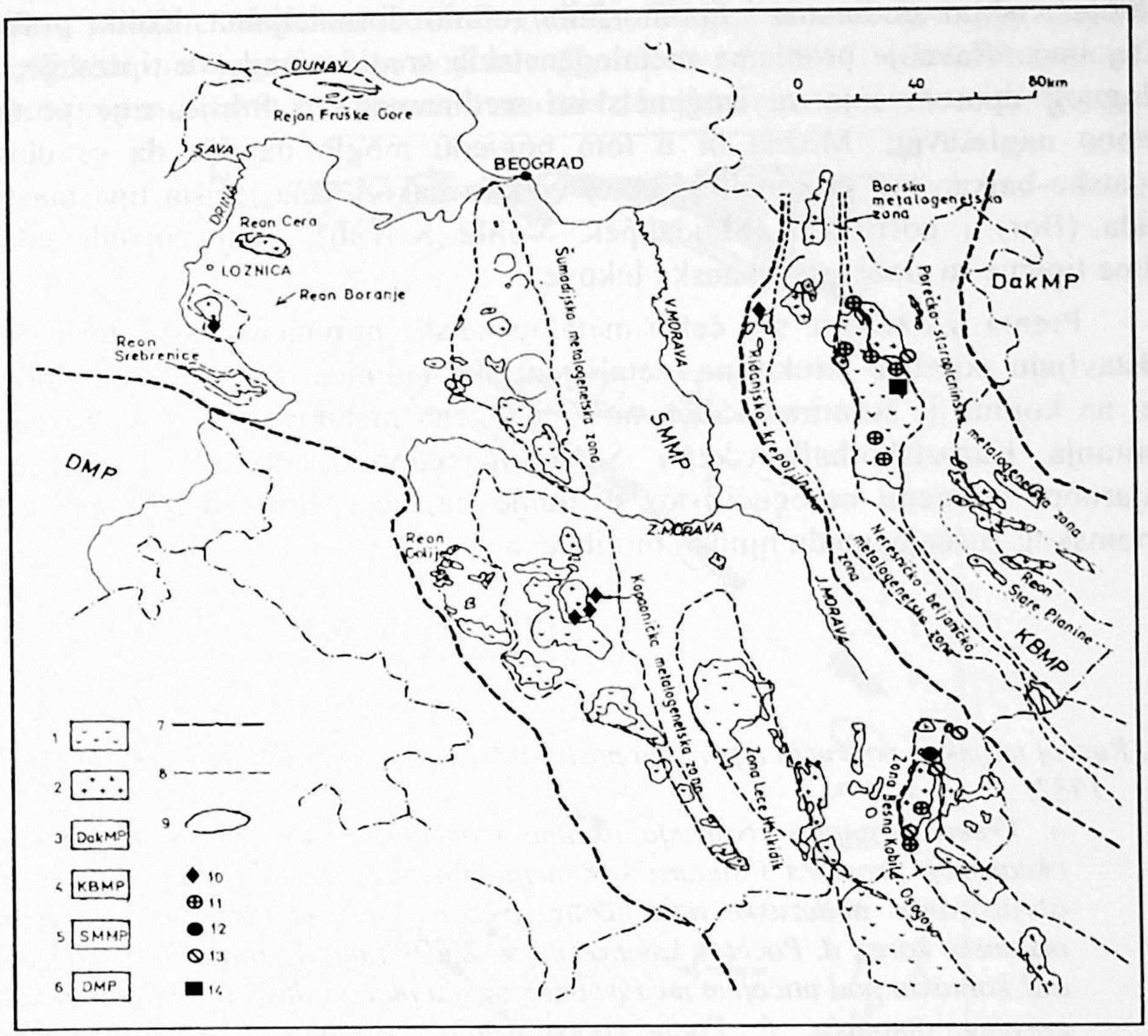
Budući da postoje bogati resursi i odgovarajući proizvodni kapaciteti u Čileu, Kini, SAD i u drugim zemljama, u budućem vremenu, očekuje se lako usaglašavanje svetskih proizvođača, kako bi se kontrolisale, odnosno držale cene. Glavna upotreba molibdena biće nastavljena u hemijskoj industriji kao katalizator i generalno kao aditiv u proizvodnji čeličnih alata i nerđajućih čelika.

OSNOVNE METALOGENETSKE I GEOTEKTONSKE KARAKTERISTIKE SRBIJE I OPŠTA ZAKONOMERNOST RAZMEŠTAJA POJAVA I LEŽIŠTA MOLIBDENA

Razmeštaj rudnih ležišta i pojava molibdena na teritoriji Srbije u prostoru i vremenu, u tesnoj je vezi sa ukupnom geološkom evolucijom sredina u kojima su ona nastala. Njihov nastanak je vezan sa specifičnim fizičko-hemijskim procesima koji se odigravaju u strukturno-tektonskim jedinicama u određenim vremenskim intervalima. Pošto razvoj i uticaj pojedinih regionalnih kontrolnih faktora na stvaranje i razmeštaj rudnih ležišta u prostoru nisu isti u svim geotektonskim jedinicama, to je neophodno da se izdvoje procesi rudnog obrazovanja, kao i njihovi produkti nastali u određenom vremanu, (genetski tipovi ležišta i asocijacije minerala i elemenata). Polazeći od definicije pojedinih metalogenetskih jedinica (Janković, 1967, 1974, 1990: Jelenković, 2000), teritorija Srbije južno od Save i Dunava, podeljena je na četiri metalogenetske provincije, a ove na niz jedinica nižeg ranga (oblasti, zone, reone), sl. 4. Svaka od navedenih metalogenetskih jedinica, odlikuje se karakterističnom geološkom građom i strukturnim sklopom, kao i specifičnim rudnim formacijama, što je u tesnoj vezi sa geološkom evolucijom. Postojanje karakterističnih rudnih formacija na teritoriji Srbije, čini osnovnu predpostavku regionalnog prognoziranja metalonosnih resursa, odnosno većine metala, pa i molibdena.

- U severoistočnom delu Srbije, nalazi se **dakijska metalogenetska provincija**. To je deo prostranog valahijsko-pontiskog basena koji čini sastavni deo mezijske platforme i predstavlja predgorje Karpato - Balkanida. Karakteriše ga neogeni pokrivač velike debljine bez značajnih rudnih ležišta.
- U istočnom delu Srbije izdvojena je **Karpatsko-balkanska metalogenetska provincija**, kao segment panglobalnog evroazijskog metalogenetskog pojasa, i karakteriše se geohemijskom i rudnom specijalizacijom na bakar i zlato, ređe na Pb, Zn, Fe, W, Mo i U.
- U centralnom delu Srbije izdvojena je **Spsko-makedonska metalogenetska provincija,** koja pokriva oko tri petine rudonosne teritorioje Srbije i predstavlja po geološkom sastavu veoma heterogeno područje u kome na istoku leži Srpsko-makedonska masa, a na zapadu Vardarska zona, sa niz metalogenetskih oblasti u kojima dominira polimetalična metalogenetska specijalizacija (Pb, Zn, Cu, Mo, W, Sb i dr.).
- U jugozapadnom delu Srbije, koji obuhvata delove užičkog regiona, pogranična područja prema Crnoj Gori, kao i pretežni deo Kosova i Metohije izdvojena je **Dinarska metalogenetska provincija,** koja u geološkom pogledu predstavlja, uglavnom, deo "Unutrašnjih Dinarida" i odlikuje se

polihronom, trijasko-jurskom metalogenijom, sa pojavama i ležištima hroma, bakra, olova i cinka.



Sl. 4. *Pregledna metalogenetska karta Srbuje sa ležištima i pojavama molibdena (prema Jelenković, 2000, modifikovano)*

1. Vulkaniti, 2. Plutoniti, 3. Dakijska metalogenetska provincija, 4. Karpatsko-Balkanska metalogenetska provincija, 5. Srpsko-makedonska metalogenetska provincija, 6. Dinarska metalogenetska provincija, 7. Granice metalogenetskih provincija, 8. Granice metalogenetskih zona i reona, 9. Prstenaste strukture, 10. Skarnovska ležišta, 11. Porfirska ležišta Cu, 12. Hidrotermalna štokverkno-impregnaciona – porfirska ležišta molibdena, 13. Žična ležišta molibdena, 14. Vulkanogeno-hidrotermalna masivno-sulfidna ležišta bakra.

Fig. 4. *Metallogenetic sketch map of Serbia with Mo deposits and occurrences (after Jelenković, 2000, modified).*

1. Volcanic rocks, 2. Plutonic rocks, 3. Dakian metallogenetic province, 4. Carpathian-Balkan metallogenetic province, 5. Serbian-Macedonian metallogenetic province, 6. Diaric metallogenetic province, 7. Boundaries between metallogenetic provinces, 8. Boundaries of metallogenetic zones and regions, 9. Ring structures, 10. Skarn deposits, 11. Porphyry deposits, 12. Hydrothermal stockwork-impregnation - porphyry molybdenum deposits, 13. Vein molybdenum deposits, 14. Volcanogenic-hydrothermal massive sulphide copper deposits.

Prikazana podela prouzrokovana je dejstvom niza faktora, a pre svega na osnovu svojstva osnovnih tipova Zemljine kore (okeanski, kontinentalni), na kojima su postupno stvarane metalogenetske jedinice sa sinhronim metalogenetskim sredinama i tipomorfnim rudnim formacijama. Koliki praktični značaj ima rešavanje problema metalogenetskih sredina i njhove tipizacije, radi analognog upoređivanja sa izogenetskim sredinama van Srbije, nije potrebno posebno naglašavati. Možda bi u tom pogledu moglo najviše da se učini u Karpatsko-balkanskoj provinciji u kojoj vodeća bakronosna ležišta tipa masivnih sulfida (Bor) i porfirskih (Majdanpek, Veliki Krivelj), imaju metalogenetske sredine tipične za složene vulkanske lukove.

Prema izloženom, sve četiri metalogenetske provincije na teritoriji Srbije predstavljaju posebne strukturno-metalogenetske jedinice, sa različitim tipovima kore, na kojima je formirana adekvatna endogena metalogenija. Završni periodi formiranja Karpatsko-balkanske i Srpsko-makedonske provincije u kredno-tercijarnom vremenu omogućili su stvaranje najvećeg broja metaličnih ležišta ekonomskog značaja, među njima i molibdena.

***Sl. 5**. Razvoj tetijskog područja u periodu posle sudara kontinentalnih kora (K a r a m a t a , 1982)*

a. Vreme širenja i stvaranja okeana i okeanske kore, b. Vreme zatvaranja okeanskog prostora i sudara kontinentalnih blokova, c. Vreme kada prestaje obrazovanje andezitske asocijacije (vezano sa subdukcijom i otapanjem okeanske kore), d. Početak kompresije, e. Zadebljanje Zemljine kore, zagrevanje duž kontakta pod uticajem međusobnog trenja ploča i dejstva toplotnih tokova iz gornjeg omotača, f. Vreme obrazovanja granitnih krustalnih magmi u podvučenim delovima kontinentalne kore.

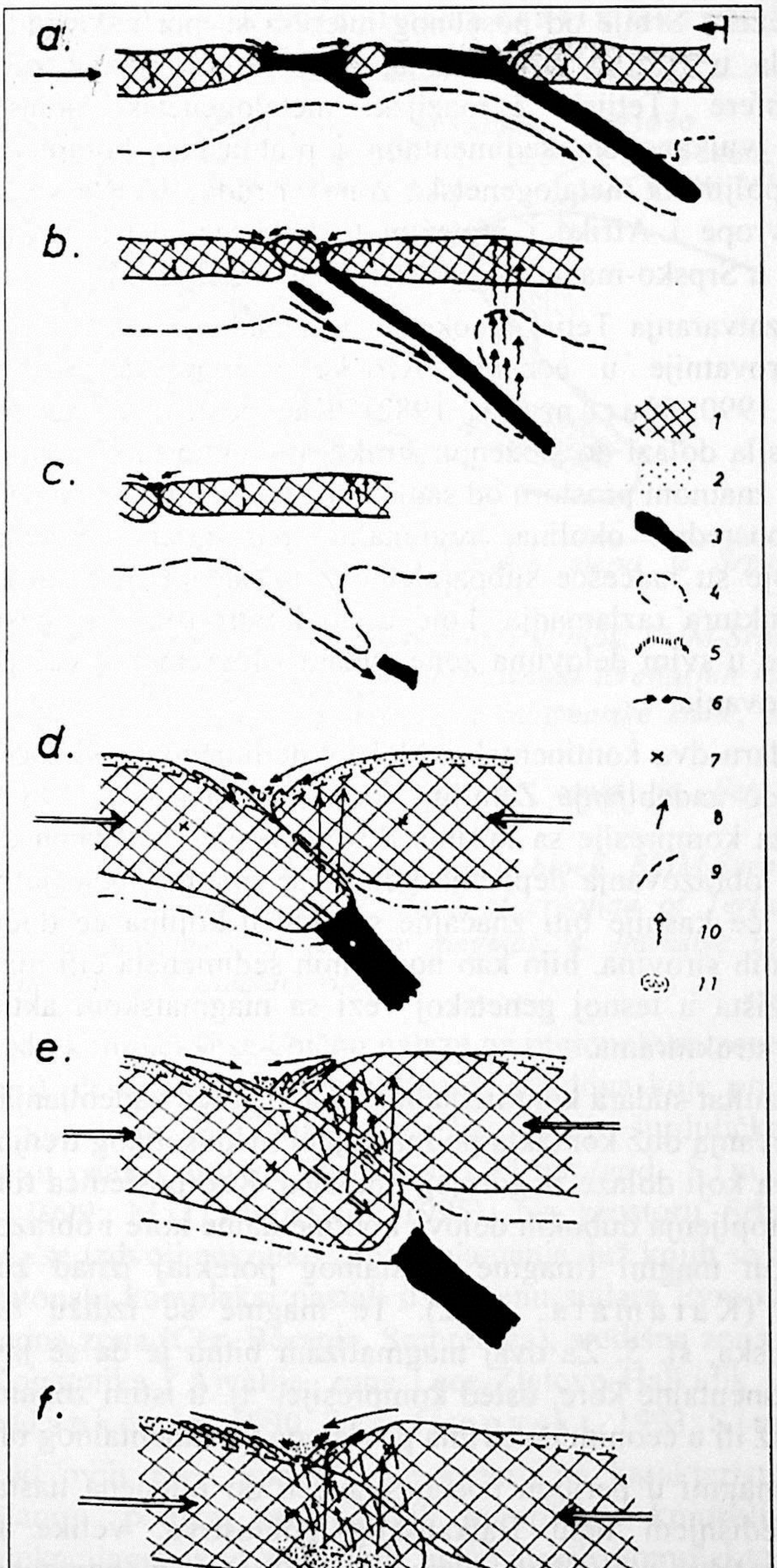
1. Kontinentalna kora, 2. Epitermalni nivo kontinentalne kore, 3. Okeanska kora, 4. Izoterma, približno 700° C, 5. Melanž u rovu, 6. Prinos detritičnog materijala u sedimentacioni basen, 7. Reperne tačke. 8. Izdizanje blokova, 9. Razlomi, 10. Uspon magmi, 11. Zona zagrevanja i obrazovanja granitskih rastopa.

***Fig. 5.** Development of Tehyan area in the period after the collision of continental crusts (K a r a m a t a , 1982).*

a. Period of spreading and creation of ocean and oceanic crust, b. Period of closing of ocean area and collision of continental blocks, c. Period of termination of creation of andesitic association (connected with subduction and melting of oceanic crust), d. Beginning of compression, e. Thickenning of Earth's crust, heating along the contact under the influence of plate friction and action of thermal flows from the upper mantle, f. Period of creation of granite crustal magmas in subducted parts of continental crust.

1. Continental crust, 2. Epithermal level of continental crust, 3. Oceanic crust, 4. Isotherme, approx. 700° C, 5. Trough mellange, 6. Introduction of detritus into sedimentary basin, 7. Reference points, 8. Uplift of blocks, 9. Faults, 10. Magma rising, 11. Zone of heating and formation of granitic melts.

Metalogenetska analiza terena Srbije i međusobni odnosi rudnih ležišta i tektonskih sredina sa kojima su genetski vezani, zasniva se u osnovi na koncepcijama tektonike ploča (Jankovi ć, 1974). Najkrupnija metalogenetska jedinica u čijim okvirima leže i rudišta Srbije predstavljena je Tetijskim evroazijskim metalogenetskim pojasom (Jankovi ć, 1977, 1984; Karamata, 1982). Najvažniji tektonski procesi i sredine u kojima su se odigravali mogu se



svrstati u sledeće: **intrakontinentalno riftovanje sa pratećim procesima (širenje, stvaranje okeana i okeanske kore, izlivanje bazičnih magmi i hidrotermalnih fluida i dr), zatim približavanje kontinenata i zatvaranje okeana (subdukcija), sudaranje kontinenata i događaji koji slede posle sudara, (sl. 5).** Svaka od ovih tektonskih sredina se karakteriše specifičnim asocijacijama metala i mineralnim paragenezama, magmatskim kompleksima i genetskim tipovima rudnih ležišta. Za molibdenska ležišta Srbije od posebnog interesa su porfirska rudna ležišta bakra koja su nastala u riftnim strukturama, obrazovanim iznad subdukcione zone okeanske litosfere (Tetijski evroazijski metalogenetski pojas), a ispunjena vulkanogenim, vulkanogeno-sedimentnim i plutonskim kompleksima (Borska i Ridanjsko–krepoljinska metalogenetska zona), i rudna ležišta vezana sa sudarima kontinenata Evrope i Afrike i pratećim tektono-magmatskim procesima (rudna ležišta i pojave u Srpsko-makedoskoj masi i Vardarskoj zoni).

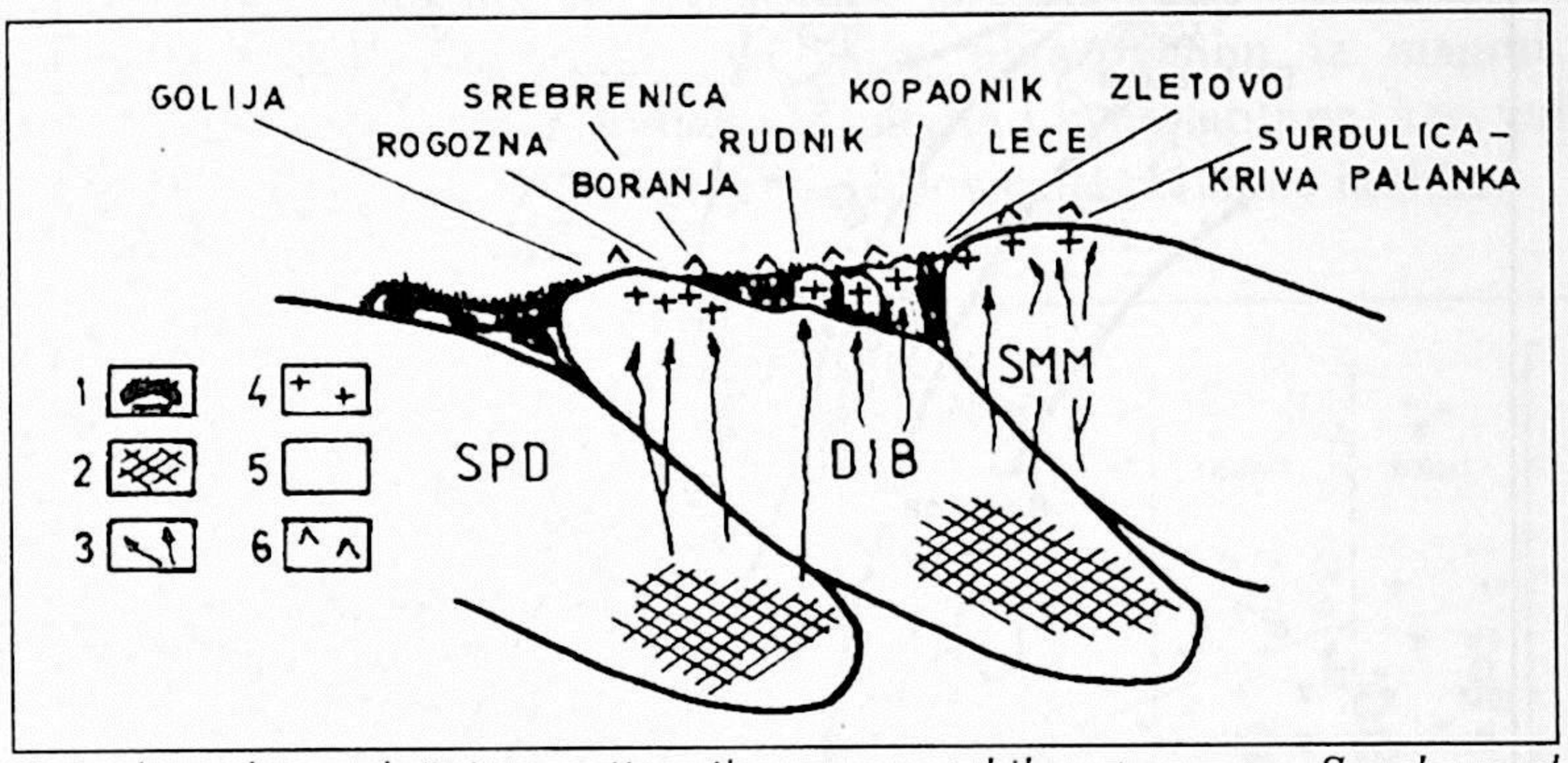
Posle zatvaranja Tetiskog okeana i subdukcije okeanske kore, dolazi do sudara (najverovatnije u eocenu) Afričke i Evropske kontinentalne ploče (Janković, 1990; Karamata, 1982). Kao posledica intenzivnog delovanja kompresionih sila dolazi do složenog strukturno-tektonskog uobličavanja, koje se manifestuje na znatnom prostoru od same zone kolizije (sučeljavanja). Zone sudara i njihova neposredna okolina, regionalno posmatrano, praćene su zonama razlamanja, koje su najčešće subparalelne zoni sudara, ređe pod oštrim uglom. Formiranje struktura razlamanja, koje često kontrolišu i razmeštaj magmatskih kompleksa, nije u svim delovima zone sudara istovremeno, već postoji više faza njihovog obrazovanja.

Pri sudaru dva kontinentalna bloka i delimičnog podvlačenja jednog pod drugi dolazi do zadebljanja Zemljine kore (Karamata, 1982). U periodima smenjivana faza kompresije sa fazama dekompresije i istezanja dolazi, duž zona razlamanja, do obrazovanja depresija koje nose mnoga obeležja riftno-rovovskih struktura, koje će kasnije biti značajne sredine u kojima će doći do formiranja ležišta mineralnih sirovina, bilo kao normalnih sedimenata čiji materijal potiče sa kopna, bilo ležišta u tesnoj genetskoj vezi sa magmatskom aktivnošću koja se javlja u takvim strukturama.

Kao rezultat sudara kontinentalnih ploča, pored zadebljanja Zemljine kore, dolazi do zagrevanja duž kontakta pod uticajem međusobnog trenja ploča i dejstva toplotnih tokova koji dolaze iz gornjeg omotača. Kao posledica tih procesa dolazi do delimičnog topljenja dubokih delova kontinentalne kore i obrazovanja granitnih i granodioritskih magmi (magme krustalnog porekla) iznad zone zadebljanja Zemljine kore (Karamata, 1982). Te magme se izdižu naviše u smeru smanjenog pritiska, sl. 5. Za ovaj magmatizam bitno je da se javlja iznad zona zadebljnja kontinentalne kore, usled kompresije, tj. u istim zonama gde se javlja ofiolitski melanž ili u čeonim delovima povlatnog kontinentalnog bloka.

Iz tih magmi u periodu eocen-oligocen do pliocena nastale su kod nas, odnosno u središnjem delu Balkanskog poluostrva, velike mase vulkano-intruzivnih kompleksa sa kojima su prostorno i genetski (paragenetski) povezana Pb, Zn, Sb, Mo i druga ležišta (sl. 6).

Prema mišljenju većeg broja autora (Karamata, 1974, 1979, 1983; Janković, 1990; Serafimovski, 1993; Aleksandrov,1992; Efremov, 1993; Simić, 2001) koji su se bavili proučavanjem tercijarnog magmatizma i metalogenijom u središnjem delu Balkanskog poluostrva, magme koje su dale ove stene nastale su kao rezultat parcijalnog topljenja najnižih delova kontinentalne kore, praćene sa primesama gornjeg omotača. Na ovo ukazuju i odnosi izotopa Sr u vulkanitima ovog područja (Janković, 1990; Serafimovski,1993).



Sl. 6. *Geotektonski položaj tercijarnih magmatskih stena u Srpsko-makedonskoj metalogenetskoj provinciji (Karamata, 1983).*

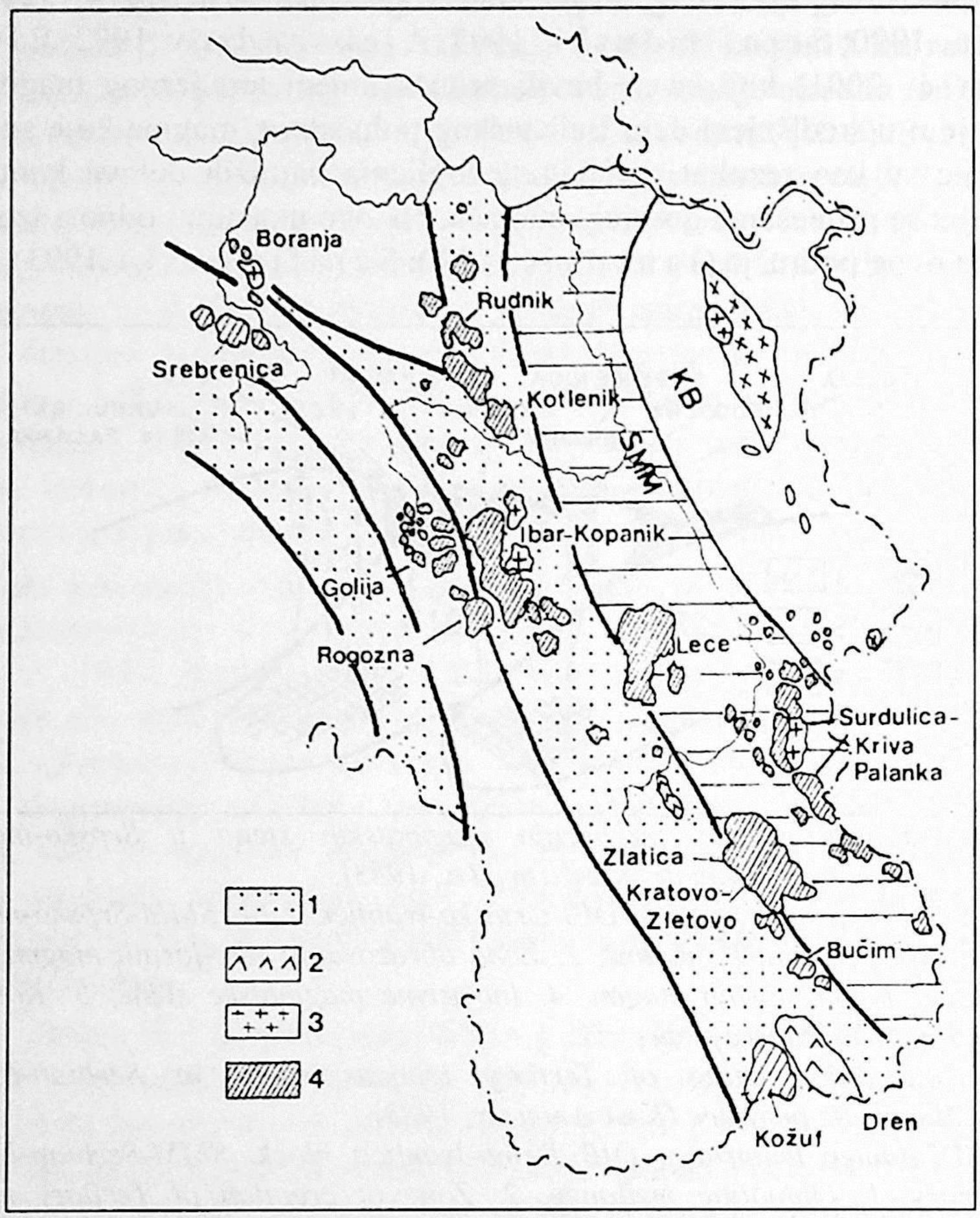
SPD-Spoljašnji Dinaridi, DIB-Drinsko-ivanjički blok, SMM-Srpsko-makedonska masa, 1. Ofiolitski melanž, 2. Zona obrazovanja tercijarnih magmi, 3. Pravci kretanja tercijarnih magmi, 4. Intruzivne magmatske stene, 5. Kontinentalna kora, 6. Vulkanske stene.

Fig. 6. *Geotectonic setting of Tertiary igneous rocks in Serbian-Macedonian metallogenetic province (Karamata, 1983).*

SPD-Outer Dinarides, DIB Drina-Ivanjica block, SMM-Serbian-Macedonian mass, 1. Ophiolitic mellange, 2. Zone of creation of Tertiary magmas, 3. Direction of movement of Tertiary magmas, 4. Intrusive igneous rocks, 5. Continental crust, 6. Volcanic rocks.

Magmatski kompleksi se obično nalaze na regionalnim zonama razlamanja (dubinski razlomi), često vezani sa strukturama svodova koje prate front sudara kontinenata. U pojedinim delovima terena, kao što je surdulička i kopaonička oblast, izdizanja su i danas aktivna (2, odnosno >4 mm/god., Simić, 1996, 2001; Krstić i dr., 1999; Milivojević, 1995). Na prostoru Srbije i susednim terenima može da se izdvoji nekoliko zona razlamanja duž kojih se nalaze tercijarni vulkanogeno-plutonski kompleksi nastali u domenu sudara Evropskog i Afričkog kontinenta: zapadna zona (Cer, Boranja, Srebrenica), središna zona od Fruške gore pa do južnog Kopaonika i Ajvalije, zona Lece-Zletovo-Halkidik i Besna Kobila-Osogovo-Tasos (Janković, 1990; Serafimovski, 1993; Simić, 2001).

Svaka od ovih zona ima i svoje specifične karakteristike. Dok je na regionalnom planu položaj magmatskih kompleksa kontrolisan "linijskim" strukturama-dislokacijama, kod pojedinih magmatskih kompleksa se jasno ističe njihova povezanost sa koncentrično-radijalnim strukturama (Kosmaj-Babe, Rudnik, Lece i dr).



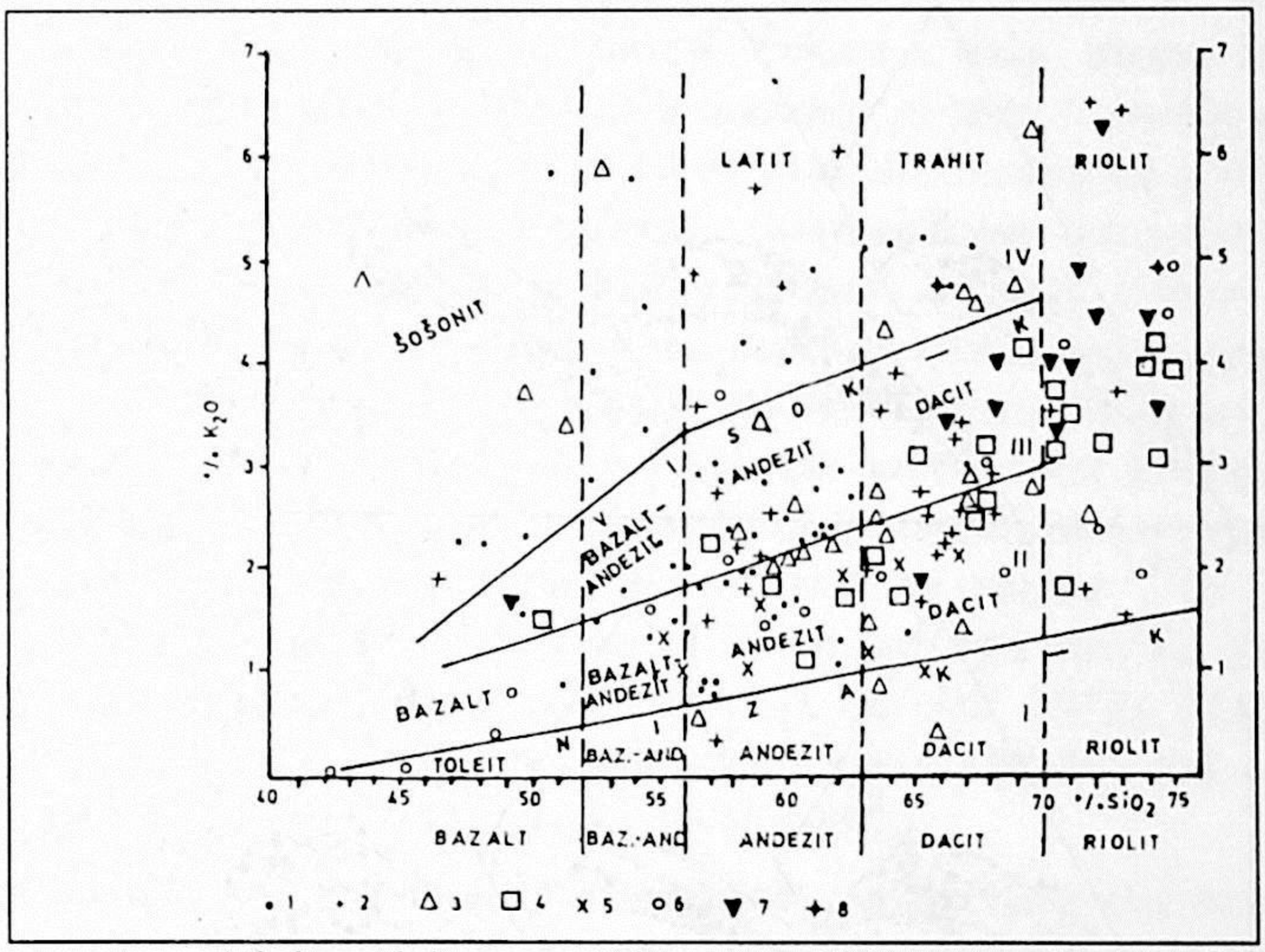
***Sl.** 7. Skica središnjeg dela Balkanskog poluostrva (K a r a m a t a , 1983, modifikovano)*
1. Zona ofiolitskog melanža, 2. Gabro-dijabazni kompleksi sa mineralizacijom bakra, 3. Neogeni granodioriti do kvarcmonconiti, 4. Neogeni vulkaniti (daciti, andeziti, kvarclatiti, latiti i veoma retki K-bazaltoidi), KB - Karpato-Balkanidi, SMM - Srpsko-makedonska masa.

***Fig.** 7. Sketch map of the central part of Balkan peninsula (K a r a m a t a , 1983).*
1. Ophiolitic mellange zone, 2. Gabbro-diabase complexes with copper mineralizations, 3. Neogene granodiorites to quartzmontzonites, 4. Neogene volcanic rocks (dacites, andezites, quartzlatites, latites and rare K-basaltic rocks), KB - Carpatho-Balkanides, SMM - Serbian-Macedonian mass (K a r a m a t a , 1983).

Tercijarne kisele magmatske stene, praćene zanemarljivom količinom bazičnih, nalaze se u odnosu na glavne geotektonske jedinice različito raspoređene i razlikuju se u sadržaju pojedinih elemenata, naročito olova i bakra, a i drugih mikroelemenata (K a r a m a t a , 1983). Javljaju se zapadno od glavnog ofiolitskog pojasa Vardarske zone, ili na njegovom samom obodu (Golija, Rogozna, Srebrenica-Boranja), zatim u području vardarskog ofiolitskog pojasa (Rudnik,

Kopaonik, Lece i Zletovo i Bučim u Makedoniji) i istočnije odatle u čeonom delu Srpsko-makedonske mase (Besna Kobila -Osogovo), sl. 7. Prvi kompleks tercijarnih magmata obrazovan je iz magmi koje pri usponu nisu prolazile kroz ofiolitske pojase, dok su magmati u ofiolitskom pojasu vardarske zone obrazovani iz magmi koje su prolazile kroz stene dijabaz-rožnačke formacije sa uloženim mafitima i ultramafitima. Trećoj grupi pripadaju stene koje nisu imale mogućnosti da reaguju sa mafitima i ultramafitima (K a r a m a t a , 1983).

Tercijarni magmati su redovno predstavljeni granodioritima do kvarcmonconitima, kao plutonskim facijama, obrazovanim iz magmi u vidu, uglavnom, plitkih intruzija, i andezitima, dacitima i kvarclatitima, kao vulkanskim predstavnicima. Njihov petrološki karakter ne pokazuje pri tome razlike.



Sl. 8. *Klasifikacija magmatskih kompleksa u tetijsko-evroazijskom metalpgenetskom pojasu na osnovu odnosa K_2O/ SiO_2, (J a n k o v i ć , 1990).*

I. Toleitska serija ostrvskih lukova, II. Kalko-alkalne serije, III. Visokokalijska kalko-alkalna serija, IV. Šošonitska serija.

1. Zona Bor-Burgas, 2. Pontidi, Turska, 3. Kerman, Iran, 4. Čagaj, Pakistan, 5. Kohistan, Pakistan, 6. Ladak, Indija, 7. Južni Pamir, Rusija, 8. Gandse, Tibet, Kina.

Fig. 8. *Classification of igneous complexes in Tethyan-Euroasian metallogenetic belt on the basis of K_2O/ SiO_2 relationship (J a n k o v i ć , 1990).*

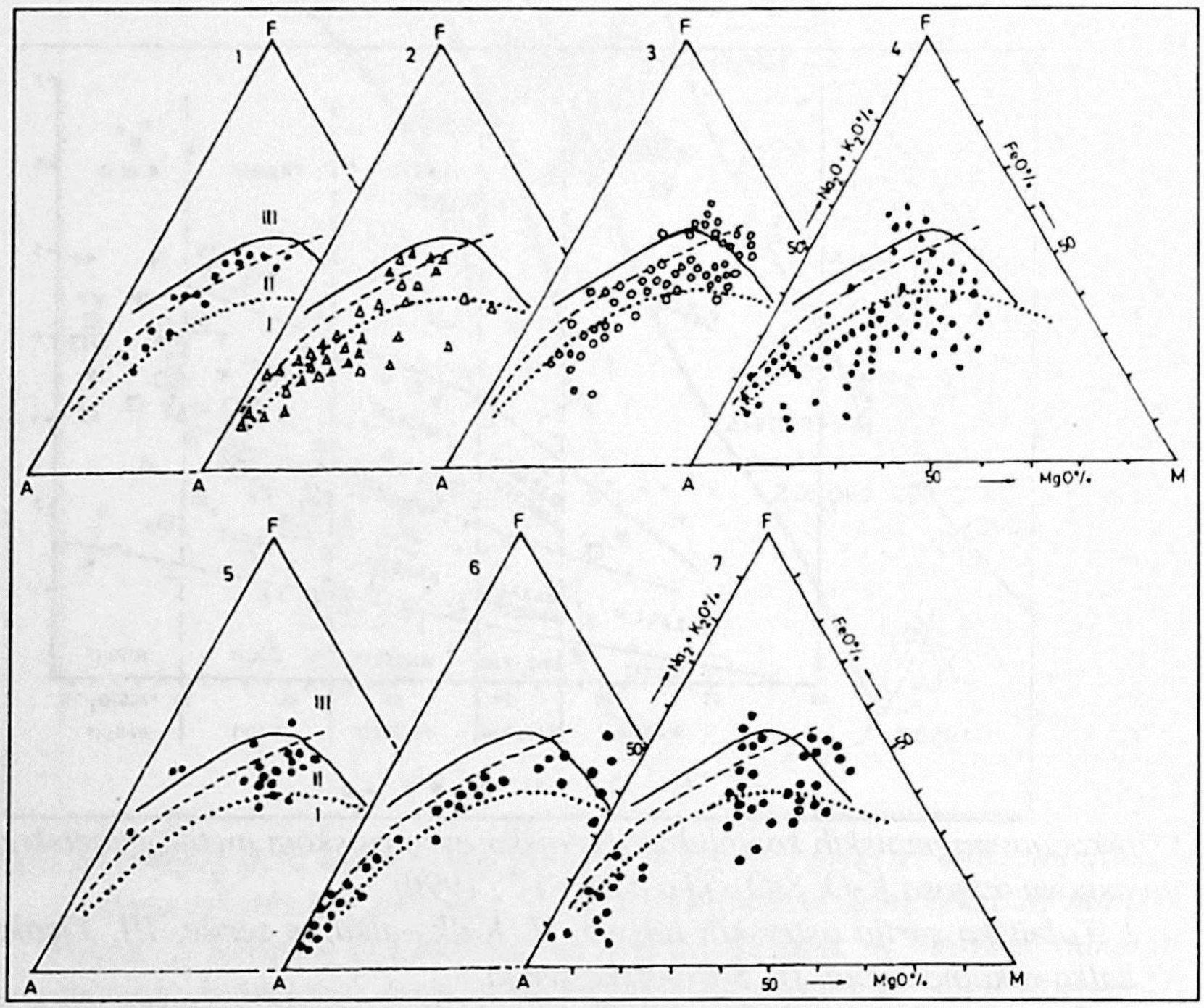
I. Tholeitic series of island arcs, II. Kalc-alkalic series, III. High kalc-alkalic series, IV. Sosonit series.

1. Bor-Burgas zone, 2. Pontides, Turkey, 3. Kerman, Iranian, 4. Čagaj, Pakistan, 5. Kohistan, Pakistan, 6. Ladak, India, 7. South Pamir, Rossia, 8. Gandse, Tibet, China.

Prema petrohemijskim karakteristikama magmatski kompleksi vezani sa subdukcionim sredinama Tetijskog evroazijkog metalogenmetskog pojasa, koji potiču iz jedne prvobitne toleitske magme lokalizovne iznad subdukovane litosfere, pripadaju kalko-alkalnim serijama sa visokim K i manjim delom alkalno-

šošonitskim asocijacijama, što se vidi na dijagramu K_2O/SiO_2 (sl. 8). Pored dijagrama odnosa K_2O/SiO_2, i dijagrami AFM pokazuju diferencijacione trendove u okviru izabranih magmatskih kompleksa razdvajajući kalko-alkalne i toleitske serije (Jankovi ć, 1990), sl. 9. Iz ovoga bi se moglo zaključiti da kalko-alkalne serije visoko preovlađuju u odnosu na toleitsku seriju u tetijskom evroazijskom metalogenetskom pojasu.

Magme koje su utisnute u sredinama ostrvskoh lukova se najčešće karakterišu toleitskim serijama sa niskom kalijom i sa andezitima kao dominantnim tipom, dok se u magmatskim kompleksima vezanim sa obodom kontinenata, pored andezita javljaju češće i daciti i rioliti sa povišenim sadržajem kalije.



***Sl. 9**. Klasifikacija magmatskih kompleksa u tetijsko-evroazijskom metalogenetskom pojasu prema AFM dijagramu (Jankovi ć, 1990); I. Alkalna, II. Kalko-alkalna, III. Toleitska serija*

1. Borski kompleks, 2. Intruzije na Halkidiku, Grčka, 3. Vulkaniti južnih padina Velikog Kavkaza, 4 Intruzivne i vulkanske stene Centralnog Irana i Elbrusa, 5. Kalko-alkalni kompleks Kohistana, Pakistan, 6. Vulkaniti oblasti Ladaka, 7. Gornjo-kredni vulkaniti i intruzivi, Cagro u Tibet.

***Fig. 9**. Classification of igneous complexes in Tethyan-Euroasian metallogenetic belt according to AFM diagram (Jankovi ć, 1990); I. Alkalic, II. Kalc-alkalic, III. Tholeitic series*

1. Bor complex, 2.Intrusion of Halkidik, Grecia, 3.Volcanics south slope of Great Caucasus, 4. Intrusive and volcanic rocks the Centrale Iranian and Elbrus, 5. Kalc-alkalic complex of Kohistan, 6. Volcanic area of Ladak, 7. Upper Cretaceous volcanices and intrusive of Cangro in Tibet

Prema varijaciji sadržaja K_2O i odnosa K_2O/Na_2O (tabela 6), i ako se radi o različitim tipovima stena, ipak sve one ispoljavaju izvesne zajedničke osobine. Odnos K_2O/Na_2O je visok za šošonitske asocijacije, a nizak za kalko-alkalne serije sa normalnim sadržajem kalije. K_2O i K_2O/Na_2O pokazuju jedan jasno izraženi pozitivan korelativni odnos prema SiO_2 (Jankovi ć, 1990)

Magmatski kompleksi vezani sa subdukcionim sredinama obuhvataju vulkanite i pliutonite.Vulkanske serije se po sastavu menjaju od toleitskih bazalta i bazaltnih andezita i andezita do dacita i retko riolita. Intruzivna plutonska tela obrazovana višestrukim utiskivanjem po sastavu se menjaju od gabra preko diorita i tonalita do granodiorita i granita sa dominantnim udelom intermedijarnih stena.

Vreme od početka subdukcije okeanske kore Tetisa koji se protezao Vardarskom zonom i nastavljao u zonu Izmir - Ankara i dalje prema istoku u Turskoj, do početka magmatizma u Borskoj eruptivnoj oblasti i Srednjegorju u Bugarskoj (od srednje jure do cenomana) je negde oko 60-70 miliona godina. Taj period bi prema Karamati (1982), odgovarao vremenskom intervalu koji je potreban da subdukovana okeanska kora iz Vardarske zone dospe do dubine od oko 100-150 km i da posle otapanja okeanske kore dođe do obrazovanja granitsko-granodioritske magme, koja će se kretati na više do dubine oko 30-40 km, što je kritična dubina toleitske magme. Magme su prodirale naviše kroz kontinentalnu koru, duž zona razlamanja i riftnih struktura, obrazovanih iznad subdukcione zone. Vrlo često su u velikoj meri kontaminirane (što se vidi iz odnosa $^{87}Sr / ^{86}Sr$ = 0,707-0,712) materijalom kontinentalne kore prilikom kretanja naviše, kakav je slučaj sa magmatima Timočkog eruptivnog masiva (Lovrić, 1972). Magmatski pojas obrazovan ispred fronta subdukcije nalazi se obično 100-350 km od zone subdukcije (Karamata, 1980, 1982; Jankovi ć, 1990).

Stvaranje kalko-alkalnih i alkalno-šošonitskih asocijacija u okviru jedne te iste tektonske sredine i višestadijnih procesa, upućuje donekle i na njihovo različito poreklo. Prema Jankovi ć u (1990), postanak šošonitskih stena se često vezuje sa nižim stepenom topljenja peridotita gornjeg omotača, u blizini subdukcione zone i njihovo utiskivanje se lokalizuje duž neke vrste "riftova" prouzrokovanih rastezanjem kontinentalne kore paralelne sa zonom subdukcije, sa druge strane praizvori kalko-alkalnih stena razlikuju se od onih koji su dali alkalno-šošonitske serije, što je napred istaknuto.

U šošonitskoj seriji hemijski sastav stena znatno više varira nego u drugim pomenutim serijama. Oko 50% šošinitske serije čine alkalni bazalti, oko 40% su kalijom bogati andeziti i oko 10% su daciti (Milovanovi ć & Boev, 2001).

Među ležištima koja su genetski vezana sa kalko-alkalnim i pratećim magmatskim kompleksima, obrazovanim iznad subdukcione zone okeanske litosfere (Borska i Ridanjsko-krepoljinska metalogenetska zona), preovlađuju ležišta bakra, delom zlata i molibdena, retko olova i cinka.

Prema petrohemijskim karakteristikama magmatski kompleksi nastali u našim i susednim terenima duž domena sudara Afričkog i Evropskog kontinenta, pripadaju kalko-alkalnim, kalko-alkalnim serijama sa visokim K i

manjm delod alkalnim serijama. Prve dve pomenute serije sastoje se od niza diferencijata na čijem jednom kraju se nalaze bazalti, a na drugom rioliti, ali daleko preovlađuju dacito - andeziti. Među alkalnim stenama, najšire rasprostranjenje imaju kvarclatiti i latiti, dok su trahiti i leuciti poznati samo lokalno. U celini gledano, sve stene se odlikuju izvesnim povećanjem sadržaja kalije, što je posebno izraženo u mlađim produktima (kalijske bazaltoidne stene).

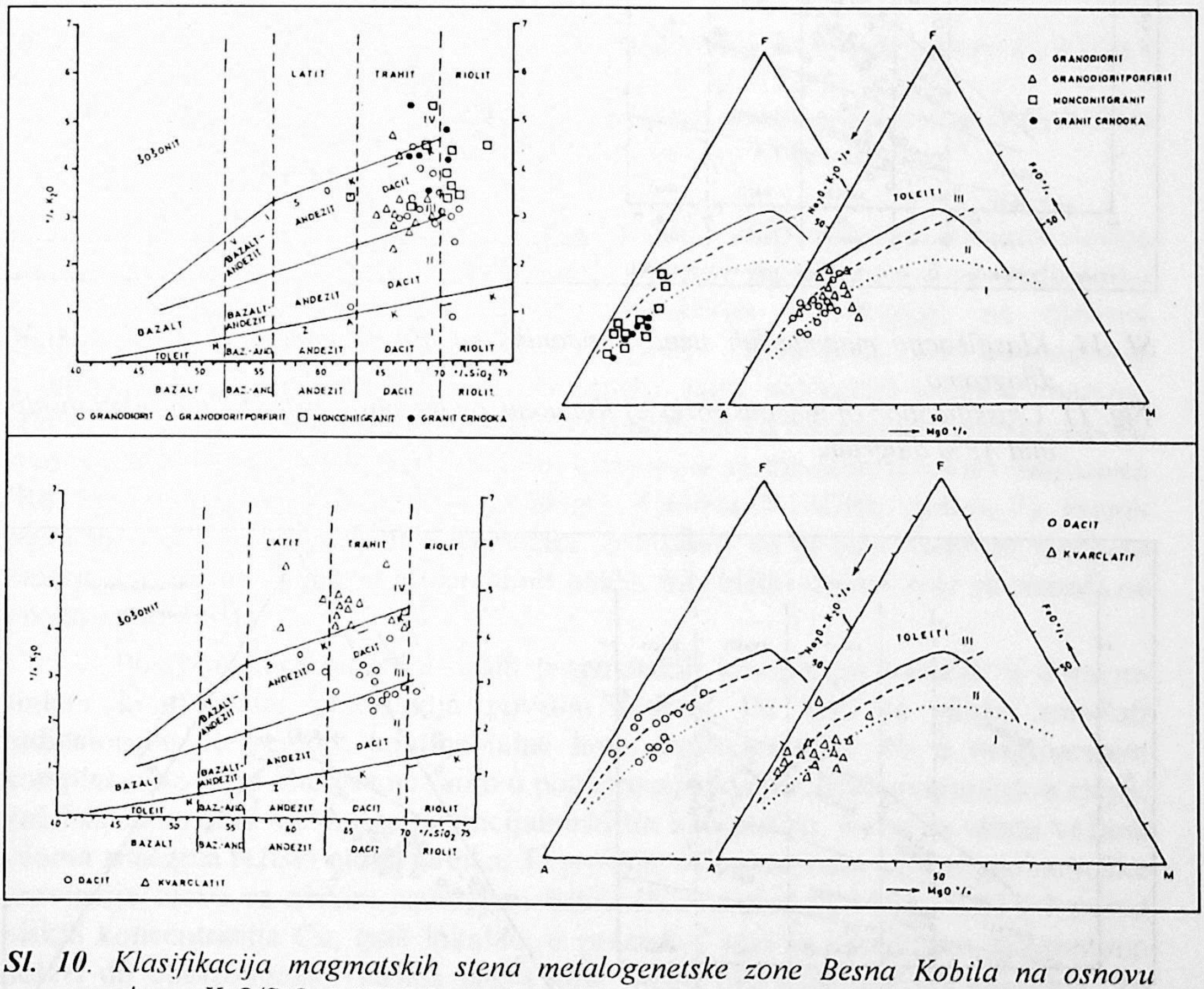
Tabela 6. *Varijacije sadržaja K_2O i K_2O/Na_2O prema SiO_2, kao i Rb, Sr i Ba u izabranim magmatskim kompleksima kalko-alkalnih serija sa normalnim sadržajem kalije, kalko-alkalnih serija sa visokim sadržajem kalije i šošonitsko-alkalnih serija u prostoru između Karpata i Pamira upoređeni sa magmattskim kompleksima u Srbiji.*

Table 6. *Variation of K_2O and K_2O/Na_2O towards SiO_2, as well as Rb, Sr and Ba in selected igneous complexes of calc alkaline series with normal content of potassium, calc alkaline series with high content of potassium and shoshonite-alkaline series in the area between Carpathians and Pamir compared with igneous complexes in Serbia.*

Tip – Kompleksi	SiO_2%	K_2O%	Na_2O%	$K_2O + Na_2O$%	K_2O/Na_2O	Rb ppm	Sr ppm	Ba ppm
A. Kalko alkalni sa normalnim sadržajem kalije:Andezit (Srednjegorje, Rečka, Čagaj), kvarcdiorit (Ladak)	56.80-60.89	1.10-2.30	1.93-3.56	3.73-5.86	0.32-0.93	53	345	264
B. Kalko-alkalni sa visokim sadržajem kalije: Andezit (Kaleh Zari, Srednjegorje, Lut, Iran), riolit (Kailas, Tibet), dioritporfirit (La Ča, Iran)	56.27-73.53	2.53-6.52	3.88-4.45	6.66-10.40	0.57-1.68	88-244	57-579	546-666
C. Šošonit (Srednjegorje)	53.98	4.69	3.91	8.60	1.20	131	941	830
Andeziti Bora (N=29)	46-65	0.47-5.75 (2.49)	1.70-4.67 (3.04)	5.53	0.81	99	191	473
Tercijarni magmati Besne Kobile, (N=72)	59-74	2.22-5.40 (3.66)	2.40-5.14 (3.76)	4.62-10.54 (7.42)	0.97	10-280 (102)	30-800 (232)	54-1600 (453)
Tercijarni magmati Kopaonika, (N=67)	50-65	1.04-5.72	2.11-4.66	3.52-9.45	1.03	10-280 (121)	430-1240 (790)	105-1783 (1195)
Tercijarni magmati Boranje, (N=30)	56-77	2.14-5.67	2.01-3.73	5.45-8.08	1.12	Np	250-8000 (1535)	450-10000 (1589)
Tercijarni magmati Rogozne, (N = 6)	56-62	2.61-6.31	1.36-2.88	4.52-7.67	2.21	720	370	600
Lecki andezitski masiv (N=22)	57-63	1.19-3.17	1.97-4.54	5.40	0.8	61	240	270

Izvor podataka (Source of records): *Janković, 1990; Simić, 2001; Mićić, 1980; Ćirić, 2000; Kubat, 1977; Urošević i dr., 1973; N. Mihailović – Vlajić, 1965; Serafimovski, 1993; Antonijević i dr, 1970; Kalinić i dr., 1976; np = nema podataka; N= broj analiza.*

Na sl. 10, 11, 12 i 13 prikazana je klasifikacija naših tercijarnih magmata na osnovu odnosa K_2O/SiO_2, koju su predložili P e č e r i l o & T e j l o r (1976) i diagrama AFM. Mada je ova klasifikacija dosta uprošćena, jer bazira na izabranim parametrima hemijskog sastava, posebno u pogledu tektonske sredine ipak ona pruža jedan opšti uvid u petrohemijsku prirodu magmatskih kompleksa. Iz priloženih dijagrama bi se moglo zaključiti da kalko-alkalne serije visoko preovlađuju u odnosu na toleitske serije. Zapravo, iz izloženih podataka na dijagramima AFM zapaža se ne samo jedan opšti trend evolucije naših tercijarnih magmatskih kompleksa, već i njegovo znatno petrohemijsko razlikovanje od toleitskih serija, posebno u pogledu ukupnog Fe, što u znatnoj meri može da bude i obeležje karakterističnо za obode kontinenata, kao mesta obrazovanja magmatskih kompleksa.

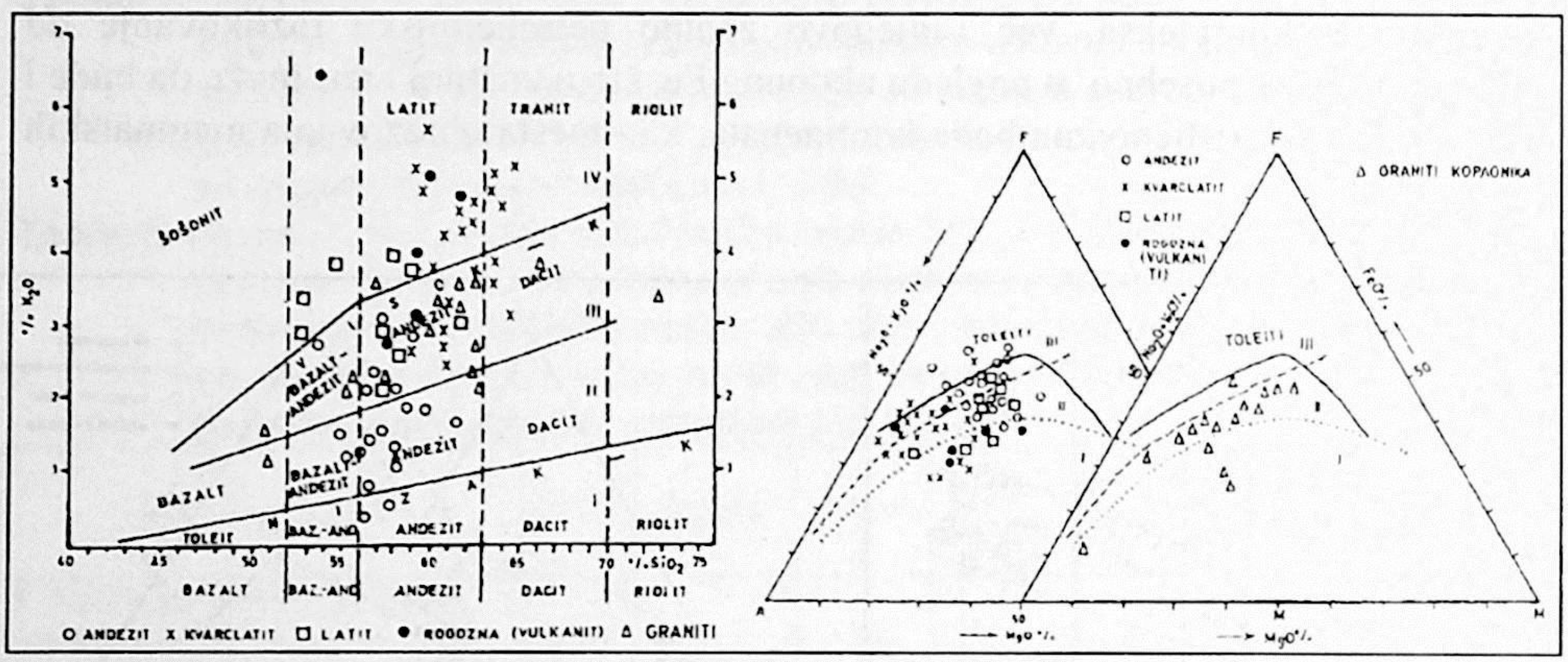


***Sl. 10**. Klasifikacija magmatskih stena metalogenetske zone Besna Kobila na osnovu odnosa K_2O/SiO_2 i AFM dijagrama*

***Fig. 10**. Classification of igneous rocks of Besna kobila metallogenetic zone on the basis of K_2O/SiO_2 relationship and AFM diagram.*

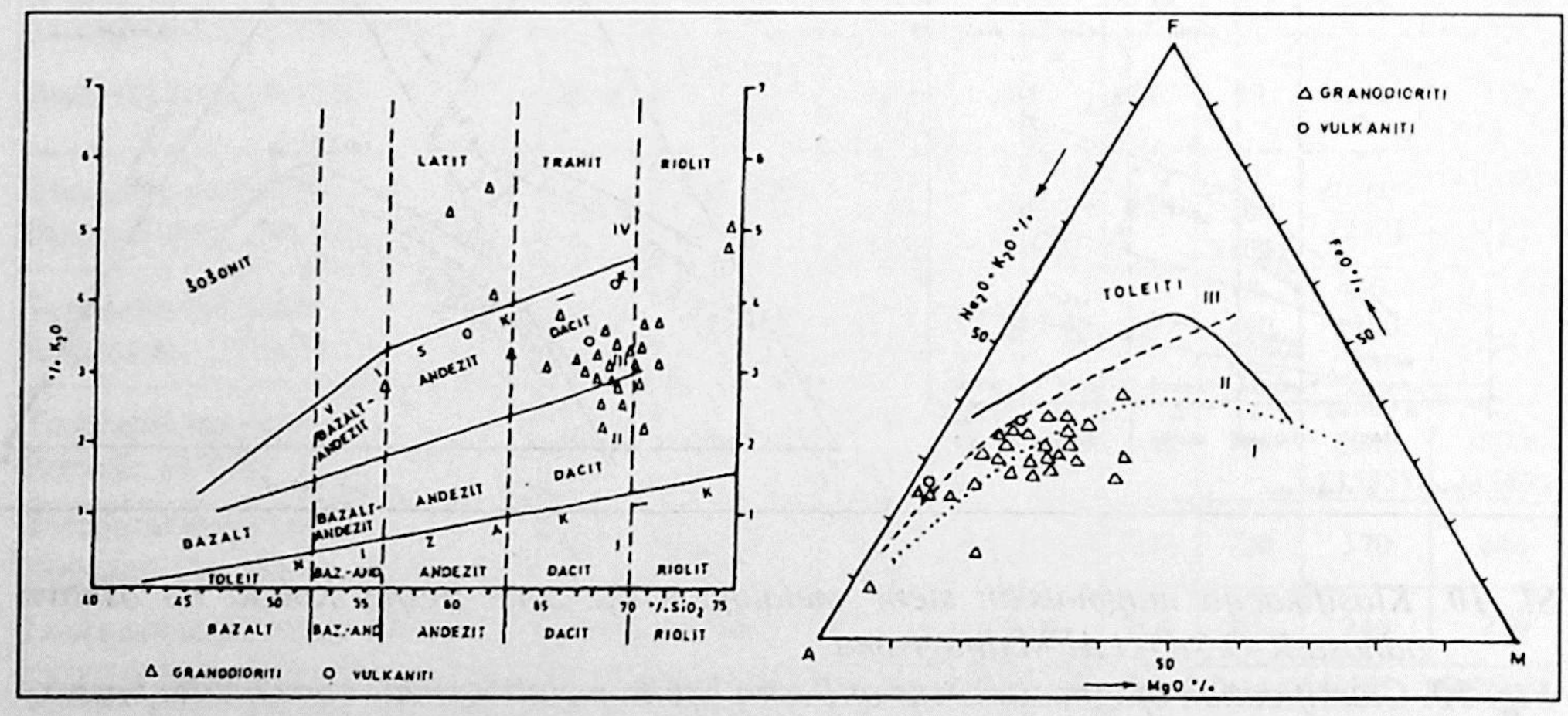
U morfološkom pogledu vulkano-plutonski kompleksi se obično karakterišu duboko erodovanim vulkanskim aparatima sa razorenim kalderama. Zapravo stepen erodovanosti je promenljiv, od masiva u kojima su otkriveni dublji nivoi (Surdulica, Kopaonok, Boranja), zatim slabo otkriveni u apikalnim kupolama

plutona i/ili iznad njih (Crnook, Golija) ili postojanje potpuno skrivenih plutona koji se naslućuju na osnovu podataka aeromagmatskih ispitivanja (V u k a š i n o v i ć, 1973,1978). Svi plutoniti su praćeni kontaktno-metamorfnim promenama, što ukazuje na visok termički kapacitet pri utiskivanju magme. Među plutonskim kompleksima preovlađuju granodioriti sa prelazima u granite, monconite, kvarcdiorite i diorite. Starost vulkano-intruzivnih kompleksa je oligocensko-miocenska (D e l e o n, 1962; S i m i ć, 1996, 2001).



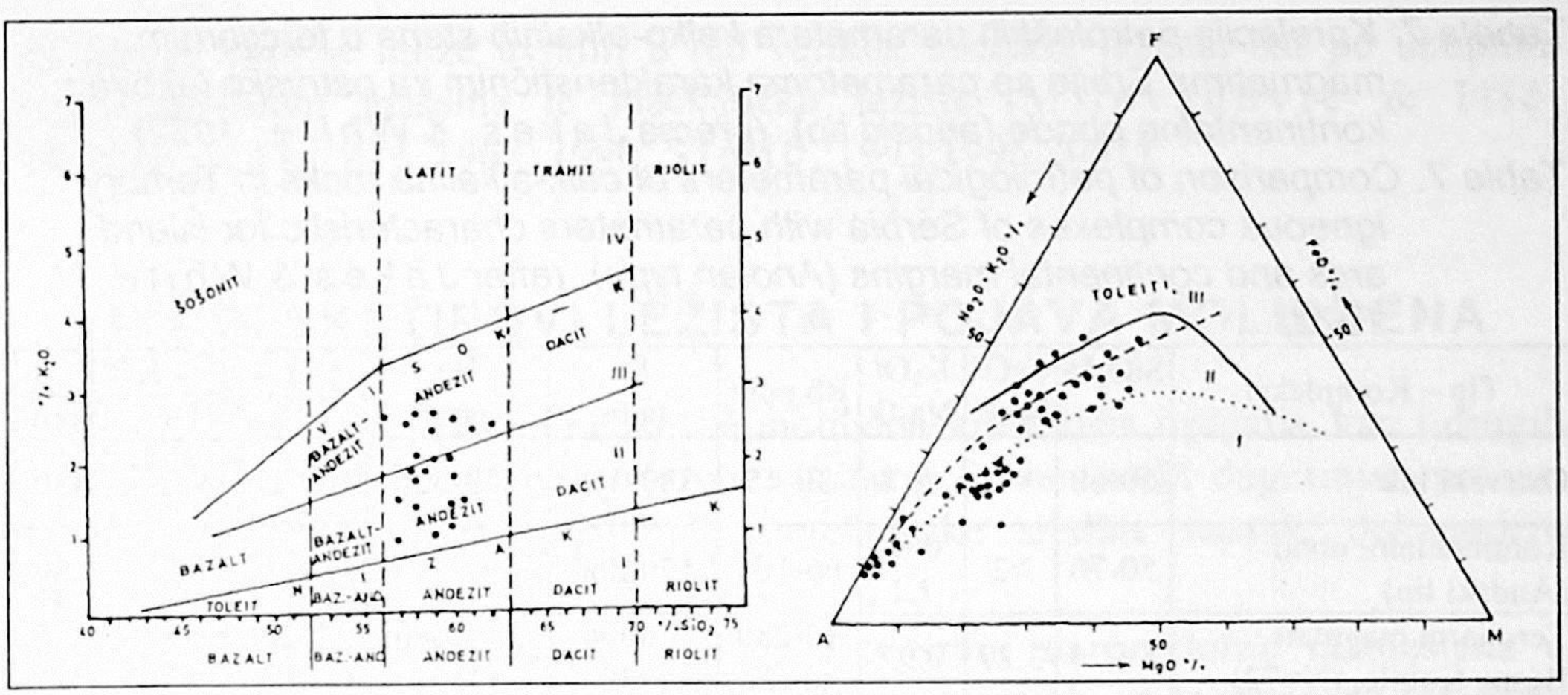
Sl. 11. *Klasifikacija magmatskih stena Kopaonika na osnovu odnosa K_2O/SiO_2 i AFM dijagrama*

Fig. 11. *Classification of igneous rocks of Kopaonik on the basis of K_2O /SiO_2 relationship and AFM diagram.*



Sl. 12. *Klasifikacija magmatskih stena Boranje na osnovu odnosa K_2O/SiO_2 i AFM dijagrama*

Fig. 12. *Classification of igneous rocks of Boranja on the basis of K_2O /SiO_2 relationship and AFM diagram.*



***Sl. 13**. Klasifikacija magmatskih stena Lecskog andezitskog masiva na osnovu K_2O/SiO_2 i AFM dijagrama (Izvor podataka: S e r a f i m o v s k i , 1993)*

***Fig. 13**. Classification of igneous rocks of Lece andezite massive on the basis of K_2O/SiO_2 relationship and AFM diagram(source S e r a f i m o v s k i , 1993).*

Poreklo magme koja je dala kalko-alkalne i alkalne stene u domenu sudara kontinentalnih ploča na našim prostorima još nije definisano, zbog nedostatka izotopnih analiza. Odnos Sr^{87}/Sr^{86} sa povišenim K ukazuje na njihovu kontaminaciju iz kontinentalne kore (J a n k o v i ć , 1990). Kao i kod magmatskih kompleksa vezanih sa subdukcijom okeanske kore indikatori porekla magme, odnosno merilo povezanosti magmatskih kompleksa sa određenim geotektonskim sredinama mogu biti i sadržaji litofilnih elemenata sa visokim jonskim radijusom (Rb, Sr, Ba, La, Zr), kao i SiO_2, FeO/MgO, K_2O/Na_2O i K/Rb, (tabela 7). Prema ovim vrednostima pomenutih parametara proizilazi da bi naši magmati tercijara nastali u domenu sudara kontinentalnih ploča, bili bliski onima koji su nastali na obodu kontinenata.

Posebnu karakteristiku naših magmatskih kompleksa nastalih u domenu sudara kontinenata, predstavlja povišen sadržaj Pb koji se može smatrati indikatornim elementom kontinentalne kore. Povećan udeo Pb u magmatskim kompleksima je od interesa ne samo u pogledu porekla matičnih magmatskih stena, već i sa stanovišta mineralne potencijalnosti tih kompleksa, jer su sa njima vezana veoma značajna ležišta olova i cinka. Ti prostori okarakterisani su kao geohemijske provincije olova sa niskim sadržajem bakra (K a r a m a t a , 1974, 1983). I pored niskih koncentracija Cu, ipak lokalno, u genetskoj vezi sa određenim magmatima dolazi do obrazovanja i ležišta bakra koja mogu biti i ekonomski značajna. Ta ležišta su prostorno lokalizovana u reonima gde su matični magmatski kompleksi nastali u neposrednoj blizini ofiolitskog melanža (pojave na Kopaoniku, Leckom andezitskom masivu, Bučimu u Makedoniji, Pontokerasiji u Grčkoj). Delom toj grupi pripadaju i pojave bakra u kontaktnoj oreoli Boranje (Lipnik), kao i u Zletovskoj oblasti (Plavica).

Tabela 7: Korelacija petroloških parametara kalko-alkalnih stena u tercijarnim magmatima Srbije sa parametrima karakterističnim za ostrvske lukove i kontinentalne obode (andski tip), (prema Jakes & White, 1972)

Table 7. Comparison of petrological parameters of calk-alkaline rocks in Tertiary igneous complexes of Serbia with parameters characteristic for island arcs and continental margins (Andian type), (after Jakes & White, 1972)

Tip – Kompleksi	SiO_2%	FeO/ MgO	K_2O/ Na_2O	Rb ppm	Sr ppm	Ba ppm	Zr ppm	K/Rb	
								Ops.	Sred.
Ostrvski luk	50-60	<2	<0.8	30-45	380-460	270-520	100-112	300-600	430
Kontinentalni obod (Andski tip)	50-70	>2	0.6-1.1	66-108	570-860	600-815	184-226	200-280	230
Tercijarni magmati Besne Kobile, (N=72)	59-74	3.27	0.97	10-280 (102)	30-800 (232	54-1600 (453)	20-260 ((94)	142-2510	278
Tercijarni magmati Kopaonika, (N=67)	50-65	2.70	1.03	10-280 (121)	430-1240 (790)	105-1783 (1195)	32-237 (143)	83-303	200
Tercijarni magmati Boranje, (N=30)	56-77	2.28	1.12	Np	250-800 (1535)	450-10000 (1589)	10-100 (36)	Np	Np
Tercijarni magmati Rogozne, (N=6)	56-62	3.00	2.21	720	370	600	105	30-72	48
Lecki andezitski masiv (N=22)	57-63	1.98	0.8	61	240	270	90	215-356	315

Izvor podataka (Source of records): *Janković, 1990; Simić, 2001; Mićić, 1980; Ćirić, 2002; Kubat, 1977; Urošević i dr., 1973; Deleon, 1958; Antonović & Filipović, 1977; Serafimovski, 1993; np = nema podataka; N =broj analiza.*

U prilog krustalnog (kontinentalnog) porekla magme ukazuju i relativno povišeni sadržaji molibdena, antimona, urana i volframa (Simić, 1993, 1996, 2001; Omaljev, 1994). Osim toga rasprostranjenje pojedinih kalko-alkalnih i alkalnih članova u magmatskim kompleksima može biti svojevrsno obeležje tektonske sredine u kojoj su nastali. Za razliku od magmata ostrvskih lukova, u području zone Besna Kobila i Kopaonika široko rasprostranjenje imaju kvarclatiti i latiti, što je karakteristično za kalko-alkalne serije kontinentalnih oboda, što je i saglasno sa prethodno iznetim činjenicama.

U genetskoj vezi sa magmatskim kompleksima nastalim u području sudara Evropskog i Afričkog kontinenta u terenima Srbije i susednih oblasti, obrazovana su ekonomski značajna rudna ležišta: Pb-Zn, Sb, Mo, zatim Bi, Ag, lokalno manja ležišta Fe (magnetita), ali su poznata i porfirska ležišta Cu čije poreklo nije iz kontinentalkne kore. Ta ležišta mogu biti prostorno smeštena u magmatskim kompleksima ili se javljaju u njihovoj neposrednoj okolini. Zajedničko im je da su nastala iz hidrotermalnih rastvora, u tesnoj vezi sa promenama okolnih stena, lokalizovana uglavnom u subvulkanskim nivoima, ponekad sa veoma dugim vertikalnim intervalima mineralizacije. Prostorni razmeštaj orudnjenja je često kontrolisan strukturama razlamanja, dok se u nekim rudnim poljima zapaža i zonalnost u razmeštaju mineralnih parageneza (Mačkatica, Boranja).

Molibden u vidu molibdenita se relativno često javlja u genetskoj vezi sa tercijarnim magmatskim kompleksima, nastalim u zoni sudara kontinentalnih ploča, ali su njegova ležišta od ekonomskog interesa u našim terenima retka. Jedno

od ležišta koje se može uvrstiti u red velikih, svetskih ležišta, bar po ukupnim mineralizovanim masama je mačkatičko ležište (Milovanović & Ilić, 1953/54; Janković,1967, 1990; Simić, 1993,1996,2001)

GENETSKI TIPOVI LEŽIŠTA I POJAVA MOLIBDENA

Stvaranje i prostorni razmeštaj molibdenskih ležišta i pojava, kao i drugih metaličnih sirovina predstavlja složen, višefazan i vremenski dugotrajan proces, neposredno povezan za specifične geotektonske sredine nastale delovanjem određenih geodinamičkih procesa.

Ležišta i rudne pojave molibdena u Srbiji su prostorno razmeštena u magmatskim kompleksima kalko-alkalnog tipa stvaranih od karbona do tercijara, kao i u njihovoj neposrednoj okolini. Zajednička karakteristika im je da su nastala iz hidrotermalnih rastvora u tesnoj vezi sa promenama okolnih stena. Prostorni razmeštaj orudnjenja je često kontrolisan strukturama razlamanja, pri čemu se kao osnovni faktori obaranja javljaju gradijenti pritiska i temperature, zatim izmene pH i Eh, kao i izdiferenciranost rudonosnih rastvora i njihove snižene koncentracije.

Na endogeno poreklo rudnih rastvora ukazuje više činjenica, a pre svega tesna prostorna i genetska povezanost sa magmatima granodioritskog sastava. Pored toga u nekim rudnim poljima i ležištima jasno je izražena horizontalna i vertikalna zonalnost razmeštaja Mo, Cu, Zn, Pb mineralnih parageneza. To svedoči, ne samo o bliskim i istim putevima migracije, nego i o zajedničkim rudnim izvorima. Na genetsku povezanost rudnih ležišta i magmatskih kompleksa ukazuju i podaci o sastavu izotopa sumpora i olova, pogotovu u ležištima Srpsko-makedonske mase (Janković, 1978; Simić, 2001). Neznatno odstupanje δS^{34} od meteoritskog sastava, kao i uniformnost sastava izotopa olova iz galenita i tercijarnih magmatskih stena, ukazuje da rudni rastvori imaju endogeno poreklo iz relativno homogenih izvora dubokih delova Zemljine kore ili gornjeg omotača (Simić, 2001, 1997).

Prema mineralnom sastavu, uslovima stvaranja i načinu razmeštaja rudne mineralizacije u stenama, mogu se izdvojiti sledeći genetski tipovi orudnjenja i mineralne parageneze molibdena vezane za kalko-alkalne magmatske komplekse: **skarnovski i hidrotermalni.**

Skarnovska ležišta i pojave molibdena su malobrojna na prostoru Srbije. Ovom tipu orudnjenja pripadaju molibdenske mineralizacije u kontaktnoj oreoli granitoida Kopaonika (Gvozdac, Duboka, Čajetina) i Boranje. Skarnovske mineralizacije formirane su na kontaktu granita i karbonatnih tvorevina sa interkalacijama škriljaca, pod dejstvom postmagmatskih visokotemperaturnih rastvora. Među skarnovima, pored granata i diopsida, šire rasprostranjenje mogu da imaju i volastoniti.

Molibdenska mineralizacija u skarnovima se javlja obično u obliku gnezda i sočiva izgrađenih od tankih žilica i prožilaka, impregnacija, kao i tankih ljuspi i prevlaka rudnih minerala po okolnim stenama. Pored molibdenita, javlja se obično

šelit nešto dalje od kontakta. U manjim koncentracijama, molibdenit i šelit, prati pirotin, pirit, arsenopirit, halkopirit, magnetit i dr. Prema asocijaciji minerala u Centralnoj kopaoničkoj oblasti su izdvojena dva osnovna tipa orudnjenja: molibdenitsko-šelitska i molibdenitsko-halkopiritsko-bornitska (Jelenković, 1999).

U kontaktnoj oreoli granitoidnog kompleksa Boranje uočeno je više pojava molibdenske mineralizacije, koje prema načinu pojavljivanja mogu da se svrstaju u skarnovske, u kojima se molibdenit nalazi u asocijaciji sa halkopiritom, piritom, arsenopiritom, magnetitom, mineralima bizmuta i dr. Sadržaj molibdena u njima iznosi do 0.05%. Skarnovska ležišta i pojave na Kopaoniku i na Boranji, nisu od većeg ekonomskog značaja, s obzirom da poseduju male rezerve.

Hidrotermalna ležišta molibdena su mnogo značajnija od skarnovskih ležišta. Stvarana su u visokotemperaturnim do mezotermalnim uslovima. Prema mineralnim paragenezama i asocijaciji elemenata među hidrotermalnim ležištima i pojavama mogu se izdvojiti: hidrotermalna ležišta bakra porfirskog tipa, hidrotermalna štokverkno-impregnaciona – porfirska ležišta i pojave molibdena i žična ležišta i pojave molibdena.

Hidrotermalnim ležištima bakra porfirskog tipa pripadaju Majdanpek, Veliki Krivelj, Mali Krivelj, Dumitri Potok, Valja Strž, Cerovo, Borska reka, Borski potok i dr. u Borskoj metalogenetskoj zoni sa raspršenim koncentracijama molibdenita (0.005-0.01% Mo). Ekstrakcija molibdena nije do sada vršena zbog nepovoljnog rasporeda tih koncentracija u odnosu na bakar.

Porfirskom tipu orudnjenja pripadaju i Cu-Mo mineralizacije na Krivoj Feji i Novom Glogu u zoni Besna Kobila, kao i Cu-Au mineralizacije sa pratećim milibdenom u Leckom masivu. Mineralizacija bakra i molibdena u domenu Crnovrške i Gornje reke na Krivoj Feji, vezana je za intenzivno hidrotermalno izmenjene (K-metasomatoza, silifikacija, argilitizacija, piritizacija) kvarcmonconit-porfirite, granodioritporfirite, odnosno porfiroidne varijatete granitoidne magme. Mineralizacija je predstavljena tačkastim uprskanjima ili finim žilicama izgrađenim od pirita, magnetita, halkopirita, molibdenita i kvarca.

Cu-Mo pojave na Novom Glogu otkrivene su u levoj pritoci Male reke u egzokontaktnom delu granodiorita. Daciti i škriljci u kojima se javlja mineralizacija su intenzivno hidrotermalno izmenjeni, katakli zirani i brečizirani. Pirit, molibdenit i halkopirit, zajedno sa kvarcom se javljaju najčešće u vidu žica, žilica i prevlaka duž pukotina i prslina različitog pružanja i pada. Mo-Cu mineralizaciju prati silifikacija, K-feldspatizacija, nešto slabije biotitizacija i sericitizacija.

Hidrotermalno štokverkno-impregnacioni – porfirski tip orudnjenja molibdena nastao je ispunjavanjem sistema pukotina i prslina u magmatima, kristalastim škriljcima ili u kontaktnom delu, zahvatajući jednu i drugu sredinu. U ekonomskom pogledu čine najvažniji tip orudnjenja u Srbiji.

Mo-orudnjenje ovoga tipa je u tesnoj vezi sa silifikacijom, K-feldspatizacijom, sericitizacijom i piritizacijom. Mineralna parageneza je relativno prosta, kvarc, pirit i molibdenit se najčešće javljaju pojedinačno ili udruženo i to

uglavnom kvarc-pirit i kvarc-molibdenit, a znatno ređe molibdenit-pirit ili sva tri minerala zajedno. Pored ovih minerala u paragenezi se javljaju još magnetit, hematit, halkopirit, šelit, sfalerit, volframit i dr., (Vujanović, 1959).

Ovom tipu orudnjenja pripada ležište Mačkatica i Borovik i druge pojave u rudnom polju Mačkatice, kao i pojedine pojave u kontaktnoj oreoli Boranjskog granodioritskog masiva (Velika reka-Rudni potok).

Rudna tela u Mo-ležištu Mačkatica i Borovik su različitih dimenzija (nekad više miliona tona) i sadržaja. Sadržaji Mo su obično niski (0.03-0.09% Mo), mada ima rudnih tela, ili pojedini njihovi delovi, sa preko 0.14% Mo.

Hidrotermalno žična ležišta molibdena, slično štokverkno-impregnacionim, genetski su vezana sa srednjekiselim magmatskim kompleksima. Prema mineralnom sastavu to su, uglavnom, kvarc-molibdenitske, i molibdenitsko-šelitske žice u kojima se kao prateći minerali zapažaju sulfidi bakra, pirit, pirotin, a ponekad i minerali urana. Ovom tipu orudnjenja pripadaju Mo-mineralizacije u Starom Glogu i Prvoneku, delom u Romanovskoj i Masuričkoj reci (Surdulički eruptivni masiv), zatim u hercinskim granitoidima u Istočnoj Srbiji (reon Tande i Luke), i molibdensko-kvarcne žice sa visokom radioaktivnošću u Aldincu (Stara planina).

ASOCIJACIJE MINERALA I ELEMENATA

Prema mineralnim paragenezama, među žičnim molibdenitskim ležištima mogu se izdvojiti sledeće asocijacije minerala: kvarc-molibdenit-piritska, kvarcno-molibdenitska, molibdenitsko-šelitska, kvarc-molibdenitsko-uranska i halkopiritsko-molibdenitska. Naziv su dobile prema vodećim (dominantnim) i pratećim mineralima. Neki autori (Janković, 1967) ih izdvajaju kao formacije (kvarc-molibdenitska formacija itd).

Kvarc-molibdenitsko-piritska asocijacija zastupljena je u metalogenetskoj zoni Besna Kobila u ležištima Mačkatica i Borovik, kao i drugim pojavama ovog rudnog polja. Značajan deo orudnjenja je vezan za prateće pukotinsko-prslinske sisteme tj. zone povišene poroznosti. Hidrotermalna ležišta ovoga tipa pripadaju grupi žično-štokverknih orudnjenja. Mo-mineralizacije se javljaju u hidrotermalno izmenjenim dacitima i škriljcima, od kojih dominiraju silifikacija, sericitizacija i K-feldspatizacija. Minerali se javljaju pojedinačno ili udruženi najčešće kao kvarc-pirit, kvarc-molibdenit, retko molibdenit-pirit, odnosno udruženi sva tri zajedno. Sadržaj Mo u rudnim telima je varijabilan i kreće se od 0.03 do 0.2 %, a razmera istih ponekad iznosi više desetina miliona tona.

Kvarcno-molibdenitska asocijacija sa neznatnim udelom pratećih minerala (pirita, ređe pirotina), poznata je u metalogenetskoj zoni Besna kobila u lokalitetima Stari Glog i Prvonek. Ove Mo-pojave genetski su vezane za dacite koji probijaju kristalaste škriljce, a delom i granodiorite. To su, pretežno, individualne kvarcne žice, retko u rojevima, moćnosti najčešće 5 do 10 cm, retko preko 0.4 m. Sadržaj molibdena varira između 1 do 4.5 %, minimalno 0.65%. I

pored visokog sadržaja molibdena nemaju ekonomski značaj zbog malih rezervi. Sličnih pojava ima u dolini Masuričke i Romanovske reke (S i m i ć , 2001).

Molibdenitsko-kvarcne žice u Aldincu i Repušnici (Stara planina), sa visokom radioaktivnošću, obrazovane na kontaktu granit–škriljac ili u gabru, su samo od mineraloškog interesa.

Molibdenitsko-šelitsku asocijaciju čine pretežno kvarcne žice sa nešto feldspata u kojima se javljaju promenjene koncentracije molibdenita, šelita i pirita. Šelit iz ovih mineralnih parageneza često pokazuje povišen sadržaj molibdena (oko 1%). Ovim rudnim formacijama pripadaju pojave na obodu Gornjanskog granodioritskog masiva na prostoru Tande i Luke (Perin potok, Luka, Mali i Veliki Gabar).

Kvarc-halkopiritsko-molibdenitska asocijacija je slična porfirskim ležištima molibdena i bakra. U njima uglavnom preovlađuje halkopirit dok je molibdenit prateća mineralna komponenta. Ovom tipu mineralizacije pripadaju porfirske pojave na Krivoj Feji i na Novom Glogu.

Geohemijska korelativnost određenih elemenata i njihova uslovljenost tipom magmatizma, magmato-tektonskim i tektonskim strukturama, predstavljaju jedan od značajnih kriterijuma pri metalogenetskoj reonizaciji. Na osnovu genetskih karakteristika ležišta i rudnih pojava molibdena, njihovog mineralnog i hemijskog sastava, kao i geohemijsjkih karakteristika, izdvojene su i definisane sledeće asocijacije:

Mo praćeno sa Cu, W, Re i Fe, gde se molibden u osnovi javlja kao molibdenit. Osnovni nerudni mineral je kvarc, tako da se može govoriti o molibdenitsko-kvarcnoj formaciji (Mačkatica, Stari Glog, Prvonek, Masuričkа reka).

Cu-Mo asocijacije praćene sa Au, Ag, Re, Se, Te, Fe i drugim elementima, predstavljaju veoma značajne potencijalne izvore dobijanja molibdena kod nas. Molibden se u osnovi javlja kao prateća komponenta porfirskih ležišta bakra (Majdanpek, Veliki Krivelj, Dumitri Potok, Cerovo) u Borskoj metalogenetskoj zoni, zatim na Krivoj Feji - Novom Glogu u Surduličkom eruptivnom masivu i u Leckom andezitskom masivu (Tulare, Đavolja Varoš, Kravarske planine).

Mo-W asocijacije, praćene sa Cu, Se, Re, Au i Fe, javljaju se u kontaktnoj oreoli Kopaonika i Boranje, Gornjanskom masivu i ređe pojave u domenu Romanovske reke. To su pretežno kvarcne žice sa nešto feldspata u kojima se pojavljuju promenljive koncentracije molibdenita, šelita i pirita. Zbog promenljive koncentracije ponekad su izdvojene i kao W-Mo asocijacije.

Mo-U asocijacije, koje imaju više mineraloški značaj, izdvojene su na Staroj planini u Aldincu i Repušnici. To su molibdenitsko-kvarcne žice sa visokom radioaktivnošću.

METALOGENETSKE EPOHE

Prema sadašnjem poznavanju geoloških prilika u Srbiji, mineralizacije molibdena pripadaju hercinskoj (variscijskoj) i alpskoj metalogenetskoj epohi.

U hercinskoj epohi mineralizacija molibdena je genetski vezana sa granitskim intruzivnim kompleksima u Istočnoj Srbiji, odnosno Karpato-balkanidima. To su pretežno kvarcne i kvarcno-volframitske rudne žice debljine 1-1,5 m i pružanja do 200 m, dok se samo mestimično zapažaju i rasejane impregnacije molibdenita. Pored molibdenita u rudnoj paragenezi nalazi se šelit, halkopirit, pirotin, retko galenit i sfalerit.

Mo mineralizacija hercinske epohe zapažena je u domenu gornjanskog granitskog kompleksa, u reonu Tande (Perin potok, Luke, Mali i Veliki Gabar). Sličnih pojava ima i u janjskim granitima na Staroj planini.

Najznačajnije koncentracije molibdena na terenima Srbije nastale su u **alpskoj metalogenetskoj epohi** genetski vezane sa srednjekiselim, kalko-alkalnim magmatima (granodioriti i srodne magmatske stene).

Ovoj metalogenetskoj epohi pripadaju ležišta i pojave bakra u Borskoj i Ridanjsko-krepoljinskoj metalogenetskoj zoni sa rasejanom mineralizacijom molibdena (Reškovica, Majdanpek, Veliki Kriveljh, Cerova i dr.). Starost ovih mineralizacija je kredno-paleogena i s obzirom, na rezerve bakra, to su potencijalno značajni izvori molibdena. Ekstrakcija molibdena iz ovih ležišta do sada nije vršena.

Čisto molibdenitska ležišta, skarnovska, žična i štokverkno-impregnaciona (porfirska) su nešto mlađa, oligo-miocenska, i javljaju se u vulkanogeno-intruzivnim kompleksima Boranje, Kopaonika i Besne Kobile. Ovoj grupi pripadaju i porfirske CU-Mo pojave na Krivoj Feji i Novom Glogu i u Leckom andezitskom kompleksu. U skarnovskim paragenezama, a i hidrotermalnom području, zapažaju se ponekad karakteristične asocijacije molibdenita sa šelitom, magnetitom, praćene i neznatnim udelom pirita, sfalerita, tetraedrita i teluridima zlata.

Među ovim molibdenskim ležištima posebno su značajna štokverkno-impregnaciona, koja sadrže i velike koncentracije molibdena (Mačkatica). Mineralni sastav ovih ležišta je u osnovi prost i sastoji se od kvarca, molibdenita i pirita koji se javljaju pojedinačno ili udruženi. Šelit je dosta ekstenzivan, ali malog intenziteta pojavljivanja. Ostali minerali su retki i bez značaja u ovim ležištima i pojavama.

SRPSKO-MAKEDONSKA METALOGENETSKA PROVINCIJA

Srpsko-makedonska metalogenetska provincija zahvata prostor između Dinarske metalogenetske provincije na zapadu i Karpatsko-balkanske metalogenetske provincije na istoku, sl.14. Prema jugu Srpsko-makedonska metalogenetska provincija se nastavlja u Makedoniju, zatim Grčku i Tursku, delom i u Rodope Bugarske, dok prema severu tone pod sedimente Panona, a na severozapadu može se pratiti do Alpa. Prostorno obuhvata ležišta koja su nastala u domenu sučeljavanja Dinarida i Karpato-Balkanida prilikom zatvaranja vardarsko-centralno-anadolijskog okeana (ogranka Tetisa) krajem jure. Ta ležišta, unutar provincije, su smeštena, generalno gledano, u istočnom i severoistočnom obodu Dinarida, zatim u Vardarskoj zoni i Srpsko-makedonskoj masi.

U grupu endogenih ležišta mineralnih sirovina u Srpsko-makedonskoj metalogenetskoj provinciji dominiraju Pb-Zn i Sb, značjni su Cu, Mo, Ag, Bi, Cd, Au, delom Fe i Mn, specifični su Tl i As, retki U, W, Sn i Hg. U korama raspadanja na serpentinitu: Ni, Fe, feronikal, Mg, na laporovitim stenama boksit (Al), u nanosima Au, Sn, lokalno niobijum tantalati i dr. (Janković, 1990, Jelenković, 1999).

Detaljnija metalogenetska rejonizacija u okviru Srpsko-makedonske provincije sprovedena je prema kontrolnim faktorima (litološki, strukturni i magmatogeni) prostornog razmeštaja rudnih ležišta i vremenu njihovog formiranja. Počev od najstarijih ka mlađim to su: 1. Ležišta i pojave u SMM, 2. Ležišta i pojave u jurskoj ofiolitskoj formaciji, 3. Ležišta i pojave u mezozojskim sedimentima, uključiv i lateritske kore raspadanja (na mestu ili pretaložene), 4. Ležišta i pojave vezane sa tercijarnim kalko-alkalnim vulkano-plutonskim kompleksima, 5. Rudna ležišta i pojave u neogenim basenima, 6. Ležišta i pojave u kvartarnim nanosima.

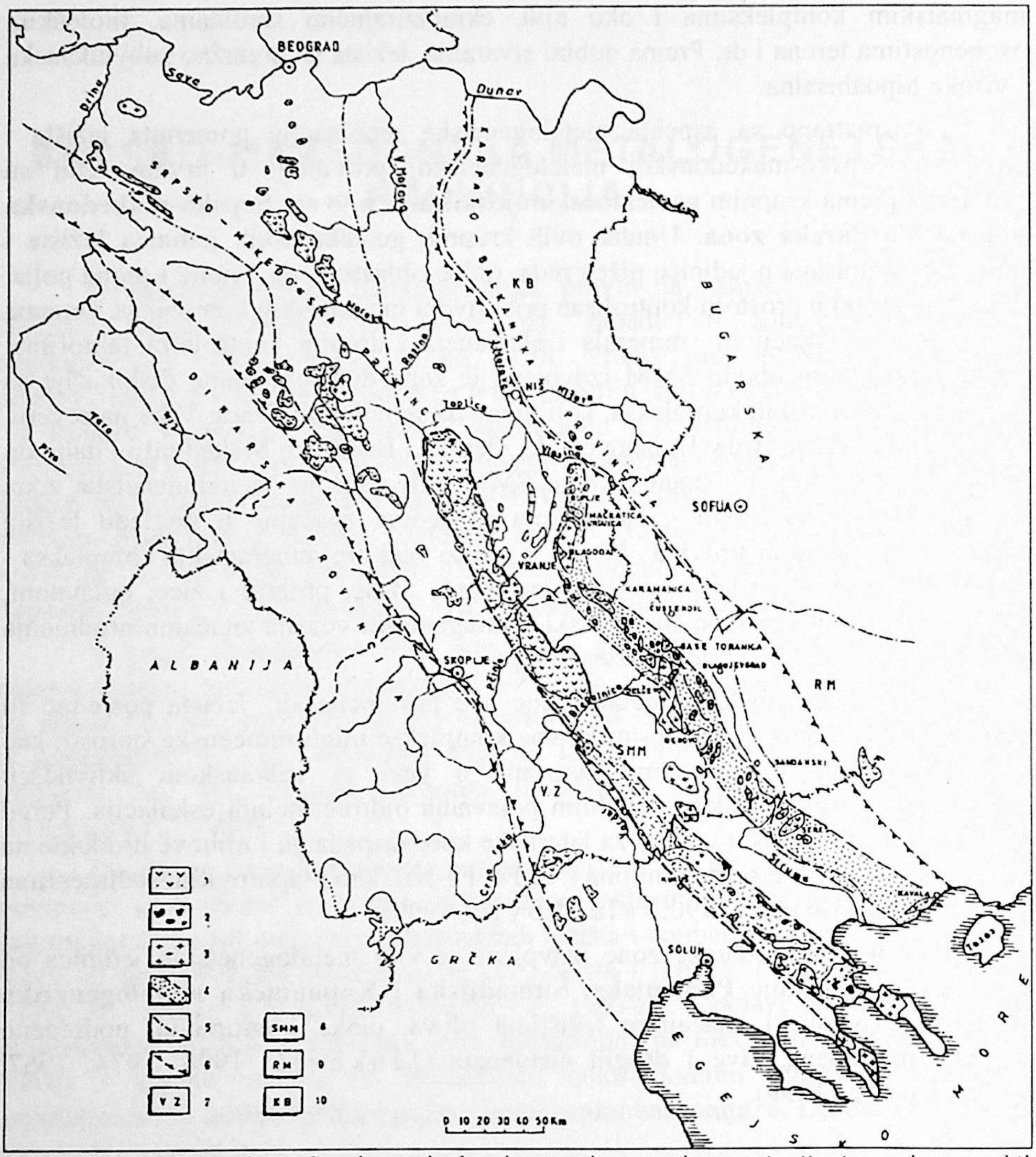
Za Srpsko-makedonsku metalogenetsku provinciju je karakteristična tercijarna metalogenija, odnosno ležišta i pojave genetski vezana sa tercijarnim subvulkansko-hipoabisalnim intruzijama kalko-alkalne magme. Osnovne regionalne kontrolne faktore razmeštaja rudonosnih područja i magmatskih kompleksa predstavljaju duboke razlomne zone, koje mestimično seku i popreko glavne geotektonske jedinice. U vezi sa tercijarnim vulkano-intruzivnim kompleksima su formirana brojna hidrotermalna i skarnovska ležišta i pojave metaličnih mineralnih sirovina: Pb, Zn, Sb, Mo, Cu, Mn, u manjoj meri Fe, Bi, Ag, Au, As, lokalno Hg, U, Sn i W. Prema odnosu na matične magmatske komplekse, među ovim ležištima se izdvajaju ona kod kojih je ta povezanost verovatna, i ležišta kod kojih se ona naslućuje prema vremenu stvaranja i kontroli prostornog razmeštaja. Prostorni položaj ležišta je u vezi sa strukturama vulkanskih aparata (radijalno - prstenaste strukture), sistemima razlomnih struktura u samim

magmatskim kompleksima i oko njih, ekranizirajućim sredinama, litološkim osobenostima terena i dr. Prema dubini stvaranja, ležišta su pretežno subvulkanska i visoko hipoabisalna.

Posmatrano sa aspekta metalogenetske reonizacije pomenuta ležišta i pojave u Srpsko-makedonskoj metalogenetskoj provinciji u prvom redu su grupisana prema krupnim geotektonskim jedinicama a to su: **Srpsko-makedonska masa i Vardarska zona.** Unutar ovih krupnih geotektonskih jedinica ležišta i pojave su grupisana u jedinice nižeg reda, rudne oblasti, zone, rejone i rudna polja, čiji je razmeštaj u prostoru kontrolisan prisustvom magmatskih kompleksa, zonama razlamanja, asocijacijom minerala i elemenata i drugim kontrolnim faktorima. Tako u zapadnom obodu SMM izdvojena je zona duž regionalne dislokacije sa pojavama magmatskih kompleksa, koji mogu da se prate od Crnog Vrha na severu, preko Leca i Novog Brda, Bujanovca do Zletova i Bučima u Makedoniji i dalje do Halkidika u Grčkoj. U istočnom delu SMM izdvojena je metalogenetska zona Besna Kobila - Osogovo - Tasos koja je veoma značajna u pogledu ležišta metaličnih mineralnih sirovina . U njoj se nalazi veći broj magmatskih kompleksa - Surdulički granodioritski masiv i brojne manje mase, proboji i žice, uglavnom, dacita i kvarclatita za koje su genetski i paragenetski vezana značajna orudnjenja Pb, Zn, Mo, Cu, W, Au i drugih elenenata.

Specifično obeležje metalogenije ove provincije su ležišta posredno ili neposredno vezana za vulkano-intruzivne komplekse oligo-miocenske starosti, kao i ležišta nastala u neogenim basenima u vezi sa vulkanskom aktivnošću (subjezerski i submarinski) i lokalnim pojavama hidrotermalnih eshalacija. Pored njih, poznata su i ležišta vezana za lateritske kore raspadanja i njihove produkte na peridotitima odnosno serpentinitima (Ni, Fe, Fe-Ni), kao i laporovitim sedimentima (boksiti), (Janković, 1990; Jelenković, 1999)

U okviru Vardarske zone izdvojeno je više metalogenetskih jedinica od kojih su najznačajnije **Podrinjska, Šumadijska i Kopaonička metalogenetska zona**, sa ekonomski značajnim ležištima olova, cinka i antimona, podređeno gvožđa, molibdena, žive i drugih elemenata (Janković, 1990, 1974, 1967; Jelenković, 1999).



Sl. 14. *Regionalni položaj Srpsko-makedonske metalogenetske provincije i metalogenetskih zona Lece-Halkidik i Besna Kobila-Osogovo Tasos*

1. Tercijarni vulkaniti, 2. Tercijarni intruzivi i efuzivi, 3. Granitoidi, 4. Zona Lece-Halkidik i Besna Kobila-Osogovo-Tasos, 5. Granica geotektonskih jedinica, 6. Granice provincija, 7. Vardarska zona, 8. Srpsko-makedonska masa, 9. Rodopska masa, 10. Karpato-Balkanidi

Fig. 14. *Regional position of Serbian-Macedonian metallogenetic province and Lece-Halkidiki and Besna Kobila-Osogovo-Tasos metallogenetic zones.*

1. Tertiary volcanic rocks, 2. Tertiary intrusive and effusive rocks, 3. Granitic rocks, 4. Lece-Halkidiki and Besna kobila-Osogovo-Tasos zone, 5. Boundaries of geotectonic units, 6. Boundaries of provinces, 7. Vardar zone, 8. Serbian-Macedonian mass, 9. Rhodopean mass, 10. Carpatho-Balkanides.

SRPSKO - MAKEDONSKA MASA

Srpsko-makedonska masa (SMM) predstavlja značajnu geotektonsku jedinicu u građi Balkanskog poluostrva, smeštenu između Karpato-Balkanida na istoku i Vardarske zone na zapadu. Opšta orijentacija ovog kristalastog jezgra je SSZ-JJI, koji se na severu proteže do Beograda (dalje maskirana panonskim sedimentima), a na jugu preko Makedonije kontinuirano se produžava u Severnu Grčku do Halkidika gde tone u Egejsko more (sl. 14, 15)

Osnovno obeležje SMM ogleda se u kristalastoj građi, gde su zastupljene prekambrijske, rifeokambrijske i paleozojske metamorfne stene. Prema dosadašnjem poznavanju u SMM mogu da se izdvoje dva metamorfna kompleksa: donji i gornji, koji se razlikuju ne samo u litološkom sastavu, već i prema vremenu stvaranja i stepenu metamorfizma, kao i u pogledu metalogenetske osobenosti (Dimitrijević, 1959). Poslednjih godina ima više oprečnih mišljenja o podeli Srpsko-makedoinske mase (Popović, 1991), pa čak i o njenom samom postojanju (Grubić i dr., 1999).

Donji kompleks je daleko više zastupljen. Sastoji se od stena čiji stepen metamorfizma odgovara amfibolitskim facijama: dvoliskunski gnajsevi, mikašisti, kvarciti, mermeri i migmatiti. U okviru ovog kompleksa značajno je pomenuti pojavu, i to pretežno u okviru gnajseva, granitskih tela, koja na pojedinim mestima prelaze u granit - gnajseve i gnajseve. Ležišta metaličnih mineralnih sirovina u ovim tvorevinama su retka. Na prostoru između Prokuplja na severu i Bujanovca na jugu postoji više ležišta i pojava gvožđa, uglavnom vezanih za amfibolite. Posebno u prostoru između Prokuplja i Bujanovca, a u vezi sa hercinskim granitima nalaze se brojna ležišta pegmatita (Bujanovac, Pasjača, Vidojevica i dr.). Sa hercinskim granitima su u vezi i manje pojave urana (Slatinska reka). Treba pomenuti i kvarcne mase Crnog Vrha u kristalastim škriljcima koje su ekonomski veoma interesantne i manje grafitske žice na Pasjači (Janković,1990; Arsenijević, 1953).

Gornji ili Vlasinski kompleks leži transgresivno preko donjeg kompleksa. U njegov sastav ulaze stene metamorfisane do facije zelenih škriljaca, lokalno i do amfibolitske facije. To su u suštini hloritski, hloritsko-amfibolski, hloritsko-epidotski, abfibol-hlorit-aktinolitski, hloritsko-sericitski, muskovitski, muskovit-hloritski i kvarcni škriljci, kvarciti i dr.

U metalogenetskom smislu, gornji kompleks SMM je do sada veoma malo proučavan pogotovu u pogledu potencijalnosti dubljih delova ovih sredina. Prema dosadašnjim istraživanjima u gornjem kompleksu SMM u domenu Moravske zone koja se prostire duž zapadnog oboda Karpato-Balkanida, od Dunava na severu do Bukovika i Rožnja na jugu, poznato je više pojava bakra i zlata, kao i masivnih pirita u tesnoj vezi sa bazičnim vulkanogeno-sedimentnim kompleksima (Janković, 1990; Bukvić & Milošaković, 1987). Južnije od ovog

prostora u domenu Vlasinskog kompleksa poznata su ležišta i pojave fosforita i grafita na području Lisine, odnosno Donje Ljubate, magnetitske mineralizacije Crne Trave i retke pojave hroma, titana i nikla u ultramafitskim kompleksima Vlasine (Janković,1990; Vujanović i dr., 1980; Simić, 2001).

Pored metamorfita u građi SMM učestvuju još i različiti tipovi sedimentnih i magmatskih stena. Najstarije sedimentne stene su ordovicijske (Pavlović, 1962), zatim krečnjaci permo-trijaske i trijaske starosti, plitkovodni senonski sedimenti, paleogene serije Poljanice i Pčinje i neogeni sedimenti tektonskih potolina i rovova. Kiseli plutoni su brojni i raznovrsni po starosti. Najsteriji, utvrđeni su granitoidi Vlajne, zatim graniti Božice, Bosiljgrada, Doganice, Bujanovca i dr.

Posebno značajni, sa aspekta metalogenije su **tercijarni vulkano-intruzivni kompleksi**, koji su produkt neogenih tektono-magmatskih procesa. Oni su generalno raspoređeni u dve zone, zapadna zona – Lece-Novo Brdo-Bujanovac-Zletovo-Halkidik, i istočna zona Ruplje-Mačkatica-Besna Kobila-Osogovo-Seres-Tasos, gde tone u Egejsko more. Zajednička karakteristika endogenih mineralizacija u domenu SMM je da su nastala iz hidrotermalnih rastvora uglavnom u subvulkanskim nivoima, zatim da su prostorno vezane za hidrotermalno izmenjene stene, kao i da je položaj rudnih tela kontrolisan strukturama razlamanja. Asocijacije rudnih elemenata u većini slučajeva obuhvataju Pb, Zn, Mo, Sb, W, delom bakar i druge elemente.

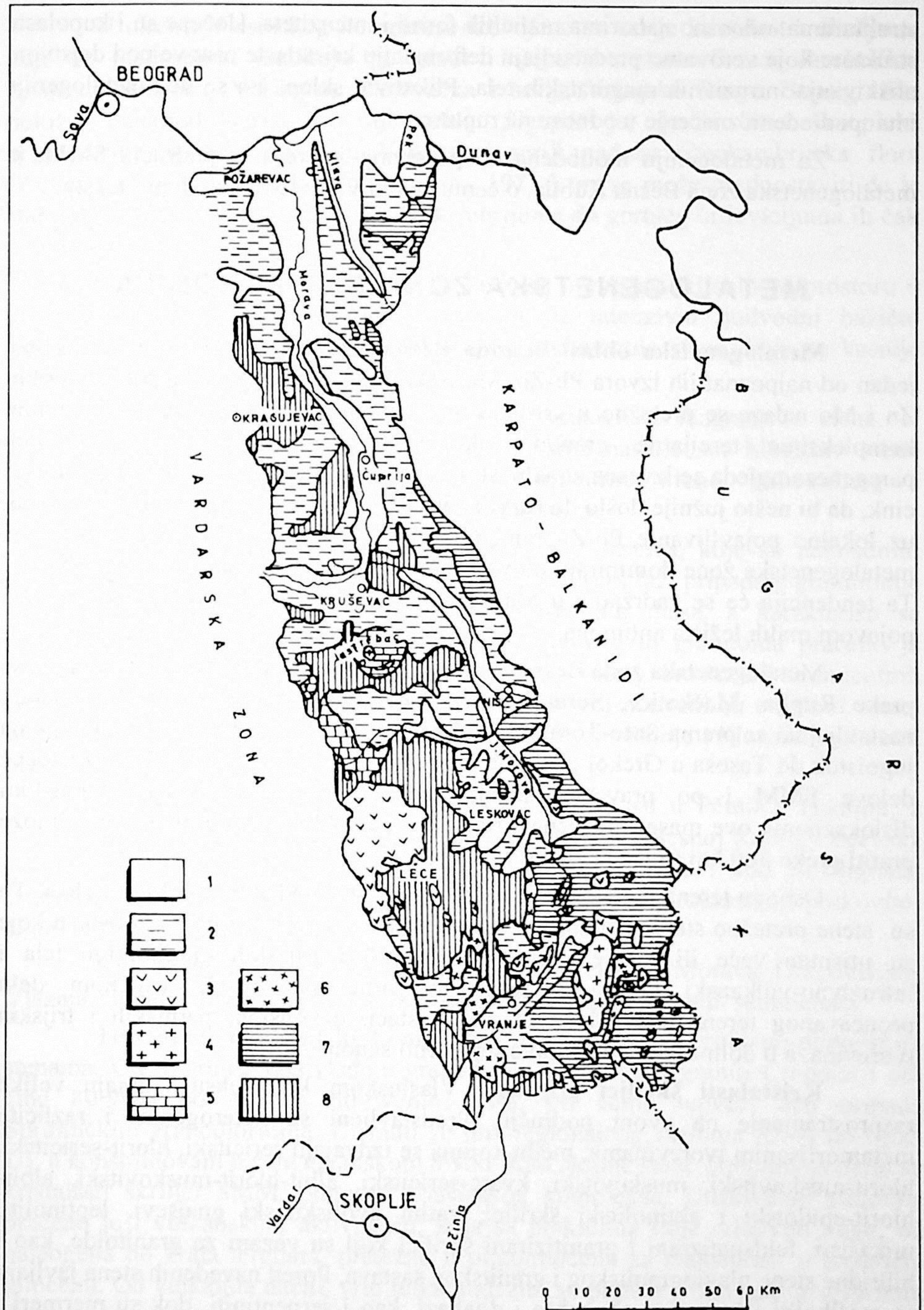
Prostorno razmeštanje pojedinih magmatskih kompleksa nesumnjivo je kontrolisano od pojedinih regionalnih razlomnih struktura, odnosno dubinskih razloma. Pored dubinskih razloma u Srpsko-makedonskoj masi su prisutne i strukture vulkanskih aparata (radijalno-koncentrične strukture), povezane sa utiskivanjem pojedinih magmatskih kompleksa (Lecki andezitski masiv). Takav strukturni sklop je od posebnog značaja za pojedina hidrotermalna ležišta raspoređenih po pružanju dislokacionih zona.

***Sl. 15**. Rasprostranjenje Srpsko-makedonske mase u Srbiji*

1. Kvartarne aluvijalne površi, 2. Tercijarni klastiti, gline i dr., 3. Tercijarni vulkaniti (daciti, kvarclatiti i piroklastiti), 4. Mlađi granitoidi (Tercijar), 5. Kredni fliš i srodni karbonatni sedimenti, 6. Stariji granitoidi (Paleozoik), 7. Gornji matamorfni kompleks, 8. Donji metamorfni kompleks.

***Fig. 15**. Distribution of Serbian-Macedonian mass in Serbia.*

1. Quarternary alluvial flats, 2. Tertiary clastic rocks, clays and other, 3. Tertiary volcanic rocks (dacites, quartzlatites and pyroclastics), 4. Younger granitic rocks (Tertiary), 5. Creatceous flysch and related calcareous deposits, 6. Older granitic rocks (Palaeozoic), 7. Upper Metamorphic complex, 8. Lower Metamorphic complex,



Treba još istaći da pored rupturne tektonike, široko rasprostranjenje imaju plikativne strukture, koje su pretežno predstavljene sa antiformnim i sinformnim

strukturama, odnosno naborima različitih formi i intenziteta. Uočene su i kupolaste strukture koje verovatno predstavljaju deformaciju kristalaste osnove pod dejstvom utiskivanja intruzivnih magmatskih tela. Plikativni sklop, što se tiče metalogenije ima podređeno značenje u odnosu na rupture.

Za metalogeniju molibdena od posebnog interesa, u području SMM, je metalogenetska zona Besna Kobila, o čemu će biti više reči u narednom tekstu.

METALOGENETSKA ZONA BESNA KOBILA

Metalogenetska oblast ili zona Besna Kobila predstavlja, potencijalno, jedan od najpoznatijih izvora Pb-Zn, Mo ruda u Srbiji. Prostorno rudna ležišta Pb-Zn i Mo nalaze se pretežno u kristalastim škriljcima, ali i u vulkano-intruzivnim kompleksima tercijarne granodioritske magme. U razmeštaju mineralnih parageneza ogleda se izvesna zonalnost. U severnom delu zone preovlađuje olovo i cink, da bi nešto južnije došlo do razvoja molibdena praćenog volframom i bakrom uz lokalno pojavljivanje Pb-Zn mineralizacije. U središnjim i južnim delovima metalogenetske zone dominiraju olovo i cink, praćeni sa neznatnim udelom bakra. Ta tendencija će se zadržati i u Makedoniji sa lokalnim obogaćivanjem srebra i pojavom malih ležišta antimona.

Metalogenetska zona Besne Kobile počinje jugoistočno od Leskovca, pa se preko Ruplja, Mačkatice, Surdulice i Besne Kobile pruža prema Karamanici, nastavljajući se prema Sase-Toranici i Pehčevu (Osogovo) u Makedoniju i dalje na jugoistok do Tasosa u Grčkoj gde tone u Egejsko more. Zauzima središne i istočne delove SMM i po pravcu pružanja saglasna je sa graničnim dubinskim dislokacijama ove mase. Prosečna širina iznosi 15-20 km, a po pružanju se može pratiti preko 300 km (S i m i ć, 2001).

Osnovu terena metalogenetske zone čine stene **Vlasinskog kompleksa**. To su stene pretežno staropaleozojske, a manjim delom proterozojske starosti u koje su utisnute veće ili manje mase paleozojskih i trijaskih granitoidnih tela i intruzivno-vulkanski kompleks stena tercijarne starosti. U istočnom delu proučavanog terena očuvani su erozioni ostaci, devonskih, permskih i trijskih tvorevina, a u dolini Pčinje i Morave sedimenti senona, sl. 16.

Kristalasti škriljci pripadaju Vlasinskom kompleksu i imaju veliko rasprostranjenje na ovom području. Predstavljeni su heterogenim i različito metamorfisanim tvorevinama, među kojima se izdvajaju sericitski, hlorit-sericitski, hlorit-muskovitski, muskovitski, kvarc-sericitski, albit-hlorit-muskovitski, albit-hlorit-epidotski i aktinolitski škriljci, zatim dvoliskunski gnajsevi, leptinoliti, mikašisti, feldspatizrani i granitizirani škriljci koji su vezani za granitoide, kao i hibridne stene plagiogranitskog i granitskog sastava. Pored navedenih stena javljaju se amfiboliti (Karamanica), gabro i dijabazi, kao i serpentiniti, dok su mermeri i kvarciti otkriveni u vidu proslojaka i sočiva. Najveći deo metamorfita nastao je polimorfnim metamorfizmom marinskih, pelitskih do alevritskih sedimenata, tufoznih sedimenata i submarinskih vulkanita bazičnog sastava.

U okviru Vlasinskog kompleksa izdvojene su serije kristalastih škriljaca, koje se međusobno razlikuju po građi i stepenu metamorfizma: Jarešnička, Lisinska, Božička, Vlasinska, Stajevačka i serija Vranjske Banje. Stratigrafski položaj pojedinih serija još nije rešen. Sigurno je, da je čitav kompleks predevonske starosti, jer je u Vlasinskoj seriji nađena rifeokambrijska flora (Petrović i dr., 1973; Babović i dr., 1977), pa se može predpostaviti da je starost Vlasinskog kompleksa, od rifeokambrijuma do gornjeg ordovicijuma ili čak silura.

Stene Vlasinskog kompleksa taložene su u eugeosinklinalnom prostoru u kome su se deponovali klastični sedimenti uz intenzivni podvodni bazični vulkanizam. To su sedimentne i vulkanogeno-sedimentne stene, koje su kasnije metamorfisane do facije zelenih škriljaca.

U kristalastim škriljcima utisnute su raznovrsne magmatske stene. U zavisnosti od nivoa stvaranja i tektonskog režima nastale su: **hibridne stene granitskog i plagiogranitskog sastava, hibridne stene gabroidnog i amfibolitskog sastava, granitoidi Božice i Doganice.**

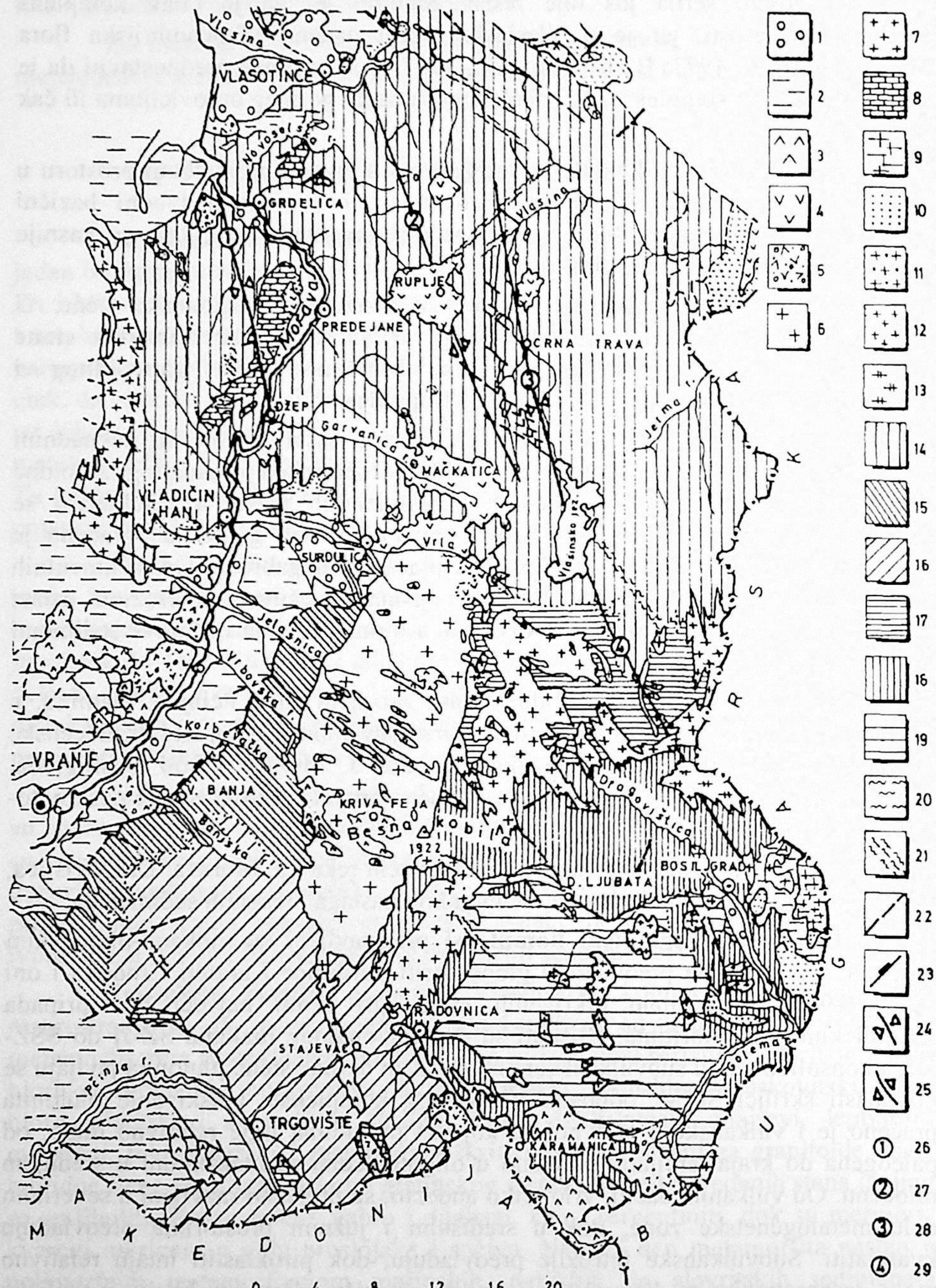
Najstarijoj fazi pripadaju stene gabroidnog sastava, koje su naknadnim promenama poprimile karakteristike amfibolita. Sledećoj fazi pripadaju granitoidne stene koje se javljaju u vidu manjih konkordantnih masa, a karakterišu se postepenim prelazima u kristalste šriljce. Stvaranje ovih granitoida praćeno je intenzivnom feldsptizacijom kristalastih škriljaca i metagabrova. Od sedimentnih stena u istočnom delu Surduličkog eruptivnog masiva očuvani su erozioni ostaci **devonskih, permskih i trijaskih tvorevina**, a u dolini Pčinje i Morave sedimenti senona i kenozoika.

Paleogeni sedimenti u vidu molasa razvijeni su u Pčinji i Tlaminu, a paleogeni efuzivi širom područja Surlice, Karamanice i na Besnoj Kobili. Eocenske su starosti. Neogeni sedimenti razvijeni su duž J. Morave i kod Bosiljgrada. Izgrađeni su od konglomerata, peščara, glinaca, laporaca, piroklastita i peskovito-šljunkovitog materijala

Kvartarne tvorevine se javljaju duž većih reka (J. Morava, Dragovištica, Vlasina) u vidu aluvijalnih nanosa, deluvijalnih naslaga i terasnih sedimenata.

Tercijarni magmatski kompleksi predstavljeni su vulkano-plutonskim stenama. Od plutonita preovlađuju granodioriti Surdulice i graniti Crnooka i oni čine 80-90% od ukupno otkrivenih masa, pri čemu najveći deo pripada Surduličkim granodioritima. Utisnuti su duž regionalnog razloma SZ-JI do SSZ-JJI, a konsolidovani u subvulkanskom nivou. Kao okolne stene plutonita javljaju se kristalasti škriljci SMM, odnosno Vlasinskog kompleksa. Utiskivanje plutonita praćeno je i vulkanskom aktivnošću, koja sa prekidima traje relativno dugo, od paleogena do kraja tercijara, pretežno u oligomiocenu sa maksimum u srednjem miocenu. Od vulkanita daciti, vrlo retko andeziti, su pretežno razvijeni u severnom delu metalogenetske zone, dok u središnim i južnim prostorima preovlađuju kvarclatiti. Subvulkanske intruzije preovlađuju, dok piroklastiti imaju relativno malo rasprostranjenje. Kvarclatiti i daciti na više mesta probijaju surduličke granodiorite. Za razliku od većine drugih delova Srbije u zoni Besne Kobile,

granitoidni kompleksi su stariji od vulkanita. U metalogenetskom i ekonomskom pogledu magmatski kompleksi zone Besna Kobila su veoma značajni, zbog velikih olovo-cinkovih ležišta i molibdenskih mineralizacija.



***Sl. 16**. Pregledna geološka karta JI Srbije.*

1. Kvartarne tvorevine, 2. Miocensko-pliocenski sedimenti, 3. Kvarclatiti i latiti, 4. Daciti i andezit, 5. Piroklastiti, 6. Granodioriti Surdulice, 7. Graniti Crnooka, 8. Kredni sedimenti, 9. Trijaski sedimenti, 10. Devonski sedimenti, 11. Granitoidi Doganice, 12. Granitoidi Božice, 13. Gabrovi, 14. Vlasinska serija, 15. Serija Vranjske Banje, 16. Stajevačka serija, 17. Božička serija, 18. Lisinska serija, 19. Jarešnička serija, 20. Serija Široke Planine, 21. Rasedna zona, 22. Rased bez oznaka karaktera, 23. Relativno spušten blok, 24. Osa sinklinale, 25. Osa antiklinale, 26. Južnomoravski sinklinorijum, 27. Čemernički antiklinorijum, 28. Vlasinska sinklinala, 29. Božička sinklinala.

***Fig. 16.** Geological sketch map of SE Serbia.*

1. Quaternary deposits, 2. Miocene-Pliocene sediments, 3. Quartzlatites and latites, 4. Dacites and andezites, 5. Pyroclastics, 6. Surdulica granodiorites, 7. Crnook granites, 8. Creatceous deposits, 9. Triassic deposits, 10. Devonian deposits, 11. Doganica granitic rocks, 12. Božica granitic rocks, 13. Gabbros, 14. Vlasina series, 15. Vranjska banja series, 16. Stajevac series, 17. Božica series, 18. Lisina series, 19. Jarešnica series, 20. Široka planina series, 21. Fault zone, 22. Undefined fault, 23. Relatively downthrown block, 24. Syncline axis, 25. Anticline axis, 26. Južna Morava synclinorium, 27. Čemernik anticlinorium, 28. Vlasina syncline, 29. Božica syncline.

Stvaranje i prostorni razmeštaj rudnih ležišta u metalogenetskoj zoni Besna Kobila, su u osnovi kontrolisani subvulkanskim intruzijama i hidrotermalnom aktivnošću koja je pratila njihovu evoluciju, zatim strukturama razlamanja u kojima dominantno mesto imaju razlomi SZ-JI, SSZ-JJI do I-Z, duž kojih su stvorene sredine povišene propustljivosti, kao i litološkim karakteristikama sredine u kojoj je došlo do stvaranja ležišta, posebo, u procesima metasomatskog zamenjivanja.

Magmatski kompleksi na prostoru metalogenetske zone Besna Kobila bliže su proučavani pri izradi OGK listova Trgovište sa Radomirom (Babović i dr., 1977), Vlasotince (Petrović i dr., 1973), Vranje (Vukanović i dr., 1977) i u radovima Ilića, (1954); Milovanovića & Ilić a (1953/1954); Ćebić Vere, 1981,1990; Pavlovića, 1957; Vasković Nade, 1998 i Simića (1993,1997, 2001, 2002, 2002a).

Tercijarne plutonske stene predstavljene su **Surduličkim granodioritima i granitima Crnooka.**

Surdulički granodioritski masiv ima izdužen oblik u pravcu S-J i predstavlja jednu od većih masa u Srbiji. Površina masiva je oko 220 km^2, širina je oko 11, a dužina približno 25 km. Ovaj masiv, koji je duboko erodovan, zahvata prostor od Surdulice na severu do Petrove Gore na jugu, stim što se i na severu i na jugu plutona zapažaju porfirski očvrsli varijateti koji su severno od Vrle i oko Mačkatice, Ruplja, Broda i Bistrice svrstani u dacite, a na jugu masiva oko Novog Gloga i Stajevca u kvarclatite i dacite

Surdulički masiv je utisnut tokom alpskog ciklusa diskordantno u kristalaste škriljce gornjeg kompleksa SMM na kojima je izazvao kontaktno-metamorfne i metasomatske promene koje su praćene pojavom andaluzita, granata

i povećanom količinom biotita u okolnim stenama. Granodioritske stene u istočnim i zapadnim obodnim delovima masiva imaju škriljavu teksturu, dok su u južnim i severnim delovima porfirski očvrsli.

Utiskivanje granodioritske magme izvršeno je u već formirane strukture i to u dve faze: a) starijoj glavnoj (granodioriti i monconitgraniti) i b) mlađoj intruzivnoj fazi (monconitski mikrograniti sa biotitom, granodioritporfiriti, kvarcdioritporfiriti).

Surdulički granodioritski masiv ne predstavlja homogenu stensku masu. Pretežno je izgrađen od srednjozrnih do krupnozrnih granodiorita i monconitgranita koji čine osnovu masiva i predstavljaju glavnu intruzivnu faciju granodioritske magme. Prelazi između granodiorita i monconitgranita su vrlo česti i redovno markirani pojavama kvarcmonconitskih tipova, a zapaženi su prelazi ka kvarcdioritskim tipovima. Obod masiva grade biotitsko-amfibolski sitnozrni granodioriti, dok se u centralnom delu masiva zapažaju porfiroidni i krupnozrni biotitski monconitgraniti (Ćebić, 1990; Simić, 2001). Stene glavne magmatske facije su ispresecane žicama granodioritporfirita, kvarcdioritporfirita i monconitskih mikrogranita sa biotitom koje predstavljaju kasnije produkte magme, odnosno mlađu (žičnu) intruzivnu fazu. Aplitske žice se mestimično zapažaaju, dok pegmatiti nisu konstatovani.

Masiv je takođe isprobijan brojnim žicama ili manjim masama dacita, kvarclatita i latita koji su očvrsli u subvulkanskim do hipoabisalnim uslovima. Ove stene su utiskivane kada je pluton bio ohlađen i verovatno vode poreklo iz istog magmatskog ognjišta koje je naknado obnovljeno. Prema modalnom sastavu u granodioritima dominiraju plagioklasi (44.5%), kvarc (26.5%), K-feldspat (18.3%), biotit (6.1%) i nešto amfibola (1.9%). Svi ostali minerali čine 2.7% stenske mase (Simić, 2001). U celini posmatrano magma koja je dala ove stene imala je granodioritski hemizam, a razdvajanje u dva niza (granodiorit-granit) je verovatno posledica diferencijacionih procesa (Ćebić, 1990; Simić, 2001).

Na sl 7, prikazana je klasifikacija plutonita surduličke eruptivne oblasti na osnovu odnosa K_2O/SiO_2, gde se vidi da pripadaju kalko-alkalnim serijama i to uglavnom visoko kalijskim kalko-alkalnim serijama.

Radi potpunijeg razjašnjenja odnosa magmatskih kompleksa prema tektonskoj sredini u kojoj su nastali, kao i stepenu bliskosti, odnosno razlika prema toleitskim članovima, korišćen je dijagram AFM. Ovaj dijagram može biti od posebnog interesa zbog razdvajanja kalko-alkalnih i toleitskih serija, kako onih nastalih u domenu ostrvskih lukova, tako i onih vezanih sa okeanskom korom. Prema trokomponentnom dijagramu AFM za granodiorite Surdulice zapaža se, kao i za druge naše tercijarne magmatske komplekse, njegovo znatno petrohemijsko razlikovanje od toleitskih serija, što u znatnoj meri može da bude i obeležje karakterističnо za obode kontinenata, kao mesta obrazovanja magmatskih kompleksa. Bliži podaci o petrohemijskim karakteristikama ovih stena mogu se naći u radovima Simića (1997, 2001, 2002) i Ćebić Vere, (1990).

Sa stanovišta ocene mineralne potencijalnosti granodiorita Surdulice, na osnovu sadržaja pojedinih rudnih metala, može se reći da sadrže niske

koncentracije, izuzev olova, u odnosu na klark u odgovarajućim stenama zemljine kore (Vinogradov 1962). Sadržaj olova varira od 10-300, srednje 46 ppm, što je dva i više puta veće od klarka za kisele magmatske stene (21 ppm). Sadržaj bakra, srednje 11 ppm i molibdena, srednje 0.6 ppm, znatno je niži od klarka (20, odnosno 1 ppm). Srebro sa srednjim sadržajem 0.06 ppm odgovaralo bi klarku kiselih magmatskih stena 0.05 ppm (Simić, 2001). Bez obzira na povećan sadržaj urana 7-10 ppm, kao i rastvornog urana, do sada nisu identifikovana ležišta na ovom prostoru (Janković, 1990; Omaljev, 1994, 1995). Prema Simić u (2001), a na osnovu dijagrama K_2O/Rb magmati Surdulice se grupišu u polje nespecijalizovanih na Sn i U. Duboka erodovanost granodiorita Surdulice, kao i sastav okolnih škriljaca, izuzev karbonatnih sredina, su nepovoljan kriterijum, odnosno nepovoljna litološka sredina za metasomatske procese i stvaranje povišene propustljivosti za hidrotermalne rastvore.

Graniti Crnooka su otkriveni u vidu većih nepravilnih masa ili manjih žica u liskunskim parastenama jarešničke serije i zahvataju površinu od 10-15 km^2. Prostiru se jugozapadno od Bosiljgrada u domenu planine Crnook (1881 m) po čemu su i dobili ime.

Granitoidi Crnokoa su srednjozrne do sitnozrne, ređe krupnozrne stene. Ponekad imaju porfiroidni izgled koji je uslovljen pojavom krajnje neravnomerno raspoređenih i dosta retkih kristala ortoklasa. Obodom većih masa ove stene su uškriljene sa jasno izraženom folijacijom, dok su pojave kataklaziranja, odnosno kataklastičnih struktura vrlo retko zapažaju. To su, uglavnom, sveže stene, a slabe ili delimične hidrotermalne izmene u vidu argilitizacije i silifikacije su sasvim retke i prate tektonski poremećene zone.

Prema mineralnom sastavu granitoidi Crnooka odgovaraju biotitskim monconit granitima. Prema modalnom sastavu zapaža se, relativno, velika varijabilnost kvarca (24.5-42.3%) i K-feldspata (6.3-20.2%), dok su sadržaji plagioklasa (38.2-50.8%) i biotita (7.2-13.1%) nešto uravnoteženiji (Simić & Ćebić, 2002; Simić, 2001)

Prema petrohemijskom sastavu odgovaraju kiselim magmatskim stenama, a prema odnosu K_2O/SiO_2 visoko kalijskoj kalko-alkalnoj do šošonitskoj seriji, dok prema dijagramu AFM, koji odražava odnos kalko-alkalne i toleitske serije, takođe pripadaju kalko-alkalnoj seriji, sl. 9.

U pogledu mineralne potencijalnosti sadržaj većine makro i mikro elemenata u granitima Crnooka ima širok interval varijacije. Prosečni sadržaji elemenata u ovim stenama, u upoređenju sa klarkom (Vinogradov, 1962), su vrlo niski. Ako izuzmemo Pb (15 ppm) i Th (18 ppm), gde je sadržaj jednak klarku za intermedijarne stene (Pb=15 ppm), odnosno kisele magmatske stene (Th=18 ppm), kao i Li (48 ppm) i Rb (228 ppm), gde je sadržaj u granitima Crnooka nešto viši od klarka za kisele magmatske stene (Li=40, Rb=200 ppm), svi ostali elementi su zastupljeni sa sadržajima koji su više puta niži od klarka. Neki elementi nisu uopšte registrovani Mo, Ag, Zn, a neki samo u tragovima (Cu=3 ppm, Sr=2 ppm), Simić (2001, 2002); Simić & Ćebić (2002).

Treba istaći, da su prosečni sadržaji elemenata u granitoidima Crnooka znatno niži od sadržaja istih elemenata u granodioritima Surdulice. Povišen sadržaj Rb, delom i Li, kao i izrazito niski sadržaji Sr, Ba, Zr i nizak odnos K/Rb svrstava ove stene u familiju subalkalnih granita (V u k o v , 1998), što ukazuje na njihovo kasno magmatsko izdvajanje (S i m i ć & Ć e b i ć ,2002).

Graniti Crnooka su jedna od retkih granitskih masa u Srbiji koja je slabo erodovana, što je u pogledu mineralne potencijalnosti povoljan kriterijum.

Daciti u području surduličke eruptivne oblasti javljaju se kao veća masivna tela (Bistrica, Brod, Ruplje, Momin kamen, Mačkatica, reka Vrla) ili u vidu manjih, mestimično, rojevitih proboja i dajkova pravca pružanja SZ-JI do I-Z u kristalastim škriljcima i granodioritima. U većini dacitskih masa se zapažaju uklopci stena kroz koje su prolazili dacitski rastopi, i to su najčešće fragmenti škriljaca.

Daciti su stene sive do tamnosive boje, svežeg izgleda ili su pak intenzivno hidrotermalno izmenjeni, obezbojeni i u manjoj ili većoj meri mineralizovani (Mačkatica).

Struktura ovih stena je najčešće holokristalasto porfirska, dok su hipokristalasti varijateti sasvim retki. Daciti su, najverovatnije očvrsli u subvulkanskim nivoima. Mineralni sastav dacita je vrlo ujednačen, što ukazuje da svi daciti, bez obzira na način pojavljivanja, pripadaju istoj vulkanskoj fazi. Prema modalnom sastavu izgrađeni su od plagioklasa (23.8-50.7%, srednje 34.3%), kvarca (2.7-17.5, srednje 8.9%), biotita (0.6-7.0, srednje 3.9%), amfibola (1.5-7.2, srednje 2.2%), metaličnih minerala (0.4-3.5, srednje 1.7%), a na akcesorne minerale otpada manje od 1%. Osnovna masa stene koja je mikrokristalasta do mikrozrnasta čini od 24.6-76.7, srednje 47.1% zapremine stene (S i m i ć , 2001).

Prema odnosu K_2O/SiO_2, kao i dijagramu AFM (sl. 9) koji odražava odnos udela stena kalko-alkalne i toleitske serije, daciti surduličkog eruptivnog masiva se pretežno grupišu u područje kalko-alkalne serije.

Prema geohemijskom sastavu daciti Surdullice pokazuju povišen sadržaj olova (srednje 19 ppm) i molibdena (1.3 ppm), što je u odnosu na klark za intermedijarne stene (15, odnosno 1 ppm) izvesno obogaćenje. Bakar je zastupljen sa prosečno 11 ppm, što je znatno niže od klarka za intermedijarne stene (35 ppm).

Među dacitskim masama u području Surduličkog eruptivnog masiva, odnosno Besne Kobile, su posebno značajni daciti Mačkatice, jer je sa njima vezano i stvaranje ležišta molibdena koje je siromašno po sadržaju, ali veliko po razmerama. Pošto će ovo ležište u narednom tekstu biti detaljno prikazano, o dacitima Mačkatice biće više reči u narednom tekstu.

Andeziti imaju, relativno, malo rasprostranjenje i metalogenetski značaj. Javljaju se u manjim masama, zapadno i severno od surduličkog granodiorita, kadkad u tesnoj vezi sa dacitima (dacito-andeziti). Mineralna potencijalnost subvulkanski konsolidovanih andezita je nedovoljno proučena i verovatno mala, odnosno vezana sa dacitskim kompleksima.

Kvarclatiti zajedno sa latitima, predstavljaju najmlađe tvorevine tercijarnog magmatizma u zoni Besna Kobila. Rasprostranjeni su na celom

prostoru, ali su znatno učestaliji i zahvataju veću površinu u centralnim (Kriva Feja) i južnim, odnosno jugoistočnim delovima zone (Radovnica, Prolesje, Karamanica), dok su na severu znatno ređi ili potpuno izostaju severno od reke Vrle. Kvarclatiti takođe zahvataju veće prostranstvo severno od Vranja u predelu Grota i Oblika. Treba napomenuti da se ove stene javljaju i izvan južne granice ispitivanog terena, na područje Makedonije (Sase-Toranica). S obzirom da su kristalisali u subvulkanskim ili hipoabisalnim uslovima retko su praćeni piroklastitima.

Kvarclatiti su stene svetlo-sive do sivozelenkaste boje, mestimično hidrotermalno izmenjene i na površini raspadnute, grusificirane. Struktura kvarclatita je holokristalasto porfirska sa potpuno iskristalisalom osnovnom masom, koja može biti mikrozrnasta, neravnomerno sitnozrna, ponekad mikrogranofirska ili pseudosferolitska. Staklasti varijateti nisu zapaženi.

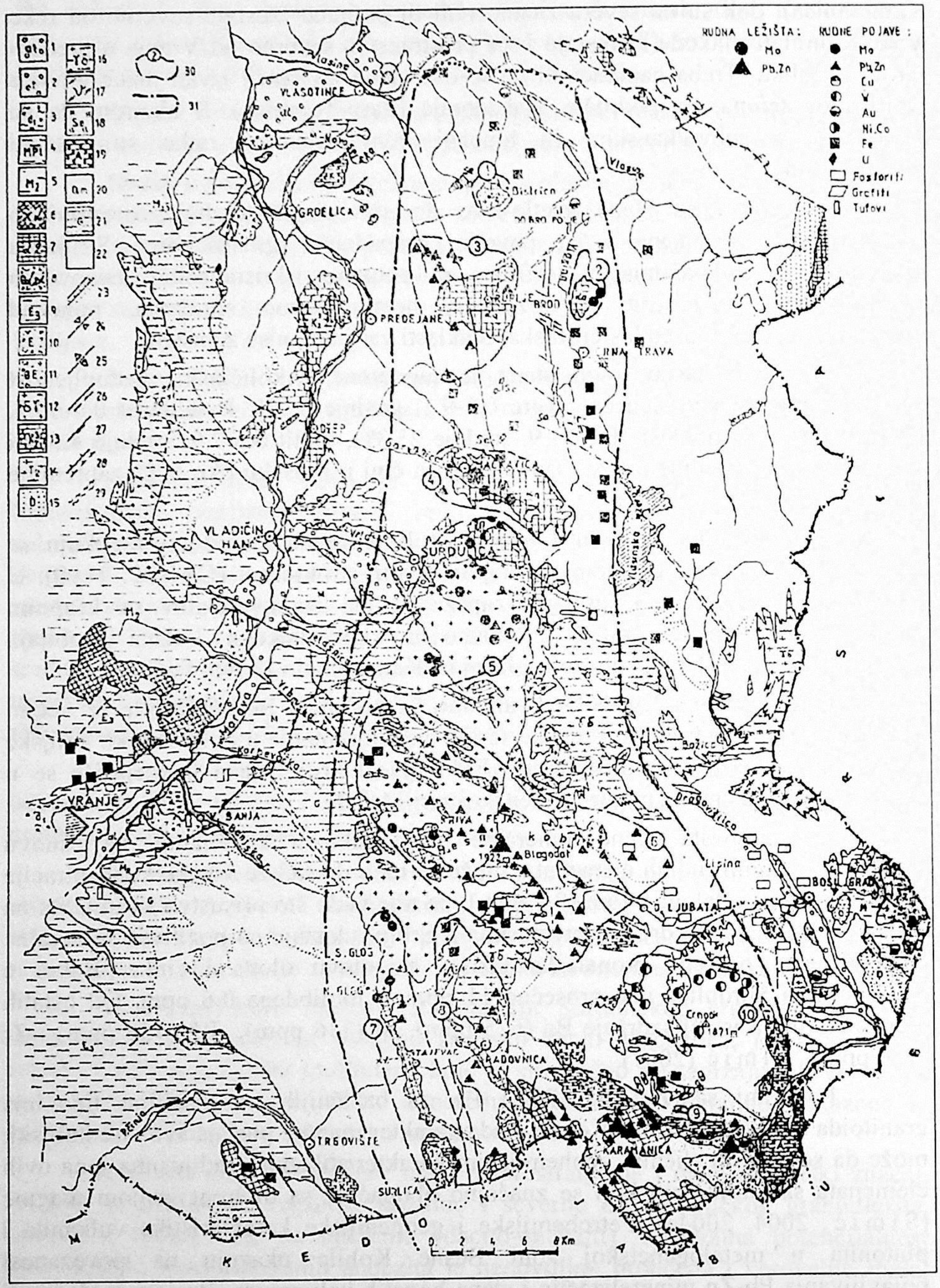
Mineralni sastav ovih stena je monoton, a količinska zastupljenost pojedinih minerala je sledeća: kvarc 0.5-9.1, srednje 3.7%, K-feldspat 0.4-30.7, srednje 4.0%, plagioklasi 10.1-31.9, srednje 23.3%, biotit 0.5-7.9, srednje 4.5% i amfibol 0.4-9.2, srednje 3.6%. Osnovna masa čini u proseku oko 57% zapremine stene.

U odnosu na veličinu i učestalost K-feldspata (sanidina) razlikuju se kvarclatiti sa krupnoporfirskom i sitnoporfirskom strukturom (Ćebić, 1990). U predelu gde se zajedno javljaju, zapaža se da su kvarclatiti sa krupnim fenokristalima sanidina mlađi i obično u vidu dajkova i žica probijaju sitnoporfirske kvarclatite, kao što je slučaj na Karamanici i Krivoj Feji.

Prema odnosu K_2O/SiO_2 kvarclatiti sa područja Besne Kobile se većim delom grupišu u područje šošonitske serije, a znatno manje u polje visoko kalijske kalko-alkalne serije. Na dijagramu AFM najveći broj tačaka koncentriše se u kalko-alkalnoj, a znatno manje u toleitskoj seriji (sl. 9).

Sa stanovišta ocene mineralne potencijalnosti kvarclatita, na osnovu sadržaja pojedinih rudnih elemenata, može se reći, da sadrže visoke koncentracije olova (57 ppm) i delom srebra (0.3 ppm), pa nije čudo što prisustvo kvarclatita na ovom prostoru, a i na drugim prostorima u Srbiji, ukazuje na pozitivne mineralne kriterijume u pogledu pronalaska ležišta, pogotovu olova i cinka. Bakra u kvarclatitima Surdulice ima prosečno 11 ppm, a molibdena 0.6 ppm. Od ostalih elemenata treba istaći sadržaje Ba (625 ppm), Sr (336 ppm), Rb (158 ppm) i Zr (121 ppm), Simić (2001).

Povećani sadržaji Ba, Rb i Pb od bazičnijih ka kiselijim tipovima granitoida i vulkanita Besne Kobile, kada karakter magme postaje sve više kalijski, može da se objasni sličnim geohemijskim karakteristikama i radijusima jona ovih elemenata sa kalijumom koji se značajno obogaćuje sa diferencijacijom magme (Simić, 2004, 2004a). Petrohemijske i geohemijske karakteristike vulkanita i plutonita u metalogenetskoj zoni Besne Kobile ukazuju na povezanost pojavljivanja Pb-Zn mineralizacija i stena bogatih kalijumom, što je u saglasnosti sa proučavanjima Karamate (1974); Maksimovića i dr., (1978) i Dangića i dr., (1986) sličnih fenomena na teritoriji Srbije.


RUDNA LEŽIŠTA:
Mo
Pb,Zn
RUDNE POJAVE:
Mo
Pb,Zn
Cu
W
Au
Ni,Co
Fe
U
Fosforiti
Grafiti
Tufovi
VLASOTINCE
GROEJICA
PREDEJANE
DEP
VLADIČIN HAN
SURDULICA
VRANJE
LESKOVAC
TRGOVIŠTE
SURLICA
Blagodat
Crnook
1871 m
KARAMANICA
TRAVA
BOSILEGRAD
LJUBATA
Lisina
Božica
Dragovištica
Vlasina
Jablanica
Morava
Pčinja
S. GLOG
M. GLOG
TAJEVAC
RADOVNICA
0 2 4 6 8 Km
M A K E D O N I J A
S R B I J A
B

Sl. 17. *Metalogenetska karta zone Besna Kobila*

1. Aluvijum, 2. Rečne terase i plavine: šljunkovi, peskovi i alevriti, 3. Podgorne delte: šljunkovi aglomerati i alevriti, 4. Miopliocen: šljunkovi, peskovi, gline, tufovi, 5. Srednji miocen: konglomerati, peščari, peskovite gline, bitumijski glinci, laporci, tufovi, ugalj, bentoniti, 6. Kvarclatiti i latititi, 7. Daciti i andeziti, 8. Piroklastiti andezit-dacitskog sastava, 9. Gornji eocen: konglomerati, breče, tufovi, rožnaci, 10. Eocenska vulkanogeno-sedimentna serija: konglomerati, tufovi, tufozni peščari, peščari, 11. Eocenski piroklastiti, tufovi, tufozni peščari, konglomerati, ređe sočiva krečnjaka, 12. Granodioriti Surdulice, graniti Crnooka, 13. Sedimenti krede, 14. Trijaski sedimenti, 14. Sedimenti devona, 16. Graniti Božice, Doganice i Jarešnika, 17. Gabrovi, 18. Serpentiniti, 19. Amfiboliti, 20. Kvarciti, 21. Gnajsevi, gnajmikašisti i mikašisti, 22. Metamorfiti Srpsko-Makedonske mase, 23. Granica normalna, eroziona i predpostavljena. 24. Osa sinklinale, 25. Osa antiklinale, 26. Rased bez oznake karaktera: osmatran i pokriven, 27. Relativno spušten blok, 28. Čelo navlake i kraljušti: utvrđeno i pokriveno, 29. Rasedne xone, 30. Granica rudnog polja, 31. Granica metalogenetske zone.

Fig. 17. *Metalogenic map of the Besna Kobila zones*

1. Alluvium, 2. River Terraces and fluvial fans: gravels, sands, silts, 3. Deltaic fan: gravels, agglomerates, silts, 4. Miopliocene: gravels, sands, clays, tuffs, 5. Middle Miocene: conglomerates, sandstones, sands, clays, bituminous claystones, marlstones, tuffs, coal, bentonites, 6. Quartzlatites and latites, 7. Dacites and andesites, 8. Andesitic-dacitic pyroclastites, 9. Upper Eocene: conglomerates, brecias, tuffs, cherts, 10. Volcanic-sedimentary series: conglomerates, tuffs, tuffaceous sandstones, sandstones, 11. Eocene: pyroclastites, tuffs, tuffaceous sandstones, conglomerates, seldom limstones lenses, 12. Surdulica granodiorites, Crnook granites, 13. Cretaceous sediments, 14. Triassic sediments, 15. Devonian sediments, 16. Božica, Doganica and Jarešnik granites, 17. Gabbros, 18. Serpentinites, 19. Amphibolites, 20. Quartzites, 21 Gneisses, gneiss-micaschists and micaschists, 22. Metamorphites of Serbo-Macedonian mass, 23. Boundary normal, erosional and approximated, 24 Axis of syncline, 25. Axis of anticline, 26. Fault without designation of character: observed and covered, 27. Relatively downthrow block, 28. Head of overthrust and trust-fault: observed and covered, 29. Fault zones, 30. Boundary of the ore field, 31. Boundary of metallogenic zone.

Latiti imaju neznatno pojavljivanje na području Surdulice i predstavljaju najmlađe stene na ispitivanom prostoru jer probijaju i kvarclatite.

Piroklastične stene su znatno manje zastupljene u odnosu na ostale vulkanite. Predstavljeni su vulkanskim brečama, tufovima i tufitima. Javljaju se na većem prostoru u južnom i jugoistočnom delu surduličkog eruptivnog masiva: Surlica, Karamanica, Tlomino, zatim na Besnoj Kobili, Ruplju i na krajnjem severu kod Broda.

Strukturni sklop šireg područja Besne Kobile je vrlo složen, s obzirom da su sve geološke formacije stvarane u različitim uslovima, nejednakog su homogeniteta, pa otuda i njihova specifična strukturna građa. U oblasti razvića kristalastih škriljaca uočene su razlike u strukturnim formama. Izdvojena je istočna i zapadna oblast. Zapadnoj oblasti pripadaju područja duž Južne Morave - serija Vranjske Banje, serija Stajevca koja gradi monoklinalu Koćure i stene Široke planine. Istočnoj oblasti pripada brhiantiklinala Crnooka (izgarđena od kristalastih škriljaca Jarešničke serije) i monoklinala Ljubata-Bosiljgrad (Lisinska serija). Za prelazno područje Karamanice, karakteristične su brojne uzdužne (SZ-JI) i dijagonalne dislokacije (I-Z).

Idući prema severu, od surduličkog eruptivnog masiva, nalazi se prostrano područje Vlasine (Vlasinska serija) sa izrazitim pliktivnim strukturama kao što su: **Južnomoravski sinklinorijum, Čemernički antiklinorijum i Vlasinska sinklinala,** koja se prema jugoistoku nastavlja u Božičku sinklinalu (Petrović i dr., 1973; Babović i dr., 1977).

Od ruptura u proučavanom području razlikuju se tri sistema: prvi sistem je opšte orijentacije SSZ-JJI i generalno se poklapa sa granicom Srpsko-makedonske mase. Ovaj sistem ima karakter dubinskog razloma koji je u toku svoje geološke evolucije više puta reaktiviran i služio je kao dovodni kanal duž koga je dolazilo do utiskivanja magmata i kretanja hidrotermalnih rastvora. Otuda je uloga ovoga sistema višestruko značajna, kako za objašnjenje porekla i uslova formiranja magmatskih kompleksa, tako za vreme stvaranja i prostornog razmeštaja ruda Pb, Zn, Cu, Mo, W i dr., u metalogenetskoj zoni Besna Kobila-Osogovo.

Drugi sistem razlomnih struktura predstavljen je rupturama opšte orijentacije SZ-JI. Za ovu fazu je vezana intenzivna magmatska aktivnost u oligomiocenu, što potvrđuju brojni proboji dacita i kvarclatita, ređe andezita i latita. Duž ovih struktura i njima bliskih ZSZ-IJI do I-Z lokalizovano je i orudnjenje Pb, Zn, Cu, Mo, W i drugih elemenata.

Poslednji najmlađi sistem ruptura, koji je uglavnom konstatovan daljinskom detekcijom ima orijentaciju SI-JZ do ISI-ZJZ (Marković & Komarnicki dr., 1977). Ove rupture predstavljaju mlađe dislokacije čija se aktivnost produžava i u kvartar. Može se takođe uočiti da su neki vulkanski centri (nekovi i kaldere) na preseku starijih (SZ-JI) i mlađih (SI-JZ) ruptura, što ukazuje da je vulkanska aktivnost obnavljana i u najmlađim kinematskim fazama.

Polazeći od kontrolnih faktora, pre svega tercijarnih magmatskih kopleksa, kao elementa strukturno-magmatske kontrole, zatim asocijacije elemenata i minerala, morfogenetskih i genetskih tipova ležišta i rudnih pojava, procesa

stvaranja mineralizacija u prostoru i vremenu, stepena istraženosti i regionalnog poznavanja metalogenetske zone Besna Kobila, kao i geohemijskih i gefizičkih faktora i kriterijuma, ležišta i pojave u metalogenetskoj zoni Besna Kobila, prema Simić u (2001), mogu se grupisati u sledeće metalogenetske jedinice koje imaju karakteristike rudnih polja: 1. Rudno polje Bistrica, 2. Rudno polje Brod, 3. Rudno polje Ruplje, 4, Rudno polje Surdulica - Masurička reka, 5. Rudno polje Mačkatica, 6. Rudno polje Blagodat, 7. Rudno polje Novi Glog - Surlica, 8. Rudno polje Radovnica - Carska Dolina, 9. Rudno polje Karamanica, 10. Rudno polje Crnook, sl 17. U narednom tekstu detaljno će biti prikazana ležišta i pojave u rudnom polju Mačkatice, kao naše najveće ležište i značajno u svetu, i ostale pojave molibdena u surduličkom eruptivnom masivu i njegovom neposrednom obodnom delu. I letimičnim pogledom se može videti da se molibdenske pojave javljaju u samim granodioritima, a uvezi sa probojima dacita ili kvarclatita (Romanovska i Masurička reka, Kriva Feja), zatim u neposrednom delu kontakta granodiorita i okolnih stena (Surdulica, Novi Glog) i na kraju nešto dalje od kontakta, a u vezi sa dacitima (Mačkatica, Brod i zične pojave u Starom Glogu). Najudaljenije od kontakta granodiorita Surdulice su pojave u Brodu.

RUDNO POLJE MAČKATICA

OPŠTI PODACI

Rudno polje Mačkatica koje se nalazi u kompleksu Surduličkog granodioritskog masiva u JI Srbiji predstavlja interesantno područje, ne samo u Srbiji i Evropi već i u svetu po svojim metalogenetskim osobenostima, odnosno rezervama Mo-rude. U geotektonskom pogledu pripada Srpsko-makedonskoj masi, a prema metalogenetskoj reonizaciji sastavni je deo Srpsko-makedonske metalogenetske provincije. Otvaranje Mo-ležišta Mačkatica već više decenija je predmet tehno-ekonomskih analiza i procena rentabilnosti eksploatacije ove sirovine. Sve dosadašnje analize, uzimajući u obzir kvantitativno-kvalitativne parametre, ukazivale su da se radi o niskoprocentnoj vanbilansnoj Mo-rudi, što je rezultiralo da se rudnik ne aktivira ponovo još od 1952. godine. Proučavanje metalogenije rudnog polja Mačkatice zasnovano je na podacima istraživanja (terenskih i laboratorijskih) koji daju bliže tumačenje prostornog, vremenskog i genetskog razmeštaja i uslova obrazovanja Mo-mineralizacija.

U geografskom smislu, rudno polje Mačkatica nalazi se u planinskom kompleksu Čemernika na oko 7 km severoistočno od Surdulice, a u administrativno-teritorijalnom pogledu pripada ataru sela Mačkatica, odnosno SO Surdulica u Južnomoravskom regionu (list Vlasotince 1:100.000).

Novim asfaltnim putem, dužine 23 km povezano je sa putom Vladičin Han - Surdulica kod sela Žitorađa, a od Vladičinog Hana, koji se nalazi na magistralnom komunikacionom pravcu Beograd-Niš-Skoplje, sa većim centrima u Srbiji. Nemci su napravili put od Mačkatice do železničke stanice u Džepu (13 km), ali su ovaj put odnele bujice 1947 godine, od kada je neupotrebljiv.

Područje rudnog polja pripada jugozapadnim obroncima planine Čemernik (1.638 m) sa izrazito strmim stranama i duboko usečenim koritima potoka. Uži istražni prostor predstavlja visoko planinsko zemljište sa strmim padinama i nadmorskim visinama oko 850 do 1.150 m.

Najveći deo terena pokriven je relativno tankim eluvijalno-deluvijalnim pokrivačem i obrastao bukovom šumom, a manji deo je pod livadama i obradivim površinama. Delimično otkriveni profili javljaju se duž korita potoka, a ređe i u vidu slabo otkrivenih izdanaka po grebenima.

Područje rudnog polja dreniraju potoci Popova dolina, Pavlova dolina, Meča dolina, Groznatova i Mamutova dolina, zatim Đokanov i Troskački potok, koji su ustvari izvorišni kraci reke Garvanice. Reka Garvanica nizvodno sa Mutnicom gradi Džepsku reku desnu pritoku Južne Morave. Protok vode u Garvanici je promenljiv, ali reka nikada ne presušuje (125 l/sec), a u vreme padavina dobija bujični karakter i ima protok 5-8 m^3/sec, (T a l i ć, 1960).

Na prostoru rudnog polja, pored rudničke kolonije, nalaze se zaseoci Pavlovci, Borovik, Ivanovci, Srbinovci i Kućišnjak. To su zaseoci sa po najviše desetak kuća koje su uglavnom napuštene. Intenzivnim iseljavanjem poslednjih decenija ovo pasivno pogranično područje ostalo je praktično bez aktivnog stanovništva.

Istorijat istraživanja

Prema nekim podacima (Vujanoviću, 1956/57) u rudnom polju Mačkatice vršene su istrage na olovo još pre 1912. godine, ali su ovi radovi dali negativne rezultate. Posle Prvog svetskog rata koncesiju na terenu mačkatičke, džepske i rupske opštine dobio je Stavra Krainčanić iz Vlasotinca. Istražne radove na račun Krainčanića vršio je Vidosav Ristić, ali su ovi radovi po svom obimu bili neznatni (nekoliko manjih potkopa). U toku 1928/30. godine urađen je kod današnjeg četvrtog horizonta potkop dug 94 m i to od strane firme Prapratnik iz Ljubljane. Nekoliko manjih potkopa, pored portala II i III horizonta, izgrađeno je još pre 1925. godine.

Pojave molibdena ozbiljnije je shvatio tek ing. Mepelbek, 1938. godine, posle ovog za rudište su se zainteresovali Nemci, tako da su pred sam Drugi svetski rat došli profesor Klar iz Graca i Dr. Beher iz Maribora. Ubrzo zatim otpočeli su ozbiljniji istražni radovi koje je preuzela firma Jugomontan. U 1941. godini radovi su bili jedno vreme prekinuti, da bi se u toku okupacije nastavili u forsiranom tempu.

Nemci su paralelno sa istragama vršili i eksploataciju rude, a u Belom Polju (16 km od Mačkatice) podigli su električnu centralu i flotaciju za preradu rude (400 t za 24 časa). Ruda je transportovana žičarom (7 km).

Tokom 1942. godine dobijeni su prvi koncentrati molibdenita, a 1943. i 1944. godine nastavljena je intenzivna izgradnja rudnika radi povećanja kapaciteta na 2400 t za 24 časa. Paralelno sa istražnim podzemnim radovima, Nemci su počeli i velike radove na otkrivanju rudnuh tela površinskim kopom. Po ovom projektu trebalo je otkopati 1.200 000 t rude, do nivoa 960 m. Radovi su dosta odmakli i preostalo je da se skine još 500 – 600.000 m^3 raskrivke, kada je Drugi svetski rat završen. Prinudna uprava rudnika posle oslobođenja (1945), napravila je preambiciozan plan u kome bi se površinskim kopom otkopalo 7.360 000 t rude, pri čemu je trebalo skinuti 2.350 000 m^3 jalovog materijala. Ubrzo se od ovog projekta odustalo, a januara 1947. prekinuta je proizvodnja MoS_2 – koncentrata zbog visokih troškova.

U 1948. godini ponovo je započeta izgradnja rudnika Mačkatica sa povećanim kapacitetom. Umesto transporta žičarom, započeta je izgradnja potkopa – Bubavica - Glavno okno, projektovane dužine 5.750 m. Projektom je predviđena proizvodnja od 2.500 t rude za 24 časa, koja bi se kasnije povećala na 4.500 t/24h.

Potkop je trebalo da podiđe reku Garvanicu, kao i postojeće istražnme horizonte u ležištu, na nivou od 584 m. Sa istražnim horizontima bio bi povezan

oknom dužine 390,58 m. Okno je izrađeno na dužini od 216 m, a potkop oko 2 km iz pravca Belog Polja kada su radovi obustavljeni. Izgradnja rudnika Mačkatica prekinuta je rešenjem Revizione komisije bivše glavne direkcije metalurgije FNRJ br. 134 od 05. 04. 1952. godine. Rudnik je zatvoren i konzerviran, jer je postao nerentabilan, zapravo cena tone koncentrata nije pokrivala troškove proizvodnje. Nakon zatvaranja rudnika, izvesni horizonti su bili naknadno 1954. godine otvoreni radi oprobavanja na sadržaj WO_3. Podatke o pojavama šelita i rezultatima oprobavanja dao je V a n đ e l (1955).

U 1956. godini, a u nekoliko navrata i kasnije, nastavljena su istraživanja od strane preduzeća "Grot" iz Vranja i Geoinstituta iz Beograda, pri čemu se posebna pažnja obratila na WO_3. Tom prilikom je očišćen deo jame (II, III i IV horizont), i šelitskom lampom prospektovan. Takođe je uzeto nekoliko šlic proba u očišćenim delovima jame, gde se šelit jače koncentrisao (S i m i ć, 2001). U periodu 1960/1962, urađen je horizont 915,15 m kojim je istraživano rudno telo "A". Na horizontima 929 i 871 m oprobavani su pojedini hodnici u rudnim telima "B" i "C", odnosno "A", "D_1" i "B", radi izdvajanja delova rudnih tela sa maksimalnim sadržajima Mo (S m e j k a l & J o v i ć, 1960/62).

U periodu od 1948. do 1952. godine istražne radove u samom ležištu izvodio je A. G o g o l a, koji je u Programu izgradnje rudnika (1951) dao i prvi proračun ukupnih rezervi Mo-rude od 24.615 000 tona sa srednjim sadržajem od 0.079% Mo, odnosno 19.281 t metala Mo.

Prema podacima M i l o v a n o v i ć a & G o g o l e i izveštajima Uprave rudnika, otkopane su iz istražnih, pripremnih i eksplotacionih radova (1943-1947), sledeće količine rude i proizvedeno MoS_2 koncentrata (tabela 8).

Tabela 8. *Količina proizvedene Mo - rude i koncentrata u periodu 1943-1947. godine*

Table 8. *Quantity of produced Mo-ore in the period 1943-1947*

Godina	U t o n a m a		
	Ruda	MoS_2 koncentrat	Mo metala
1943	179.384	93,0	31,0
1944	55.416	33,0	11,5
1945	81.363	76,0	21,0
1946	126.577 (?)	157,0	45,5
1947	-	12,1	4,2
Ukupno:	442.740	371,1	113,2

Mo-koncentrat je bio sledećeg sastava: Mo = 35,2 %; Fe = 8,2 %; SiO_2 = 18,9 %; CaO = 6,0 %; Al_2O_3 = 1,4 %; MnO_2 = 5,26 %; S = 25,6 %. Tehnološkim istraživanjima u laboratorijskom obimu 1979. godine na Rudarsko-geološkom fakultetu, katedra za PMS-a u Beogradu, proizveden je koncentrat molibdena sa 51 % Mo, pri iskorišćenju istog od 85 % (M a r i ć, 1979).

Milovanović & Ilić su 1946/47. godine započeli prva prospekciona istraži-vanja posle Drugog svetskog rata, kako u rudnom polju Mačkatice, tako i na širem prostoru Surduličkog masiva, od Broda na severu do Krive Feje na jugu i otkrili brojne pojave Mo-mineralizacija.

U periodu 1954/56. a i kasnije (Vanđel i dr., 1954; Vanđel, 1955; Ilić i dr., 1957; Ristić i dr., 1956; Vujanović, 1959), tražena je mogućnost da se pored molibdena iz rude koriste i neke prateće komponente, kao WO_3 i renijum. U samom ležištu u Popovoj dolini na više mesta registrovane su koncentracije šelita, ali sadržaj u uzetim probama nije prelazio 0,026 % WO_3. Nešto povoljniji sadržaji volframa konstatovani su u obodnom delu rudnog polja Mačkatice u Sredoračkom potoku i na brdu Pričel u dolini Romanovačke reke (Cisarc i dr., 1954; Stangačilović i dr., 1954, 1956; Kostić i dr., 1957; Simić, 2001).

Vujanović (1956/57, 1959) je utvrdio da ruda Mačkatice sadrži 150 grama renijuma na tonu koncentrata molibdenita, dok Arsenijević (1962) navodi podatak od 185 grama iz 10 analiziranih proba.

U cilju valorizacije bogatih delova rudišta u Popovoj dolini, bilo je više pokušaja da se ispita mogućnost aktiviranja ovog rudnika. Urađene su mnogobrojne studije i tehno-ekonomske analize o mogućnosti eksploatacije Mo-rude na Mačkatici (Talić, 1960; Smejkal & Jović, 1960/62; Gluščević, 1963; Marić 1967, 1979). Talić (1960) je izdvojio 2.144 306 t rude sa 0.169 % Mo, a Smejkal & Jović (1960/62) uz navedene dopunske radove i ponovna oprobavanja rudnih tela "A", "B", "C" i "D_1", dali su rezerve od 3.572 062 t rude sa 0.173 % Mo.

Marić (1967) je na osnovu postojeće dokumentacije uradio elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rudnih rezervi u ležištu Mačkatica: 25.156 921 t rude sa 0.091 % Mo. Većina tih studija i analiza je pokazala da je Mo-ruda na Mačkatici vanbilansna, odnosno da se ne može vršiti ekonomična eksploatacija takvog ležišta sa postojećim tržišnim cenama koncentrata molibdenita.

U okviru regionalnih istraživanja i ispitivanja (Pokrajac, 1962, 1972/73; Milovanović, 1962; Vukašinović, 1979) na čitavom prostoru Surduličkog eruptivnog masiva, rudno polje Mačkatice je zahvaćeno aeromagnetskim i radiometrijskim istraživanjima, prospekcijom voda na uran i ispitivanjem potočnih ("strim") sedimenata na Pb, Zn, Cu, Mo. Tom prilikom u vodama i potočnim sedimentima u rudnom polju Mačkatice registrovan je povećan sadržaj molibdena.

U periodu od 1973. do 1993. godine u rudnom polju Mačkatice vrše se nešto intenzivnija istraživanja (Cukućan, 1978, 1981, 1982, 1983, 1984; Simić, 1979, 1983, 1985, 1987, 1988, 1989, 1990, 1992, 1993, 1993a, 1994, 1995, 1996, 1996a; Ćebić, 1983, 1984, 1985, 1986) uz primenu geološko-prospekcijskih, geohemijskih i geofizičkih metoda, kao i istražnih radova (raskopa, bušenja). Na osnovu ovih istraživanja došlo se do jednog novog i celovitog sagledavanja geološko-strukturne građe i metalogenetskih karakteristika, a stim u vezi bliže je definisan raspored i intenzitet Mo-orudnjenja u rudnom polju

Mačkatice. To je omogućilo efikasno usmeravanje istražnih radova (Borovik, Kućišnjak, Groznatova dolina), što je rezultiralo znatnim proširenjem rezervi Mo rude (Simić, 1990).

Geološka građa rudnog polja Mačkatice

U geološkom pogledu rudno polje Mačkatice može se podeliti na područje škriljaca Vlasinskog kompleksa i tercijarne magmatske stene. Najstarije stene u rudnom polju, predstavljaju kristalasti škriljci Vlasinskog kompleksa. Prema podacima dobijenim ispitivanjem mikroflore, starost ovog kompleksa je rifejsko-kambrijska (Petrović i dr., 1973, 1969). To je geosinklinalna sedimentno-vulkanogena tvorevina, metamorfisana pod uslovima facije zelenih škriljaca i albitisana.

Tokom alpskog orogenog ciklusa utisnut je u vlasinske škriljce Surdulički granodioritski masiv. Sličnost strukture i hemizma ovog granodiorita i efuzivnih, odnosno subvulkanskih stena njegove okoline ukazuje na njihovu genetsku vezu. Prostorni odnos ovih stena pokazuje dalje da je utiskivanje granodiorita bilo praćeno intenzivnim izdizanjem područja, koje se zapaža i u sklopu škriljaca okoline plutona (sl. 16, 18).

Tokom mlađeg paleogena, snažno razlamanje kristalastog kompleksa je praćeno intermedijarnim vulkanizmom (dacito-andezitski), koji je doneo mnogobrojne rudne pojave, pre svega Pb, Zn i Mo. Taj vulkanizam je bio aktivan sve do kvartara.

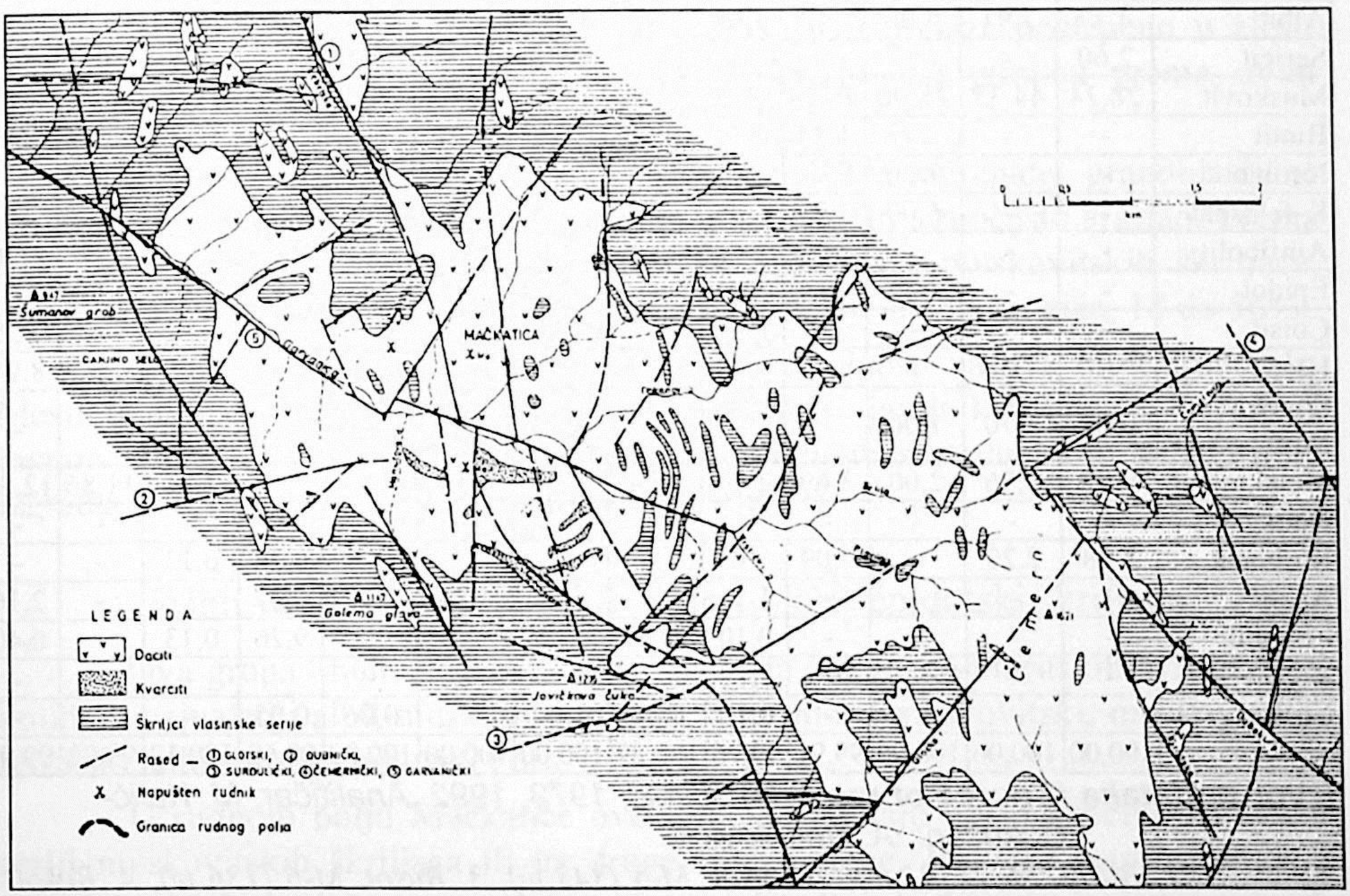
Intenzivan erozioni rad reka i potoka uslovio je stvaranje kvartarnih i recentnih sedimenata, odnosno aluvijalnih nanosa i plavina proluvijalnog materijala. Aluvijalnih nanosa ima u donjem toku reke Garvanice, dok se plavinske lepeze proluvijalnog materijala (proluvijalni konusi) mogu zapaziti na ušćima skoro svih tokova celokupne drenažne mreže u rudnom polju i na širem području.

Paleozojski kristalasti škriljci

Šire područje rudnog polja Mačkatice izgrađuju paleozojski kristalasti škriljci niskog stepena metamorfizma. Prema postojećim podacima kristalasti škriljci se prostiru kako prema severu i jugu, tako i istočno i zapadno od dacitskog štoka Mačkatice (sl. 16, 18). Metamorfne stene u rudnom polju Mačkatice na osnovu strukturno-facijalnih karakteristika pripadaju Vlasinskom kristalastom kompleksu, odnosno pripadaju gornjem kompleksu Srpsko-makedonske mase (Petrović, 1969).

Kristalasti škriljci Vlasinskog kompleksa vode poreklo od sedimentnih i vulkanskih stena, koje su pretrpele regionalni metamorfizam niskog stepena. U ovu grupu spada veliki broj petrografskih članova koji se razlikuju po vrsti i poreklu materijala, a takođe i po stepenu kristaliniteta. Zajedničke karakteristike kristalastih škriljaca na ovom području (Petrović, 1969) bile bi:

- Nizak stepen metamorfizma koji je karakterističan za faciju "zelenih škriljaca" i manjim delom za albit-epidot-amfibolsku faciju.
- Intenzivno razviće niskotemperaturnih minerala, hlorita, sericita, muskovita, stilpnomelana i epidota.
- Redovno prisustvo albita kao karakterističnog minerala, koji verovatno jednim delom potiče od detritičnog feldspata iz glinovito-peskovitih sedimenata. Međutim, široko rasprostranjenje ovog minerala u skoro svim metamorfitima ove oblasti, kao i mestimično velike koncentracije jasno ukazuju na metasomatski prinos albitske komponente.
- Najveći broj stena vodi poreklo od pelitskih ili slabo peskovitih i psefitskih sedimenata, a znatno manji broj od tufoznih sedimenata i submarinskih vulkanita bazičnog sastava. Pelitoliti i slabo peskoviti sedimenti su pretežno glinovitog i delom laporovitog sastava. U zavisnosti od (promenljivih) procentualnih odnosa ovih komponenata formirani su različiti varijeteti škriljaca sa različitim mineralnim asocijacijama karakterističnim za niskotemperaturni metamorfizam.



***Sl. 18**. Geološko-strukturna karta rudnog polja Mačkatica (prema O.G.K, list Vlasotince, modifikovano)*

***Fig. 18**. Geological-srtructural map of Mačkatica ore field (after base geological map, modified).*

O starosti vlasinskog kompleksa postoje oskudni podaci. Na listu Vlasotince nađena je rifeo-kambrijska flora (Pantić i dr., 1966, 1967), što zajedno sa korelacijom sa sličnim horizontima u susednim terenima navodi na zaključak da se starost Vlasinskog kompleksa proteže od rifeokambrijuma do gornjeg ordovicijuma, možda i silura.

Pod uticajem hidrotermalnih rastvora kristalasti škriljci su često intenzivno ili delimično silifikovani, sericitisani, K-feldspatizirani, slabo argilizirani, hloritisani i zeolitisani. Takođe su mestimično, u blizini većih dacitskih masa, kontaktno-metasomatski izmenjeni i biotitisani.

Muskovitski i albit-muskovitski škriljci

Muskovitski i albit-muskovitski škriljci su najrasprostranjenije stene u rudnom polju Mačkatice. Čine osnovu rudnog polja, probijeni su dacitima ili se javljaju kao uklopci u istim.

Tabela 9. *Modalni sastav muskovitskih i albit-muskovitskih škriljaca (%)*
Table 9. *Modal composition of muscovite and albite-muscovite schists (%)*

Br. Uzorka	Muskovitski škriljac						Albit-muskovitski škriljac						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Kvarc	50.02	41,63	56,00	41,76	68,46	65,89	52,25	47,38	27,14	35,66	56,97	18,40	27,76
Albit	4,77	3,91	5,00	-	3,68	-	17,20	21,88	14,78	14,24	17,68	10,17	14,98
Sericit	2,60	-	-	-	-	13,29	6,48	-	-	-	-	-	15,75
Muskovit	28,24	44,35	28.00	45,24	13,16	5,78	19,54	24,08	26,16	11,55	15,72	36,32	-
Biotit	-	-	-	1,44	4,74	0,58	-	1,91	-	-	0,65	20,34	4,47
Neobiotit	-	-	2,00	-	-	-	-	1,56	-	-	-	-	-
K-feldspat	-	-	6,00	7,77	1,05	-	-	-	17,19	27,08	-	-	-
Amfibolit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,76
Epidot	-	-	-	-	1,84	-	-	-	-	-	2,62	1,94	0,61
Coisit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,29
Hlorit	-	1,36			1,58	-	0,76	-	11,19	1,39			8,94
Spored. Min.	0,62	1,70	1,00	-	-	-	0,44	1,63	-	-	4,58	-	-
Metal.miner.	9,97	4,76	2,00	3,69	2,10	3,74	2,97	1,56	2,90	-	1,64	11,86	12,86
Rutil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06	-	-	-
Karbonat	3,78	2,29	-	0,09	-	-	-	-	-	0,26	0,13	-	-
Apatit	-	-	-	-	1,15	-	-	-	0,97	0,07	-	-	2,16
Limonit	-	-	-	-	0,10	10,41	-	-	-	9,26	0,13	-	0,40
Argilit	-	-	-	-	2,10	-	-	-	-	-	-	-	-
Cirkon	-	-	-	-	0,10	0,58	-	-	0,06	0,05	-	-	-
	100,00	100,00	100,00	99,91	99,96	100,27	100,00	100,00	100,89	99,62	100,12	99,03	99,98

Izvor podataka (Source of records): *Simić, 1979, 1992. Analitičar: M. Kalić-Cukućan:, A. Radulović.*

1. Bušot. M-5 (392 m), 2. Bušot. M-5 (343 m), 3. Bušot. M-6 (136 m), 4. Bušot. M-13 (188 m), 5. Malikinci, 6 i 13. Troskački potok, 7. Bušot. M-5 (84,0 m), 8. Bušot. M-5 (103 m), 9. Popova dolina, 10. Bušot. M-9 (7,0 m), 11 i 12. Meča dolina.

To su stene bele, prljavo-bele do sivo-zelenkaste boje koja na mestima intenzivne oksidacije prelazi u oker-žutu do mrko-crvenu boju. Izrazito su škriljave

teksture naglašene trakama, proslojcima i eksudatima kvarca debljine od nekoliko mm do 15-tak cm.

Strukture su porfiroblastične u kombinaciji sa lepidoblastičnom i granoblastičnom. Bitno su izgrađeni od kvarca i muskovita i promenljive količine albita sa čijim povećanjem sadržaja prelaze u albit-muskovitske škriljce. Pored kvarca, muskovita i albita sadrže još manje količine hlorita, biotita, leukoksena, metaličnih minerala, a ponekad epidota i granata. Sporedni sastojci su apatit i cirkon.

Muskoviti se nalaze u liskama veličine od 0,2 - 1 mm. Grade trake i nagomilanja nepravilnih formi. Prema modalnom sastavu izgrađuju od 6 do 45% mase stene (tabela 9).

Albit je karakterističan mineral ove grupe stena. Nalazi se u dvojnobližnjenim ili nebližnjenim porfiroblastima veličine od 0,2 do 3 mm. Uglavnom se javlja u usamljenim zrnima utopljenim u kvarcno-muskovitsko-hloritsku masu ili gradi nagomilanja. Sadrži inkluzije epidota, muskovita, leukoksena i metaličnih minerala. Raspored inkluzija u porfiroblastima albita i prostorni odnos albita prema okolnim sastojcima ukazuju na postojanje tri faze rasta ovog minerala: prekinematska, sinkinematska i postkinematska.

Albit, prema modalnom sastavu, izgrađuje od 10 do 22% ovih stena. Sa povećanjem učešća albita preko 25% albitski škriljci prelaze postepeno u albit-gnajseve zbog čega je veoma teško, na terenu, povući granicu prema ovim stenama.

Kvarc gradi nepravilne sočivaste i trakaste agregate granoblastične strukture. Ksenomorfan je ili alotriomorfan, undulatoran i zupčasto srastao. Prema modalnom sastavu, izgrađuje najčešće preko 50% mase muskovitskih škriljaca, dok je zastupljenost kvarca u albit-muskovitskim škriljcima nešto niža, 18 do 56%.

Ostali minerali su neznatno zastupljeni u odnosu na ove bitne minerale. Mestimično, umesto muskovita, biotit sa hloritom se javlja kao bitan mineral, pa imamo albit-biotit-hloritski škriljac. Prema modalnom sastavu biotit sa hloritom izgrađuje od 17 do 46 % mase ovih stena (tabela 10).

Albit-muskovitsko-hloritski i albit-hlorit-epidotski škriljac

Ova grupa obuhvata veliki broj varijeteta liskunsko-hloritskih škriljaca od kojih su najvažniji albit-muskovit-hloritski, albit-hlorit-muskovitski, muskovitsko-hloritski, albit-hlorit-epidotski i dr.

U rudnom polju Mačkatice ove stene se javljaju u vidu sočiva i traka u seriji muskovitskih škriljaca ili uz druge zelene stene. Najveće rasprostranjenje imaju u zapadnom i severnom delu rudnog polja. Ponekad imaju izgled masivnih stena zelenkaste do zelenkasto-sive boje i sadrže obilje sitnih porfiroblasta-albita. Teksture su škriljave. Strukture su lepidoblastične i porfiroblastične sa elementima granoblastične. Sastav ovih stena pored albita čini još hlorit, muskovit, kvarc, epidot, metalični minerali i leukoksen. Sporedni sastojci su sfen, zatim apatit i cirkon, a turmalin i granat su retko prisutni minerali. Sa povećanjem procentualnog

sadržaja hlorita stena prelazi u hlorit-muskovitski škriljac, koji ima znatno rasprostranjenje u predelu Čemernika. Opšta karakteristika za hlorit-muskovitske škriljce je skoro obavezan sadržaj magnetita (najveći broj starih radova na magnetitu se nalazi u ovim stenama - oko Klisure i na drugim mestima).

Albit-hlorit-aktinolit-epidotski škriljci

Ovom grupom obuhvaćene su stene za koje je karakteristično prisustvo amfibola kao bitnog minerala. Pripadaju faciji zelenih škriljaca koju karakteriše asocijacija albit-aktinolit-epidot. U zavisnosti koji mineral preovlađuje mogu se izdvojiti više varijeteta aktinolitski, hlorit-aktinolitski i hlorit-aktinolit-epidotski škriljac.

Tabela 10. *Modalni sastav albit-biotit-hloritskih i hlorit-aktinolit-epidotskih škriljaca (%)*

Table 10. *Modal composition of albite-biotite-chlorite and chlorite-actinoliteepidote schists (%)*

Br. Uzorka	Albit-biotit-hloritski škriljci							Hlorit-aktinolit-epidotski škriljac	
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Kvarc	19,34	16,00	9,39	25,13	44,40	38,48	31,21	39,21	21,00
Albit	30,28	-	-	-	11,97	3,79	-	-	27,00
Plagioklas	-	36,00	25,42	28,02	-	-	-	-	-
Muskovit	-	2,00	-	-	-	-	-	-	-
Biotit	13,33	17,00	43,62	35,31	32,43	32,52	21,16	-	22,00
Neobiotit	5,20	-	-	-	-	-	-	-	-
K-feldspat	-	13,00	13,21	6,73	-	1,63	18,52	-	-
Epidot	-	-	-	-	-	-	-	14,66	6,00
Coisit	-	-	-	-	1,16	-	-	4,96	-
Hlorit	22,77	-	2,76	0,62	1,16	2,71	-	5,00	-
Sporedni minerali	1,69	1,00	-	-	-	-	-	-	1,00
Metalični minerali	1,69	11,00	4,08	4,04	3,67	3,79	26,45	0,56	4,00
Karbonat	4,86	2,00	-	-	-	-	-	-	3,00
Aktinolit	0,79	-	-	-	-	-	-	36,30	15,00
Leukoksen	-	2,00	0,31	0,14	-	-	-	-	-
Apatit	-	-	0,10	-	0,77	1,08	2,64	0,28	-
Rutil	-	-	0,10	-	-	-	-	-	-
Limonit	-	-	-	-	0,39	3,79	-	-	-
Granati	-	-	-	-	3,67	1,35	-	-	-
Sfen		-	-	-	-	0,39	-	-	-
	99,95	99,00	98,99	99,99	100,00	99,98	99,98	100,97	99,0

Izvor podataka (Source of records): *Simić, 1979, 1992, Analitičar: M. Kalić-Cukućan, A. Radulović*

1. Bušotina M-5 (202 m), 2. Bušotina M-6 (337 m), 3. Bušotina M-11 (52,6 m), 4. Bušotina M-11 (67,1 m), 5 i 8. Kijevska česma, 6 i 7. Malikinci, 9. Bušotina M-6 (294).

Pojave ovih stena su koncentrisane u južnom delu rudnog polja Mačkatice i javljaju se u vidu manjih proslojaka, sočiva i traka u muskovitsko-hloritskim škriljcima. Odlikuju se porfiroblastičnom strukturom sa mikronemetoblastičnom osnovom. Izgrađeni su od niskotemperaturnih minerala albita, epidota, aktinolita i hlorita. Albit i epidot grade sitnozrne granularne agregate, dok aktinolit formira porfiroblaste ili sitne pritkaste, često fibrozne kristaliće. Veće prisustvo aktinolita i coisita (15-36%, tabela 10), na mesto hlorita i epidota, ukazuje na nešto viši stepen metamorfizma, odnosno prelaznu epidot-albit amfibolitsku faciju. Hemijske analize su pokazale da stene odgovaraju gabrovskom, odnosno gabrodioritskom tipu magme, što znači da pri metamorfizmu nisu izvršene bitne hemijske promene, sem prekristalizacije primarnih minerala.

Kvarciti

Kvarciti se javljaju u južnom i jugoistočnom delu rudnog polja Mačkatice. Uglavnom se pojavljuju kao manja sočiva, slojevi i proslojci u škriljcima, a mestimično su uklopljeni od strane dacita. To su prljavo bele do svetlo mrke stene bitno izgrađene od granularnog kvarca. Strukture su blastopsamitske sa krupnim zaobljenim zrnima u sitnozrnoj granoblastičnoj osnovi. Stene su tektonski jako polomljene i ubrane, a potom rekristalisale i vezane kvarcom. Krupnija zrna su zaobljenih kontura, bilo da su izgrađena od pojedinačnih zrna kvarca, ili od agregata kvarcnih zrna. Sitnozrni granoblastični agregati, najverovatnije, predstavljaju nekadašnje porfirske oblutke koji su često ispucali i duž prslina naknadno zapunjeni kvarcom. Pored kvarca, koji prema modalnom sastavu izgrađuje 60 do 89% mase stene, u njima se zapaža i izvesna količina sericita 6 do 20% (tabela 11). Osnova stene je izgrađena od sitnozrnog granoblastičnog agregata kvarca, malo albita i sericita, vrlo retko hloritisanog biotita i zrnastih agregata K-feldspata. Ovaj poslednji je prisutan samo u kataklaziranim kvarcitima i svakako je proizvod hidrotermalnih akcija. Kvarc osnove je katkad zdrobljenih kontura ili je naknadno rastao usled čega je stena zadobila granoblastičnu strukturu u tim delovima. Ove stene najverovatnije su postale metamorfozom kvarcnih peščara.

Tabela 11. *Modalni sastav kvarcita (%)*
Table 11. *Modal composition of quartzite (%)*

Broj uzorka	1	2	3	4	5	6
Kvarc	72,38	86,35	67,04	79,80	61,01	88,82
Sericit	20,32,	-	15,91	12,95	18,24	-
Muskovit	-	-	-	-	-	6,40
Limonit	1,00	1,74	9,09	3,63	-	-
Metalični minerali	4,76	10,92	7,95	3,63	20,75	3,20
Hlorit	0,90	0,99	-	-	-	-
Biotit	0,63	-	-	-	-	-
K-feldspat	-	-	-	-	-	0,07
Karbonat	-	-	-	-	-	0,50
	99,99	100,00	99,99	100,00	100,00	99,99

Izvor podataka (Source of records): *Simić, 1992; Analitičar: A. Radulović*

1. Troskački potok, 2. Garvanica, 3 i 4. Pešinci, 5. Meča dolina, 6. Bušotina M-13 (188,70 m).

Petrohemijske karakteristike metamorfita u rudnom polju Mačkatice

Pored proučavanja karakterističnih asocijacija minerala stena i njihovog sklopa, za klasifikakciju metamorfita veliki značaj ima hemijski sastav stena na osnovu kojeg se može najtačnije oceniti priroda matične stene, čak kod potpune prekristalizacije i iščezavanja primarnih strukturnih obeležja. S tim u vezi hemijski je analizirano više proba metamorfita iz rudnog polja Mačkatice (tabela 12). Pored hemijskog sastava stene, dat je i normativni sastav preračunat po CIPW metodi.

Iz pregleda sadržaja pojedinih komponenti očigledno je, da je silicija dominantna u svim metamorfitima. Sadržaj silicije kreće se od 47,45 do 66,66% u skoro svim škriljcima. Mestimično procenat silicije se povećava u zonama hidrotermalnih promena gde dostiže preko 70,0%, u kvarcitima sadržaj silicije dostiže oko 90%. Ovako velika razlika u sadržaju silicije kod škriljaca svakako je posledica ne samo sastava protolita od kojih su nastali, već i prinosa u hidrotermalnoj fazi.

Sadržaj aluminije u škriljcima kreće se od 8,60 do 18,55%. Interesantno je da je najniži sadržaj (8,60%) u hidrotermalno izmenjenom škriljcu i u biotitskim, hlorit-epidot-aktinolitskim škriljcima oko 11% Al_2O_3. U kvarcitima zastupljenost aluminije je simbolična oko 1%. Povišen sadržaj Al_2O_3 preko 10% prema H u a n g -u (1967) nesumnjivo ukazuje na primarno sedimentno poreklo.

Upoređujući odnose K_2O i Na_2O, kao i MgO i CaO može se zaključiti da u jednom delu proba preovlađuje kalija nad natrijom, odnosno MgO nad CaO, što upućuje da je matična stena pelitski sediment (glineni škriljac, glinac). Međutim, u izvesnom delu proba je obrnuto, što ukazuje na magmatsko poreklo.

Sadržaj ukupnog FeO kreće se u jednom dosta širokom intervalu od 2,42 do 10,69% pri tome najviše vrednosti gvožđa pripadaju hlorit-epidot-aktinolitskom škriljcu, a najniže kvarcitima. Prema dijagramu (dijagrami su napravljeni prema tabeli 12) Fe_2O_3+FeO - Fe_2O_3+FeO/MgO i Fe_2O_3+FeO/MgO - SiO_2 datom od strane M a y s h i r a (1973) ispitivane stene padaju u područje toleitskog i kalkoalkalnog karaktera, što upućuje na različito poreklo protolita (sl. 19 i 20). Relativno visok sadržaj FeO, MgO i CaO u većini ispitivanih proba ukazuje na činjenicu da spoljašnji faktori nisu imali veliki uticaj na preobražaj stene pre i u toku metamorfizma, te postojeće razlike verovatno predstavljaju raspon variranja hemizma uslovljen diferencijacionim procesima.

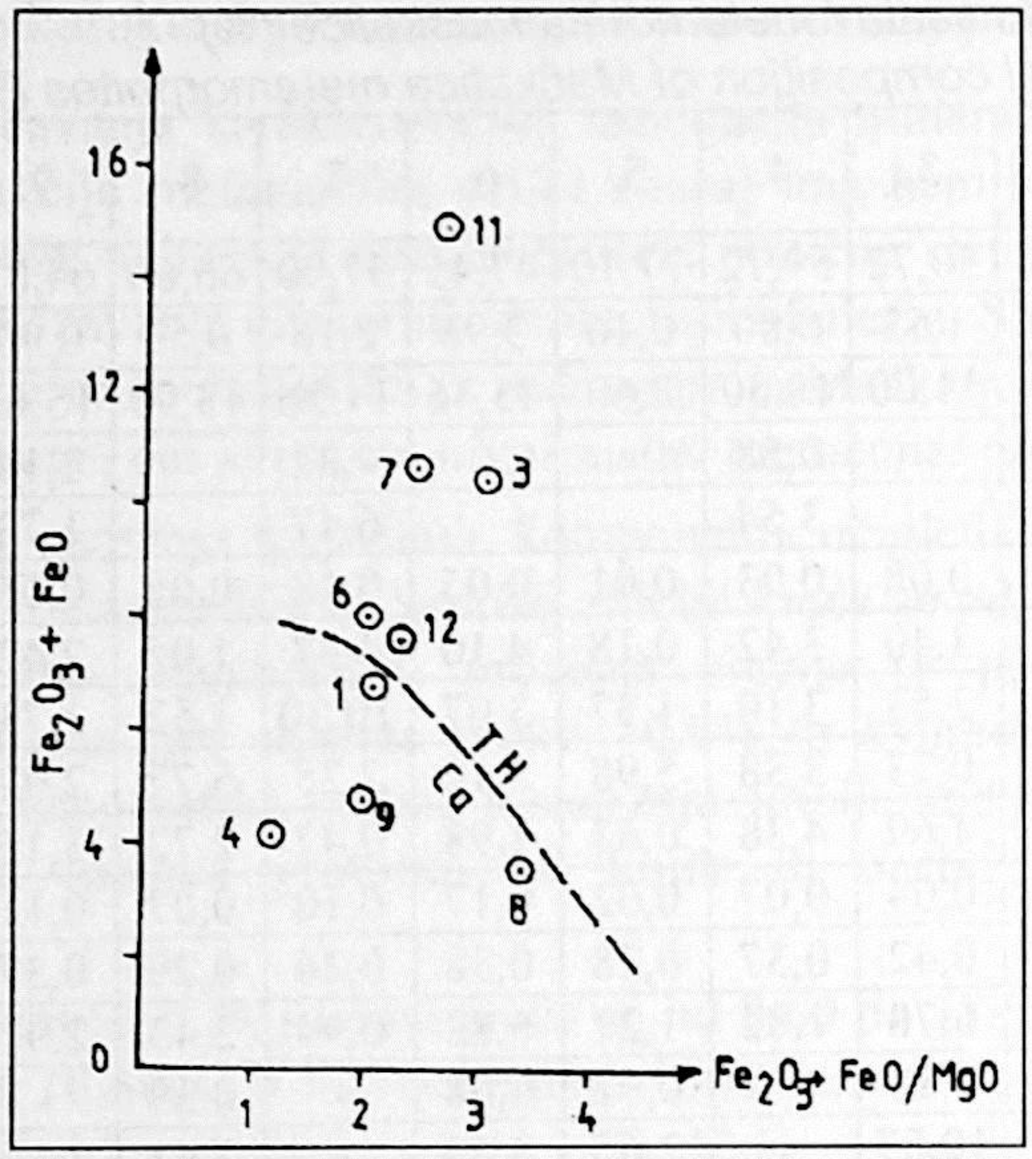
Na AFM dijagramu (sl. 21) ispitivane stene padaju u područje sa kalkoalkalnim karakterom, a samo po jedna proba je u području alkalnog, odnosno toleitskog karaktera. Kvarciti su van područja u kome se koncentrišu metamorfiti toleitskog, kalko-alkalnog i alkalnog karaktera.

Tabela 12. *Hemijski sastav metamorfita mačkatice (%)*
Table 12. *Chemical composition of Mačkatica metamorphites (%)*

Komp. %	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
SiO_2	51,66	89,60	50,72	59,72	77,10	47,45	57,00	66,66	64,87	90,73	46,40	60,10
TiO_2	2,30	0,10	1,53	0,80	0,16	3,96	2,16	0,53	0,90	0,14	3,05	2,21
Al_2O_3	18,55	0,62	11,70	18,50	8,60	15,46	11,26	13,90	15,65	1,37	12,83	13,65
Fe_2O_3		3,42		0,58			4,22		3,14	1,01	9,15	5,65
FeO		3,07		3,54			6,47		1,73	1,41	6,07	2,00
MnO	0,13	0,01	0,08	0,03	0,01	0,05	0,18	0,05	0,05	0,01	0,20	0,06
MgO	3,52	0,16	3,40	3,42	0,18	4,10	4,27	1,05	2,42	0,07	5,52	3,27
Cao	2,40	1,19	2,53	3,10	1,37	3,07	10,30	1,52	1,73	1,23	6,95	3,00
Na_2O	3,76	0,06	0,73	3,38	5,98	5,10	2,25	5,77	2,92	0,35	2,18	2,25
K_2O	5,80	0,39	4,69	4,38	0,63	1,98	0,47	2,72	3,15	0,58	3,21	1,73
P_2O_5	0,14	0,05	0,04	0,07	0,02	0,17	0,10	0,07	0,11	0,04	0,07	0,14
H_2O	0,45	0,18	0,42	0,37	0,28	0,38	0,24	0,29	0,37	0,30	0,45	0,14
H_2O^+	1,83	0,82	6,78	1,82	1,27	6,82	0,94	2,43	2,91	2,70	3,74	1,27
SO_3	0,58	-	3,50	-	0,92	0,68	-	0,39	-	-	-	2,83
Fe uk.	6,83	-	10,57	-	2,65	8,00	-	3,61	-	-		
	97,95	99,67	96,82	99,71	99,17	97,22	99,86	98,99	99,95	99,94	99,82	98,30
Normativni sastav												
Af	0,33	0,12	0,09	0,16	0,05	0,40	0,23	0,16	0,26	0,09	0,16	0,33
Il	4,38	0,19	2,91	1,52	0,30	7,54	4,11	1,01	1,71	0,27	5,80	4,21
Mt	4,36	4,97	8,09	0,84	-	1,58	6,13	2,91	3,14	1,47	11,40	10,22
Cr	34,25	2,30	27,70	25,88	3,72	35,74	2,77	16,06	18,60	3,42	18,95	10,22
Ab	31,79	0,51	6,18	28,60	40,70	-	19,02	48,81	24,70	2,96	18,43	19,03
An	10,99	0,27	12,29	14,92	0,00	-	19,22	3,99	7,86	0,45	15,73	13,96
Di	-	4,63	-	-	3,96	11,02	25,28	2,46	-	3,28	14,26	
Hy	-	0,65	10,65	13,26	-	-	3,57	1,97	6,01	-	7,13	8,12
Ol	6,93	-	-	-	-	3,59	-	-	-	-	-	-
Ne	0,01	-	-	-	-	18,99	-	-	-	-	-	-
Ac	-	-	-	-	4,77	7,11	-	-	-	-	-	-
C	2,06	-	0,92	2,73	-	-	-	-	4,56	-		2,96
Q	-	85,04	17,29	9,60	41,29	-	18,35	18,51	28,85	84,32	2,46	29,50
Lc	-	-	-	-	-	8,92	-	-	-	-	-	-
Hm	-	-	-			0,46	-	-	0,98	-	1,31	5,50
Ns	-	-	-		1,04		-	-	-	-	-	-
Wo	-	-	-		0,86		-	-	-	0,69	-	

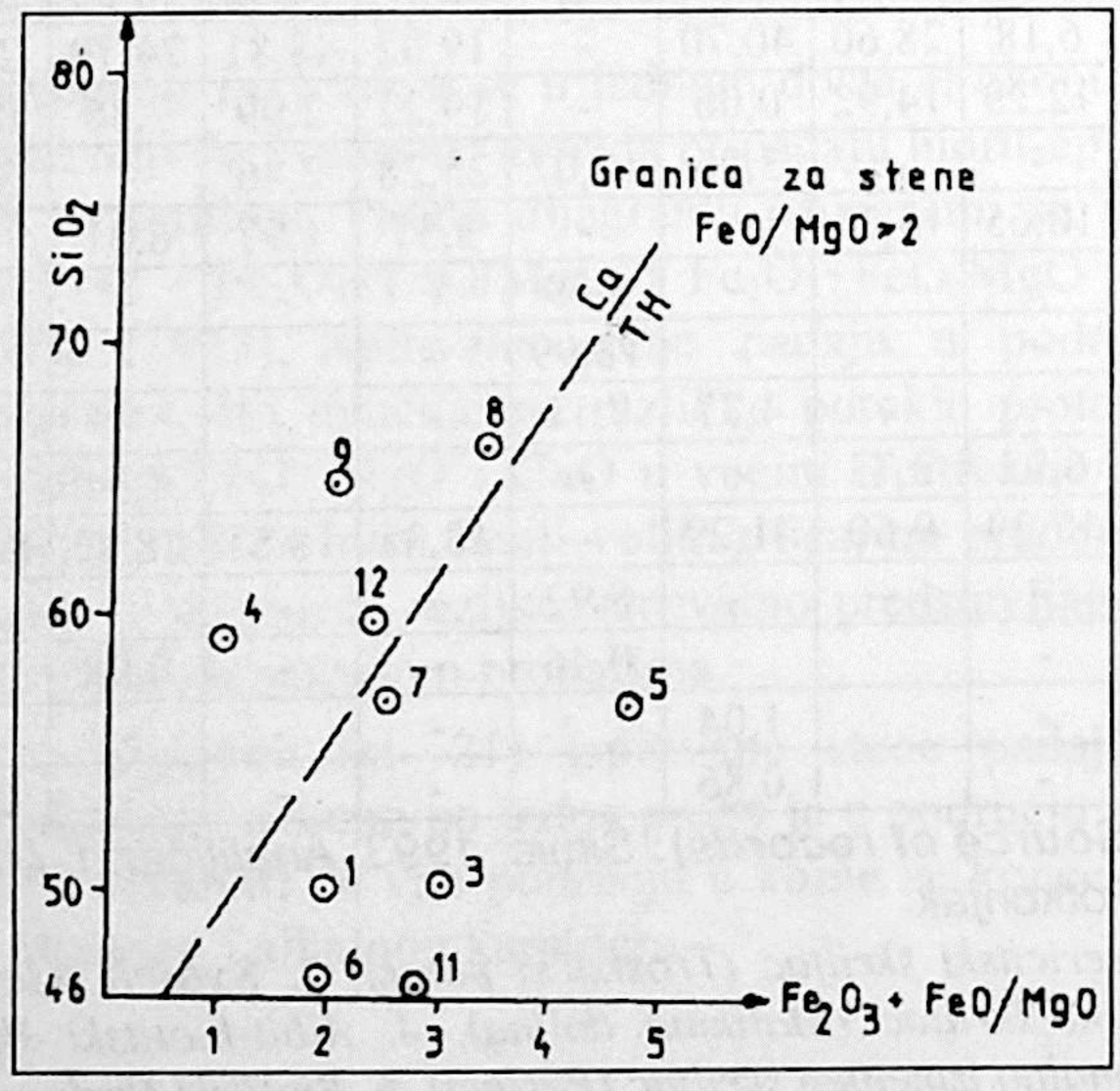
Izvor podataka (Source of records): *Simić, 1993; Analitičar: I. Marković; B. Potkonjak*

1. Albit-sericitski škriljac (Troskački potok), 2. Kvarcit (Garvanica), 3. Albit-muskovitski škriljac (Malikina dolina), 4. Albit-biotitski škriljac (Kruša), 5. Hidrotermalno izmenjen škriljac (Pešinci), 6. Biotitski škriljac (Malikina dolina), 7. Hlorit-epidot-amfibolski škriljac (Kruša), 8. Muskovitski škriljac (Malikinci), 9. Biotitski škriljac (Malikinci), 10. Kvarcit (Garvanica), 11. Albit-muskovitski škriljac (Meča dolina), 12. Muskovit-hloritski škriljac (Mamutova dolina)



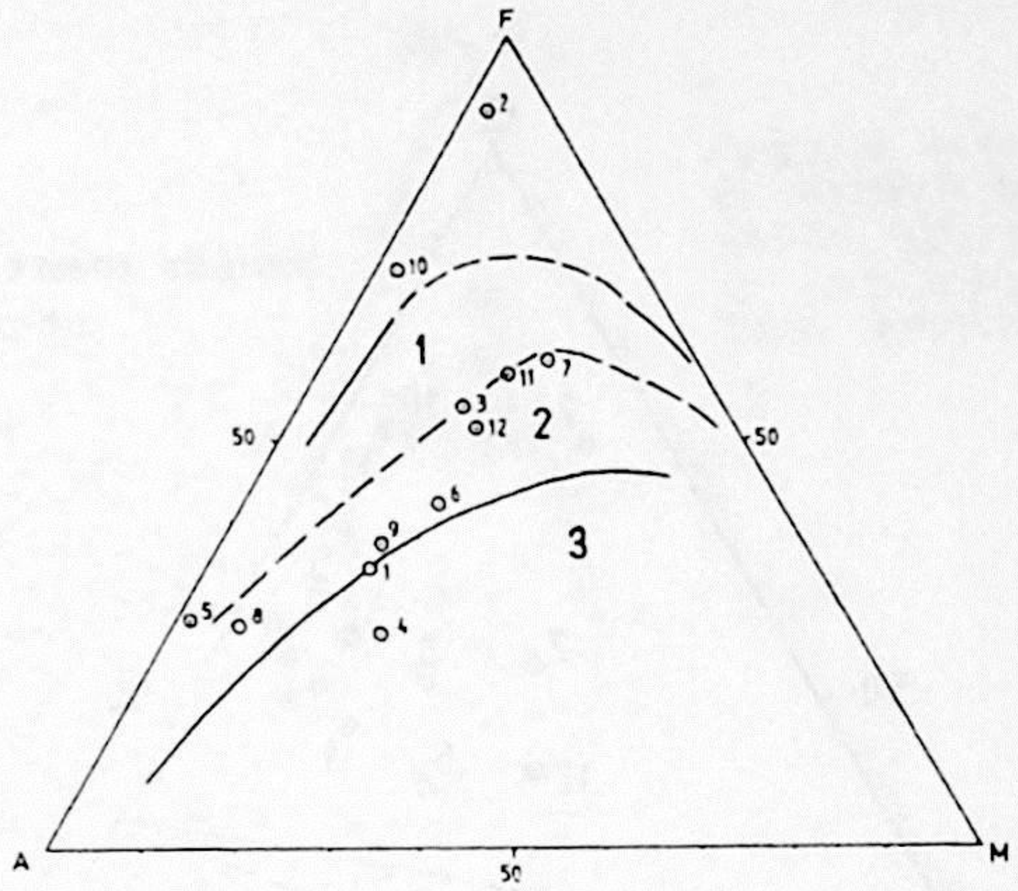
Sl. 19. *Dijagram Fe_2O_3+FeO - Fe_2O_3+FeO/MgO (prema Myashiro, 1973); Th-toleitski, Ca-kalko-alkalni karakter*

Fig. 19. *Fe_2O_3+FeO – Fe_2O_3+FeO/MgO diagram (after Myashiro, 1973); Th - Tholeitic, Ca - Calc-alcaline character.*



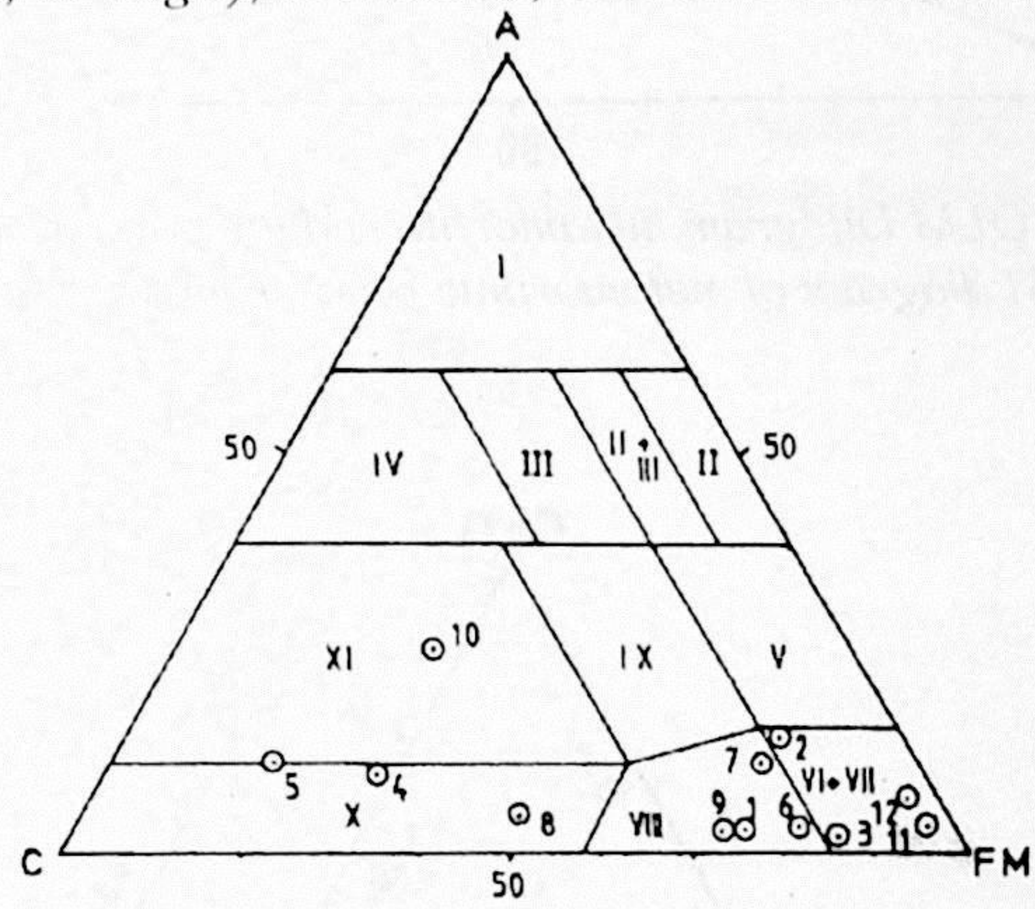
Sl.20. *Dijagram SiO_2-Fe_2O_3+FeO/MgO (Myashiro, 1973).*

Fig. 20. *SiO_2 - Fe_2O_3+FeO/MgO diagram (Myashiro, 1973).*



***Sl. 21**. Trokomponentni AFM dijagram metamorfita Mačkatice ($A=Na_2O+K_2O$, $F=FeO$ (tot), $M=MgO$), 1. Toleitski krakter, 2. Kalko - alkalni, 3. Alkalni*

***Fig. 21**. Three component AFM diagram of Mačkatica metamorphic rocks ($A=Na_2O+K_2O$, $Fe=FeO$ (total), $M=MgO$), 1. Tholeitic, 2. Calc- alkaline, 3. Alkaline.*

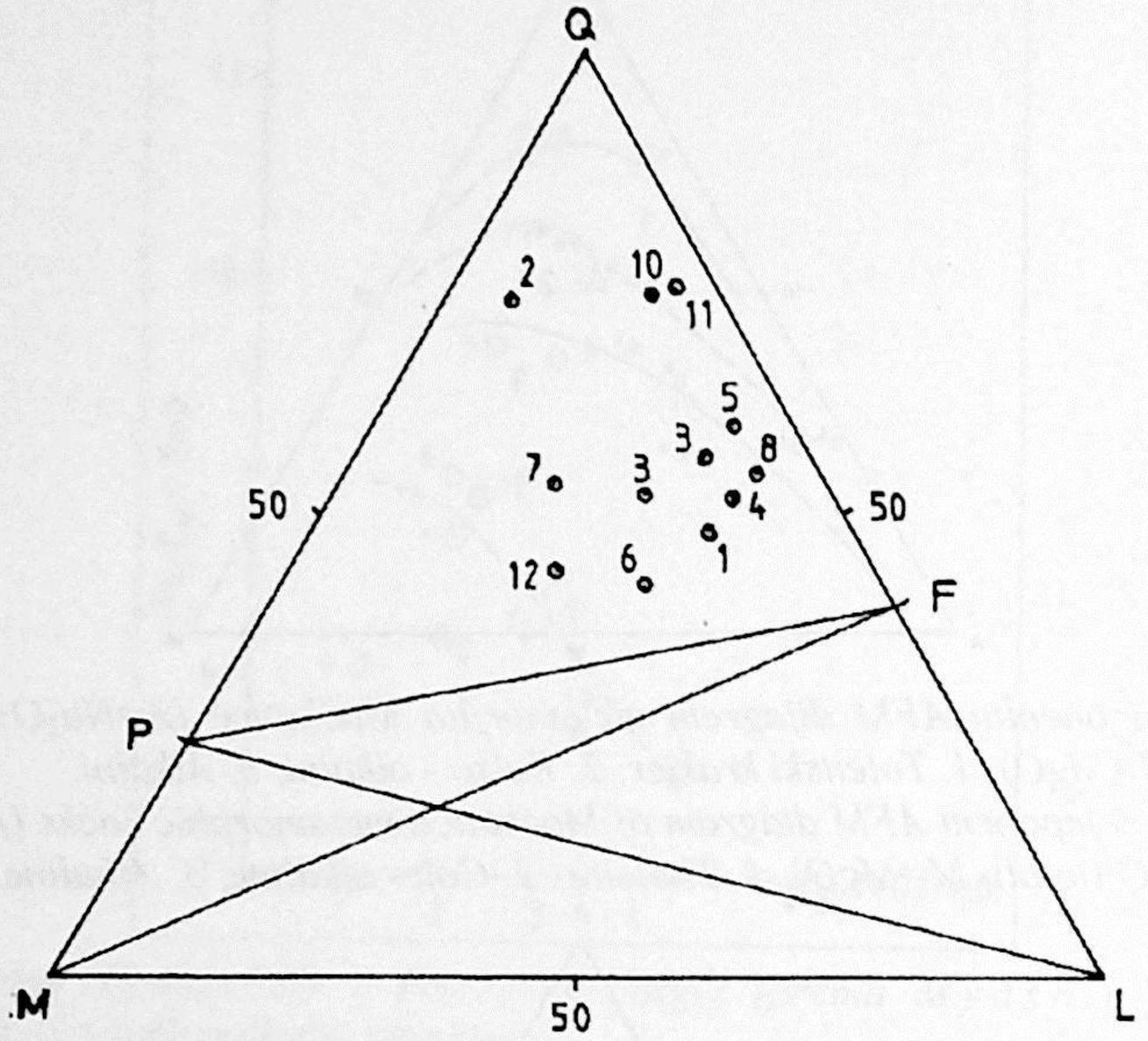


***Sl. 22.** C-A-FM dijagram klasifikacije metamorfita Mačkatice.*

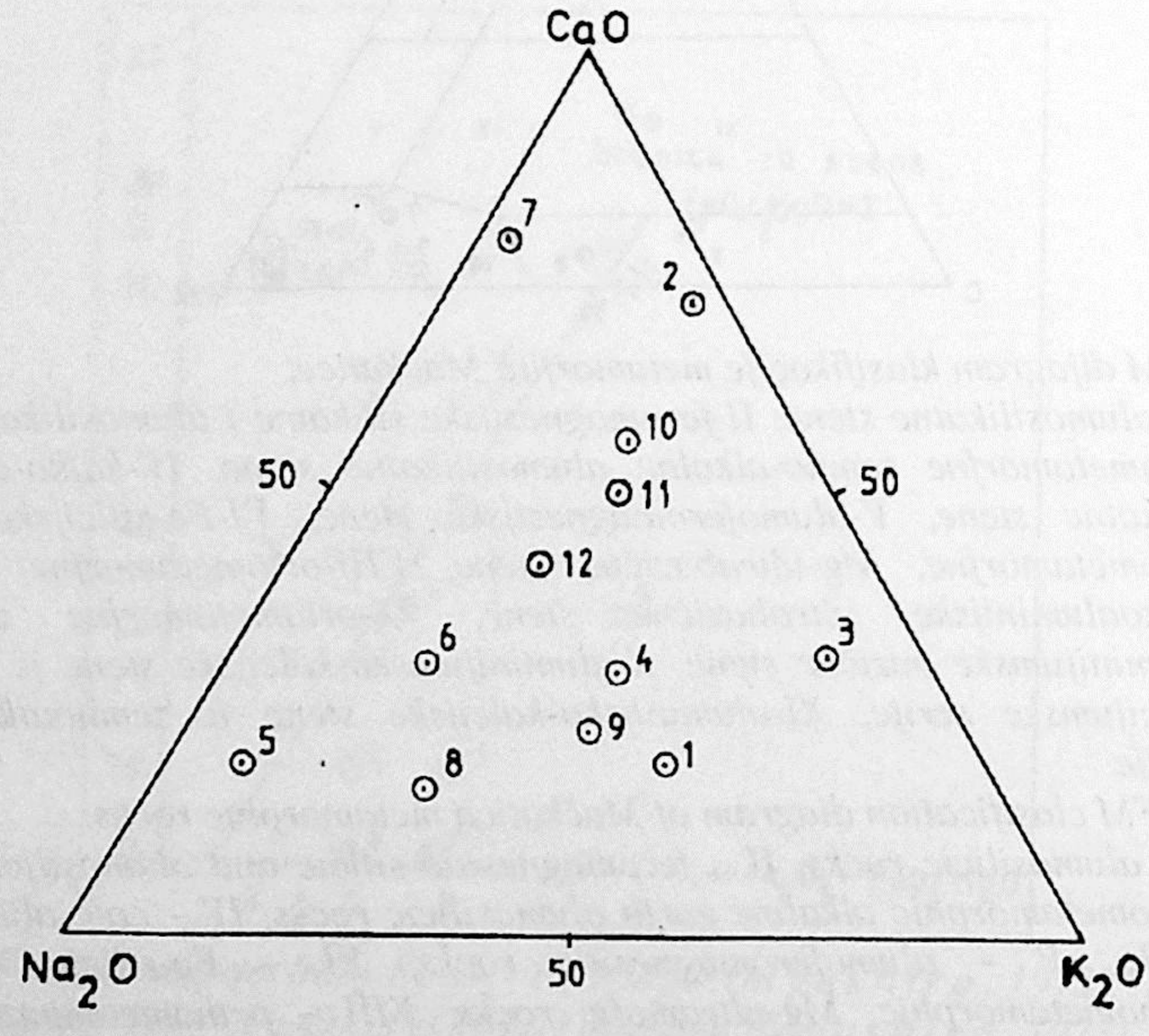
I - alumosilikatne stene, II-feromagnezijske silikatne i alumosilikatne stene, III-ortometamorfne zemno-alkalne alumosilikatne stene, IV-kalko-aluminijumske silikatne stene, V-alumoferomagnezijske stene, VI-Fe-silicijske stene, VII-ortometamorfne, Mg-ultrabazične stene, VIII-ortometamorfne zemnoalkalne niskoaluminijske ultrabazične stene, IX-ortometamorfne zemno-alkalne aluminijumske bazične stene, X-aluminijumsko-kalcijske stene iz zemnoalkalno kalcijumske serije, XI-aluminijsko-kalcijske stene iz zemnoalkalno-kalcijske serije.

***Fig. 22**. C-A-FM clasification diagram of Mačkatica metamorphic rocks.*

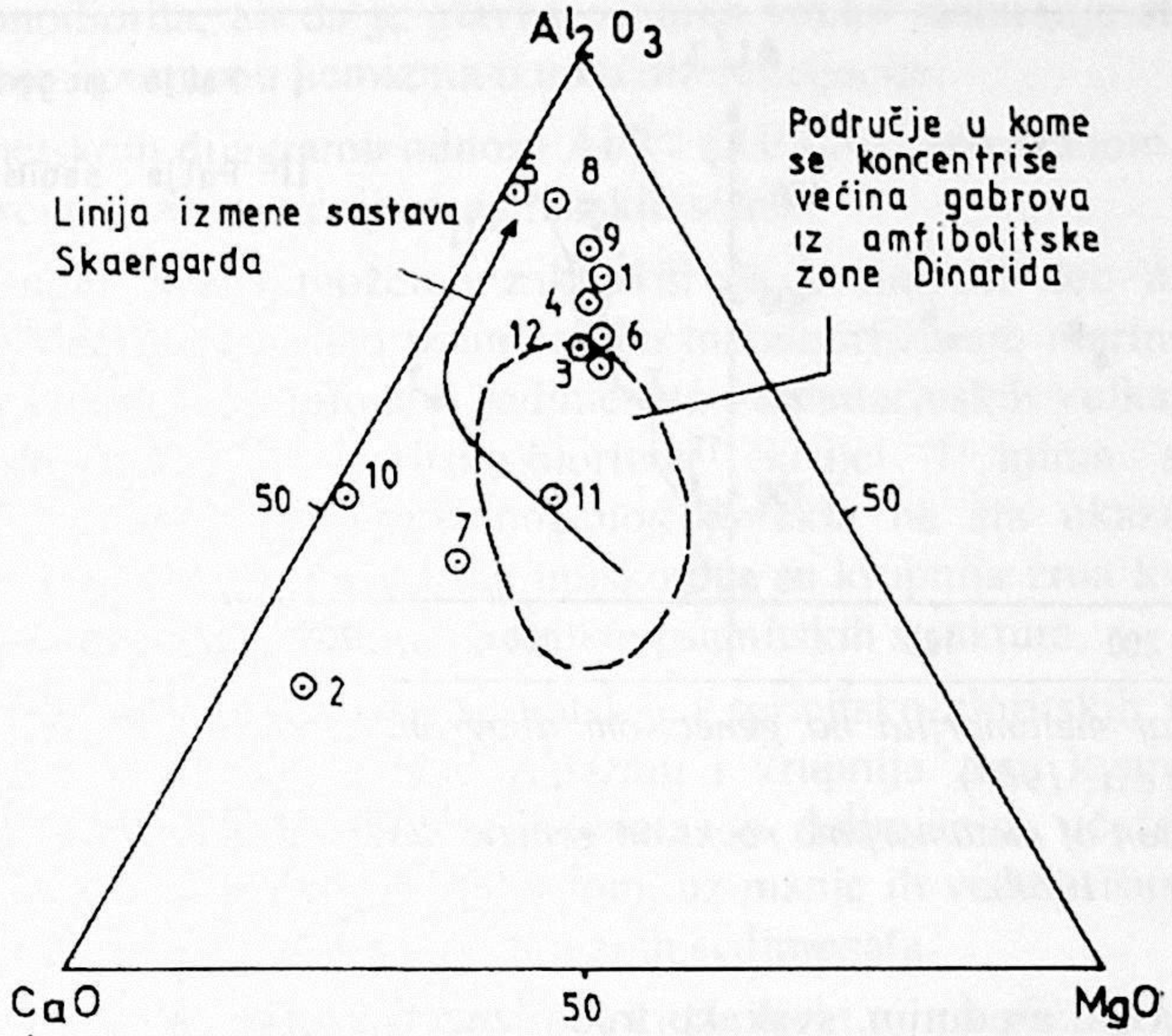
I – alumosilicic rocks, II – feromagnesitic silicic and alumosilicic rocks, III – orhometamorphic alkaline earth alumosilicic rocks, IV – calc aluminium silicic rocks, V – alumoferomagnesitic rocks, VI – Fe-silicic rocks, VII – orthometamorphic, Mg-ultramafic rocks, VIII – orthometamoprphic alkaline earth low aluminium ultramafic rocks, IX – orthometamorphic alkaline earth aluminium mafic rocks, X – aluminium-calcium rocks from alkaline earth calcium series, XI – aluminium-calcium rocks from alkaline earth calcium series.



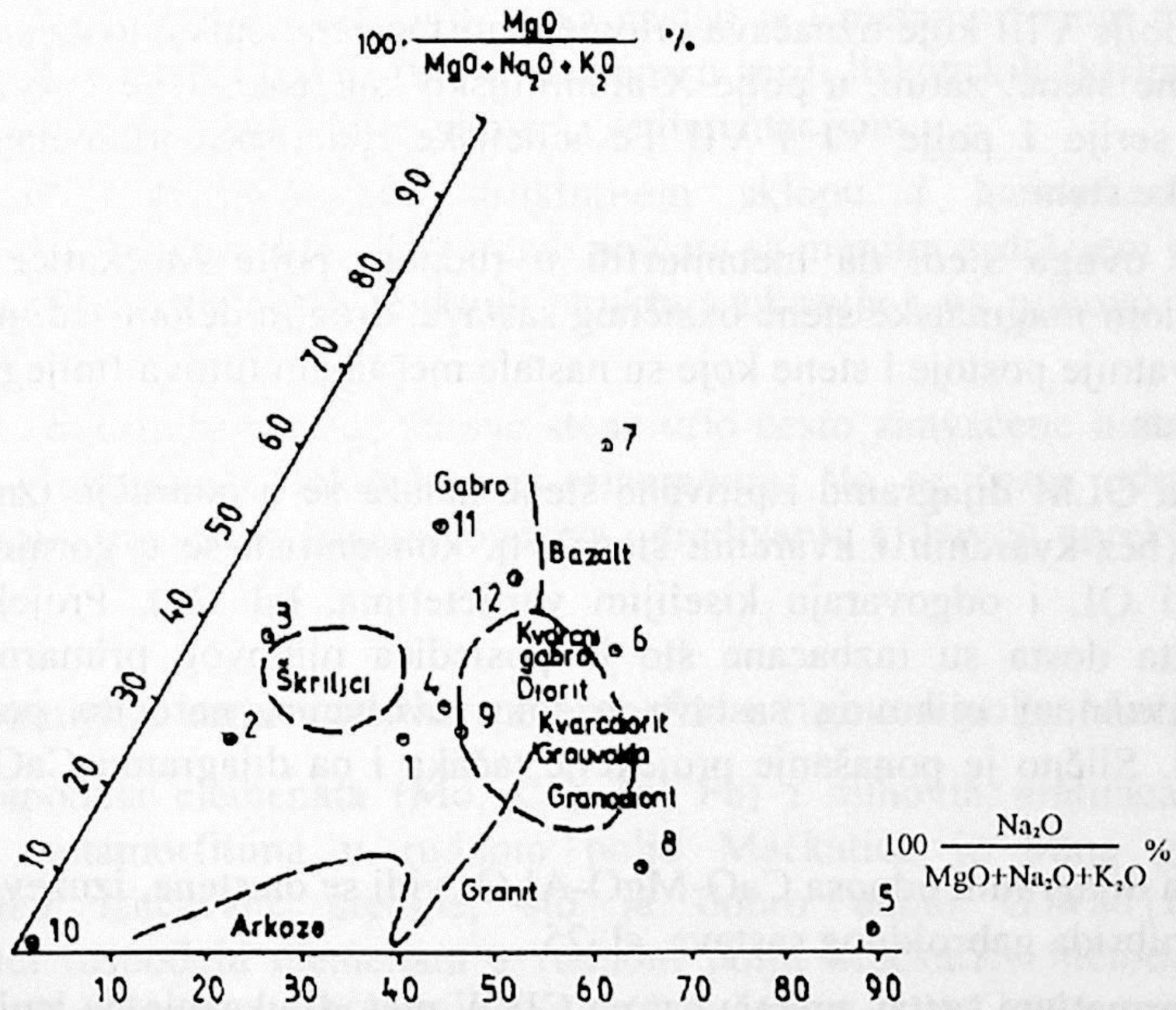
Sl. 23. QLM Dijagram metamorfita rudnog polja Mačkatica
***Fig. 23.** QLM diagram of metamorphic rocks from Mačkatica ore field.*



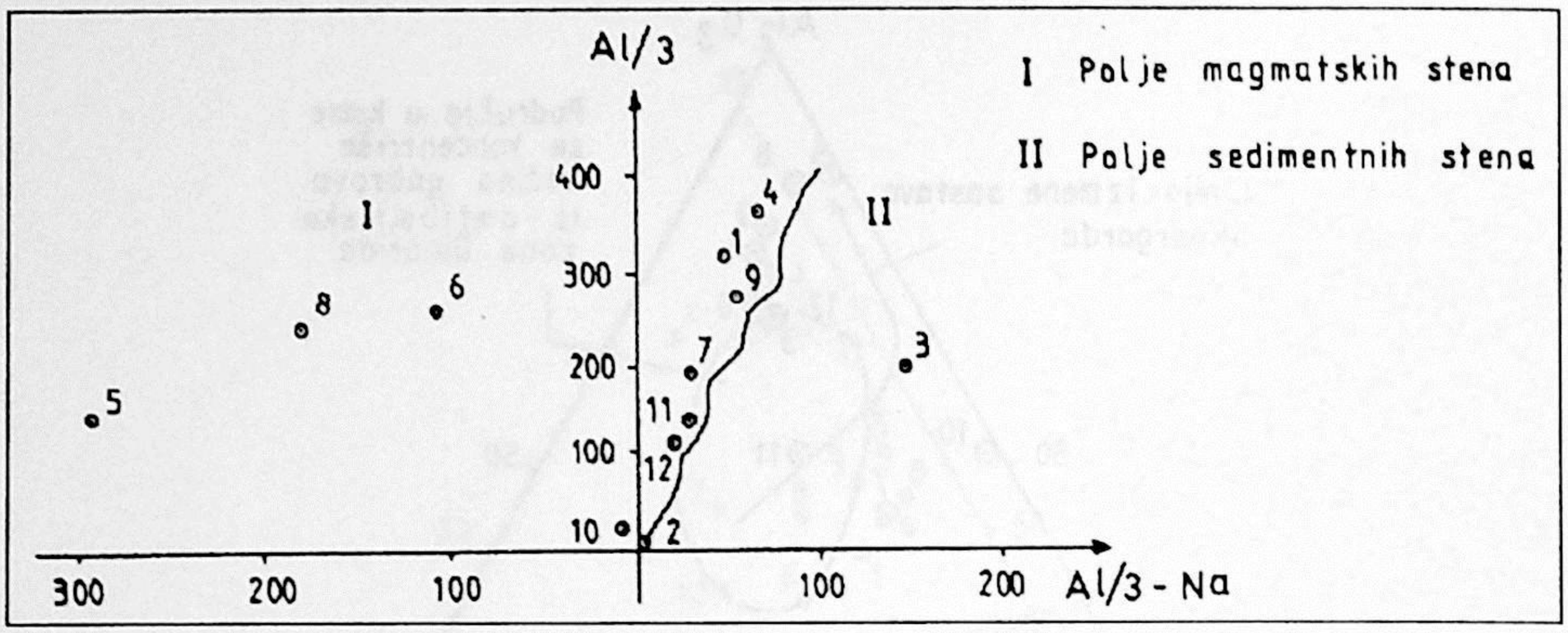
***Sl. 24.** Dijagram Na_2O - K_2O - CaO metamorfita rudnog polja Mačkatica*
***Fig. 24.** Na_2O-K_2O-CaO diagram of metamorphic rocks from Mačkatica ore field.*



Sl. 25. Dijagram CaO-MgO-Al_2O_3 metamorfita rudnog polja Mačkatica
***Fig. 25**. CaO-MgO-Al_2O_3 diagram of metamorphic rocks from Mačkatica ore field.*



Sl. 26. Položaj metamorfita na genetskom dijagramu (po H. de la Rocha & B. Moinea, 1968).
***Fig. 26**. Metamorphic rocks on genetic diagram (after H. de la Roche & B. Moine, 1968).*



***Sl.** 27. Položaj metamorfita na genetskom dijagramu (po H. de la Rocha & B. Moinea, 1968).*

***Fig.** 27. Position of metamorphic rocks on genetic diagram (after H. de la Roche & B. Moine, 1968).*

Iz ovoga, međutim, svakako treba izuzeti uzorke sa povišenim sadržajem natrije, kao i kalije koji su u ove stene privođeni u toku procesa metamorfizma i u toku utiskivanja mlađih magmata.

Metamorfiti Mačkatice na dijagramu A, C, FM (sl. 22), najvećim delom padaju u polje VIII koje označava ortometamorfne zemnoalkalne niskoaluminijske ultrabazične stene, zatim, u polje X-aluminijsko kalcijske stene iz zemnoalkalno-kalcijske serije i polje VI i VII Fe silicijske, odnosno ortometamorfne Mg-ultrabazičke stene.

Iz ovoga sledi da metamorfiti u rudnom polju Mačkatice obuhvataju jednim delom magmatske stene bazičnog sastava, drugim delom sedimentne stene, a najverovatnije postoje i stene koje su nastale mešanjem tufova finijeg zrna, bazita i sedimenata.

Na QLM dijagramu ispitivane stene nalaze se u području iznad granične linije PF (bez-kvarcnih i kvarcnih stena), tj. koncentrišu se u gornjim delovima bliže liniji QL i odgovaraju kiselijim varijetetima, (sl. 23). Projekcije tačaka metamorfita dosta su razbacane što je posledica njihovog primarnog porekla, odnosno promeni njihovog sastava u toku evolucije, naročito pod dejstvom hidrotermi. Slično je ponašanje projekcije tačaka i na dijagramu CaO-Na_2O-K_2O (sl. 24).

Na dijagramu odnosa CaO-MgO-Al_2O_3 vidi se da stene, izuzev dve, padaju van polja hibrida gabroidnog sastava, sl. 25.

Normativni sastav preračunat po CIPW metodi ukazuje da ispitivane stene pripadaju grupi silicijom zasićenih stena sa pojavom normativnog kvarca 2,46 do 85,04% (tabela 4).

Radi što preciznijeg određivanja njihovog primarnog karaktera, upotrebljen je genetski dijagram De La Rocha & B. Moinea (1968), sl. 26. Na dijagramu se vidi da se ispitivane stene koncentrišu u najvećem delu između

škriljaca i granodiorita, ali da je glavna osobina veliko rasturanje što ukazuje na njihovo mešanje i promenu hemizma u toku diferencijacije.

U genetskom dijagramu odnosa Al/3 - (Al/3-Na) prikazanom na sl. 27, svi ispitivani uzorci nalaze se u polju magmatskih stena.

Na osnovu svega možemo zaključiti da je najveći deo metamorfita u rudnom polju Mačkatice nastao polimorfnim metamorfizmom marinskih pelitskih do alevritskih sedimenata, tufoznih sedimenata i submarinskih vulkanita bazičnog sastava. Muskovitski, muskovitsko-hloritski škriljci i njima srodne stene najverovatnije su sedimentno-vulkanogenog porekla na šta ukazuje mineralni sastav i sklop. Relativno krupne liske muskovita, te krupnija zrna kvarca ukazuju na klastičan karakter svih stena, tj. na relikte psamitskih struktura.

Prisustvo finozrnih stena, sericitskih i sericitsko-hloritskih škriljca, retka pojava grafita u kojima se katkad zapažaju i krupnija zrna kvarca, inicira na poreklo od alevrolitsko-pelitskih sedimenata sa delimičnim učešćem organske materije (grafit). Varijeteti bogatiji hloritom, uz manje ili veće prisustvo sericitske komponente, ukazuju i na poreklo od tufoznih sedimenata.

Hloritski, epidot-hloritski, amfibolski škriljci i njima slični varijeteti koji se javljaju kao sočiva, uloženi konkordantno u muskovitske škriljce, kao i njihov petrohemijski sastav, ukazuju na njihovo vulkanogeno-sedimentno poreklo, tj. da su nastali metamorfozom tufita bazičnog karaktera i delom od glinovito-vapnovitih peščara. Osim toga, jedan deo ovih stena nastao je i metamorfozom magmatskih stena bazičnog karaktera. Prisustvo ovih stena u seriji liskunskih škriljaca ukazuje da je vulkanizam verovatno bio sinhron sa sedimentacijom.

Kvarciti prema svom strukturnom sklopu i hemijskom sastavu, najverovatnije, vode poreklo od kvarcnih peščara sa manjim sadržajem glinovitog i Fe cementa. Prisustvo nekih reliktnih struktura ukazuje i na njihovo poreklo od rožnaca.

Na kraju treba reći da su sve stene vrlo često zahvaćene hidrotermalnim procesima i obogaćene sekundarnim mineralima, što se često odražava i na hemizam primarne stene, čime se otežava određivanje njihovog porekla, odnosno protolita.

Geohemijske karakteristike metamorfita u rudnom polju Mačkatice

Raspodela elemenata (Mo, Cu, Zn, Pb) i njihovih pratilaca, alkalija i $CaCO_3$ u metamorfitima u rudnom polju Mačkatice je bitna geohemijska karakteristika izučavane sredine, što je dobro uočio Omaljev (1985) proučavajući raspodelu elemenata u rudnom polju Mačkatice metodom dvojnih histograma. U jednom statističkom uzorku (Omaljev, 1987,1995a) od 314 proba metamorfita iz rudnog polja Mačkatice, hemijskom analizom, dobijeni su sledeći srednji sadržaji: Mo = 154, Cu = 90, Zn = 76 i Pb = 63 ppm.

Upoređujući ove vrednosti sadržaja sa klarkom za škriljce: Pb = 20, Zn = 80, Cu = 57, Mo = 2 ppm (Vinogradov, 1962), očigledno je da su sadržaji

znatno veći, izuzev cinka, što ukazuje da su metamorfiti Mačkatice dejstvom hidrotermalnih fluida bili obogaćeni ovim elementima, a pogotovu molibdenom.

Radi sagledavanja uticaja hidrotermalnih procesa na smanjenje ili povećanje sadržaja proučavanih elemenata, alkalija i kalcije,116 proba je detaljno petrološki ispitano i hemijski analizirano, pored Mo, Cu, Zn, Pb i na Na_2O, K_2O i $CaCO_3$. Rezultati tih ispitivanja u ovom statističkom uzorku dati su u tabeli 13.

Tabela 13. *Srednji sadržaji elemenata (ppm) i komponenti (%) u škriljcima prema hemijskim analizama*

Table 13. *Mean content of elements (ppm) and components (%) in schists according to chemical analyses.*

Vrsta stene	Broj proba (N)	Mo	Cu	Zn	Pb	Na_2O	K_2O	K_2O/Na_2O	$CaCO_3$
Škriljac nealterisan	73	23	94	83	35	1,49	2,93	1,97	0,15
Škriljac hidrotermalno alterisan	43	756	82	44	119	0,93	3,83	4,12	0,17
Škriljac (ukupno)	116	295	89	68	66	1,18	3,26	2,55	0,15

Razlika u srednjim sadržajima rudnih elemenata i alkalija u nealterisanim i alterisanim škriljcima je znatna. U hidrotermalno alterisanim škriljcima Mačkatice dolazi do znatnog smanjenja koncentracije Na_2O, uz istovremeno povećanje K_2O. Te promene se naročito odražavaju u odnosu K_2O/Na_2O. U alterisanim škriljcima vrednost ovog parametra (4,12) je preko dva puta veća nego u nealterisanim škriljcima (1,97). Ovaj proces odnošenja Na_2O i privođenja K_2O, čiji se intenzitet odražava u parametru K_2O/Na_2O, je značajna geohemijska karakteristika u rudnom polju Mačkatice i tesno povezana sa Mo-mineralizacijom.

Povećanje sadržaja $CaCO_3$ u alterisanim škriljcima je relativno malo i neizražajno da bi moglo biti značajna geohemijska karakteristika u ovim stenama. To je svakako posledica činjenice da se pored Na_2O i FeO u hidrotermalnim procesima izlužuje i izvesna količina CaO.

Koncentracije rudnih elemenata po pravilu rastu u alterisanim škriljcima u rudnom polju Mačkatice, sa izuzetkom Cu i Zn. Naročito je veliko smanjenje Zn, skoro dva puta. Velika razlika u sadržaju Mo u alterisanim (756 ppm) i nealterisanim ("svežim") škriljcima (23 ppm) je svakako u vezi sa tektono-magmatskim procesima koji su omogućavali stvaranje povoljnih geohemijskih sredina za odlaganje Mo. Sadržaja Pb je oko tri puta veći u alterisanim škriljcima, ali u odnosu na porast Mo to je zanemarljivo.

Srednji sadržaj Na_2O u nealterisanim škriljcima (1,49%), preračunat na Na (1,11%), je visok u odnosu na klark Na za škriljce (0,66%; V i n o g r a d o v , 1962). Srednji sadržaj Na u alterisanim škriljcima (0,69%) se približava prosečnoj vrednosti Na u škriljcima. Visok sadržaj Na u škriljcima može se objasniti prisustvom albitske komponente u metamorfitima rudnog polja Mačkatice.

Srednji sadržaj K_2O u škriljcima (2,93%), preračunat na K (2,43%), je nešto viši od klarka za škriljce (2,28). U procesu hidrotermalne alteracije sadržaja K se znatno povećava (3,17%), tabele 13 i 14.

Tabela 14. *Srednji sadržaj hemijskih elemenata u glavnim tipovima stena (u ppm) (A. P. Vinogradov, 1962; A. A. Beus & S. V. Grigorjan, 1975)*

Table 14. *Mean content of chemical elements in main types of rocks (ppm) (A. P. Vinogradov, 1962, A. A. Beus & S. V. Grigorjan, 1975)*

Element	A.P.Vinogradov				A.P.Beus – S.V.Grigorjan				
	Kisele stene (graniti granodioriti i dr.)	Srednje stene (dioriti andez.)	Bazične magm. stene:bazalti, gabro i dr.)	Škriljci	Graniti	Granodioriti	Intermedijarne stene	Bazične stene	Škriljci
Ti	2.300	8.000	9.000	4.500	1.700	3.800	6.000	8.000	3.800
Mn	600	1.200	2.000	670	400	700	1.200	1.200	800
Pb	21	15	18	20	19	15	12	6	20
W	1,5	1	1	2	2,2	1,7	1,2	0,7	1,8
Ga	20	20	18	30	20	20	17	17	19
Mo	1	0,9	1,4	2	1,3	1,2	1,1	1,5	2,6
V	40	100	200	130	44	88	150	250	130
Cu	20	35	100	57	10	26	40	87	45
Y	34	29	20	30	40	34	29	21	26
Zn	60	72	130	80	39	56	75	105	95
Zr	200	260	100	200	180	160	140	110	160
Ni	8	55	160	95	4,5	15	50	130	68
Co	5	10	45	20	1	7	9	48	19
Sc	3	2	24	10	7	14	20	30	13
Cr	26	50	200	100	10	22	55	170	90
La	60	30	27	40	55	40	30	15	92
Ba	830	650	300	800	840	450	380	330	580
Sr	300	800	440	450	110	440	450	470	300
Yb	4	3	2	3	4	3,2	2,8	2,1	2,6
Li	40	20	15	60	38	30	25	15	66
Rb	200	100	45	200	210	160	110	50	140
Cs	5	-	1	12	5	2	1,5	1,1	5
Na	2,77%	3,00%	1,94%	0,66%	2,66%	2,78%	2,60%	1,90%	0,98%
K	3,34%	2,30%	0,83%	2,28%	3,50%	2,52%	1,50%	0,70%	2,70%
Ca	1,58%	4,65%	6,72%	2,53%	1,12%	2,40%	4,60%	7,30%	2,00%
Ag	0.05	0,07	0,1	0,1	0,37	0,051	0,07	0,011	0,07
Mg	0,56%	2,18%	4,50%	1,34%	0,33%	1,10%	2,20%	1,50%	1,50%
Ce	100	-	4,5	50	92	80	65	48	59
Hg	0,08	-	0,09	0,4	0,067	0,067	0,075	0,065	0,066
Sb	0.26	0.21	1	2	2	2	2	2	1.5
Cd	0.1	0.2	0.19	0.3	0.13	0.16	0.18	0.10	3.0
Bi	0.01	0.01	0.007	0.01	0.01	0.01	0.08	0.01	-
As	1.4	2.1	2	6.6	1.5	1.9	2.0	1.0	13
Au	0,0045	0,004	0,004	0,001	0,008	0,0012	0,0028	0,0036	-

Sadržaj **mikroelemenata** ima izuzetan značaj za rešavanje porekla i geneze metamorfita u rudnom polju Mačkatice. Stoga su pored hemijske analize na osnovne elemente Mo, Cu, Zn, Pb, alkalije i $CaCO_3$ u znatnom broju proba (72) spektralnom analizom određeni makro i mikroelementi (tabela 15) i upoređeni sa prosečnim sadržajem u škriljcima po Vinogradovu (1962). Nedostatak ovih analiza je svakako u osetljivosti analitičkih metoda. Mnogi elementi registrovani su u malom broju proba: W (3), Ag (3), Zn (14), a na Rb, Li i Cs urađene su svega 7

analiza. Rb i Li su registrovani u dve probe, a Cs nije uopšte registrovan. Poboljšanjem osetljivosti analitičkih metoda dobili bi realniju sliku sadržaja, kako makro tako i mikroelemenata.

Skandijum (Sc) se u škriljcima Mačkatice kreće u intervalu od 0-60 ppm, srednji sadržaj 9 ppm, što je manje od klarka u škriljcima (10 ppm). Primetno je da Sc potpuno izostaje u kvarcitima, a da su povećani sadržaji preko 40 ppm registrovani u hlorit-epidot-amfibolitskim i biotitskim škriljcima, što ukazuje na njihovo moguće poreklo (bazične stene).

Prema tome, sadržaj Sc može predstavljati jednu od indikacija o magmatskom poreklu ispitivanih stena i delom vulkanogeno-sedimentnom poreklu.

Sadržaj V u metamorfitima rudnog polja Mačkatice kreće se u intervalu od 7-1000 ppm, srednji sadržaj 89 ppm. Iz navedenog proizilazi da je sadržaj V u ispitivanim stenama niži od klarka u škriljcima (130 ppm).

Tabela 15. *Sadržaj makro i mikroelemenata u škriljcima i dacitima Mačkatice prema spektralnoj analizi (ppm)*

Table 15. *Content of macro and microelements in Mačkatica schists and dacites according to spectral analyses (ppm)*

Elementi	Škriljci (N = 72)		Daciti (N = 132)	
	Opseg	Srednji sadržaj	Opseg	Srednji sadržaj
Ti	250 : 10.000	5.601	25 - 10.000	3.278
Mn	60 - 3.000	553	36 - 2.300	661
Pb	0 – 640	48	0 – 900	58
W	0 – 150	6	0 – 150	3
Ga	5 – 34	9	5 – 28	12
Mo	1 - 1.800	192	1 - 3.200	222
V	7 - 1.000	89	8 – 650	38
Cu	17 - 2.000	181	2 – 780	57
Y	3 – 45	17	0 – 45	13
Zn	0 - 1.300	144	0 - 1.200	87
Zr	30 - 1.000	192	9 – 500	131
Ni	3 – 600	42	1 – 76	9
Co	4 – 300	20	1 – 40	7
Sc	0 – 60	9	0 – 30	1
Cr	1 - 1.000	63	2 – 170	16
La	0 – 80	12	0 – 140	33
Ba	40 - 2.500	368	40 - 9.400	954
Sr	0 – 700	94	10 - 2.400	587
Yb	0 – 4	0,7	0 – 4	0,2
Rb	0 – 45	8	20 – 270	101
Li	0 – 5	1,3	2 – 80	18
Ag	0 – 6	0,8	0 – 4	0,07

Izvor podataka (Source of records): *Simić, 1979, 1992; Analitičar: M. Arsenijević, M. Dromnjak; N:Broj proba*

Sadržaj Cr je veoma varijabilan 1-1000 ppm, srednji sadržaj 63 ppm, što je niže od prosečnog sadržaja u škriljcima (100 ppm). Najčešći sadržaji su između 10 i 100 ppm, što se odražava i na srednji sadržaj. Ovako široko variranje u sadržaju Cr, svakako se ne može koristiti pri određivanju porekla ovih stena. Takođe treba napomenuti da mnogi autori smatraju Cr kao nesiguran pokazatelj za određivanje porekla primarnih stena (Vinogradov, 1962), jer njegovi sadržaji mogu biti identični u para i ortostenama.

Sadržaj Co, kao i Cr, je veoma promenljiv 4-300 ppm, srednji sadržaj 20 ppm, što odgovara prosečnom sadržaju kobalta u škriljcima (20 ppm).

Sadržaj Ni u metamorfitima Mačkatice je takođe neujednačen 3-600 ppm, srednja vrednost 42 ppm, što je znatno manje od klarka u škriljcima (95 ppm).

Vrednost sadržaja Mn u metamorfitima Mačkatice kreće se od 60-3000 ppm, srednji sadržaj 553 ppm, što je niže od klarka u škriljcima (670 ppm). Povećan sadržaj MN uglavnom se javlja u hlorit-epidot-amfibolitskim i hloritskim škriljcima, što upućuje na njihovo poreklo od bazične magme, dok potpuno izostaju u kvarcitima. Izvestan deo mangana verovatno je prinet hidrotermalnim rastvorima i izlučen u vidu karbonata.

Galijum (Ga) se u metamorfitima rudnog polja Mačkatice nalazi u količini od 5-34 ppm, srednji sadržaj 9, i niži je od klarka u škriljcima (30 ppm).

Cirkonijum (Zr) je veoma varijabilan u metamorfitima Mačkatice i njegov sadržaj kreće se u intervalu od 30-1000 ppm, srednji sadržaj 192 ppm, što je približno saglasno sa klarkom u škriljcima (200 ppm). Maksimalne vrednosti Zr vezane su za kvarcite, što je i razumljivo s obzirom na njihova mineraloško-hemijska svojstva.

Sadržaj Y kreće se od 3 do 45 ppm, srednji 17 ppm, prema tome nešto je niži od klarka u škriljcima (30 ppm).

Stroncijum (Sr) pokazuje visoke varijacije u škriljcima u rudnom polju Mačkatice. Sadržaj varira od 0-700 ppm, srednji sadržaj 94 ppm, i više od četiri puta je manji od prosečnog sadržaja u škriljcima (450 ppm). Maksimalni sadržaji Sr obično su vezani za biotitske i hlorit-epidot-amfibolske škriljce, dok u kvarcitima skoro potpuno izostaju.

Sadržaj Ba u metamorfitima Mačkatice varira od 40-2500 ppm, srednji sadržaj 368 ppm, što je znatno niže od klarka u škriljcima (800 ppm). Postoji izvesna asocijacija između visokih sadržaja Ba, K, Pb i Zn, što ukazuje na njegov prinos u hidrotermalnim procesima.

Sadržaj Ti u metamorfitima rudnog polja Mačkatice se javlja u intervalu 250 do više od 10 000 ppm, srednja vrednost 5601 ppm i znatno je viši od klarka Ti u škriljcima (4.500 ppm). Visoke sadržaje Ti u škriljcima rudnog polja Mačkatice uočio je još Vujanović (1956/57) koji navodi podatak da u biotitskim škriljcima ima 2 i više procenata Ti.

Od ostalih elemenata treba pomenuti Yb sa srednjim sadržajem 0,7 ppm, koji je daleko ispod prosečnog sadržaja za škriljce (3 ppm). Sadržaj La (12 ppm) takođe je znatno ispod klarka u škriljcima (40 ppm).

Ostali elementi Li, Rb, W, Ag registrovani su u spektralnim analizama u svega dve do tri probe, pa stoga smatram ne mogu se uzeti u ozbiljnija razmatranja, jer njihovi srednji sadržaji ne odražavaju pravo stanje geohemijske sredine. Pored ovih, korišćenje i mnogih drugih mikroelemenata je otežano nedostatkom adekvatno osetljive analitičke metode.

Sadržaji rudnih elemenata Mo (192 ppm), Cu (181 ppm), Zn (144 ppm) i Pb (48 ppm) u metamorfitima Mačkatice, dobijeni spektralnom analizom, znatno premašuju prosečne sadržaje za škriljce u Zemljinoj kori (V i n o g r a d o v , 1962).

Tercijarne magmatske stene

U rudnom polju Mačkatice najveće rasprostranjenje imaju daciti, dok se kvarcdioritporfiriti, granodioritporfiriti, monconitski mikrograniti i lamprodaciti javljaju na znatno manjem prostoru.

Daciti

Daciti zahvataju najveći deo rudnog polja Mačkatice, a javljaju se u vidu masivnih tela (dacitski štok Mačkatice) ili proboja i dajkova. Vrlo često uklapaju manje ili veće partije kristalastih škriljaca, dok su sasvim retko probijeni žicama kvarcdioritporfirita, granodioritporfirita i amfibolskih lamprodacita.

Dacitski štok Mačkatice ima površinu od oko 20 km^2. Generalno pružanje je SZ-JI, odnosno od Mačkatice na SZ, preko Čemernika do izvorišnog dela Gradske reke na JI. Zapravo, najveći deo dacita nalazi se u slivnom području reke Garvanice, gde su dislocirane i pojave molibdena. U obodnom delu dacitskog štoka ima više manjih proboja i dajkova dacita koji se najčešće javljaju u grupama i "rojevima". Pružanje ovih dacitskih dajkova najčešće je SZ-JI, mada ima i suprotnih pružanja SI-JZ (sl. 18).

Strukturne karakteristike dacita ukazuju da su kristalisali u subvulkanskim uslovima. Naime, svi daciti su masivne homogene teksture, holokristalasto-porfirske strukture sa različitim stepenom kristaliniteta osnovne mase i količinom fenokristala. Mikrozrnasti daciti iz dubljih hipoabisalnih nivoa se karakterišu sitnozrnom osnovnom masom i obiljem fenokristala, koji ponekad zahvataju više od 50% ukupne površine stene, pa prema S t r i n g h a m u (1971) se mogu svrstati u porfirske dacite. Daciti koji su kristalisali u višim nivoima imaju mikrokristalastu do mikrozrnastu osnovnu masu i nešto manji broj fenokristala. Staklasti, odnosno izlivni daciti nisu konstatovani.

Prema intenzitetu mehaničkih deformacija daciti rudnog polja Mačkatice se mogu podeliti u dve grupe: intenzivno tektonizirani, a zatim hidrotermalno izmenjeni i sveži daciti.

Mikroskopska ispitivanja dacita iz više nalazišta pokazala su da im je mineralni sastav dosta ujednačen. Uglavnom su zastupljeni varijeteti sa biotitom i hornblendom. Samo biotitski ili samo amfibolski varijeteti su sasvim retki. Zapažena je izvesna razlika u pogledu sadržaja kvarca koji se kod dacitoandezitskih varijeteta smanjuje da bi potpuno izostao u fenoandezitima.

Piroksenski varijeteti nisu konstatovani što ukazuje da je magmatski rastop iz koga su kristalisale ove stene, bio bogat vodenom parom.

Kvarc je najčešće bipiramidalan, obično korodovan osnovnom masom. Plagioklasi uglavnom odgovaraju andezinu sa promenljivim sadržajem anortita od 35-48%, a najčešće su delimično do intenzivno zamenjeni sericitom, mineralima glina, mineralima epidotske grupe ili kalcitom. U intenzivno hidrotermalno izmenjenim dacitima plagioklasi su obično zamenjeni K-feldspatom i znatno ređe albitom. Biotit je uvek hloritisan ili izbeljen, a mestimično je zamenjen epidotom, klinocoisitom, kalcitom i neprovidnim mineralima. Hornblenda se obično zapaža u manjim količinama, retko sveža, najčešće su sačuvane samo konture fenokristala, a zamenjena je sitnolistastim agregatima biotita, hlorita, mineralima epidotske grupe, kalcitom, sfenom i neprovidnim mineralima (najčešće piritom).

Osnovna masa ovih stena je gusto zbijena mikrozrnasta, istog mineralnog sastava, osim što sadrži promenljivu količinu međuprostornog K-feldspata, koja se povećava ukoliko su sastojci osnovne mase krupniji.

Tabela 16. *Modalni sastav dacita (u %)*
Table 16. *Modal composition of dacites (in %)*

Broj uzorka:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
Osnovna masa	34,19	41,43	49,08	47,20	32,99	51,32	36,86	38,55	36,69	43,00	59,00	34,13	54,36	57,28
Plagioklasi	43,00	32,62	35,04	24,03	43,48	34,93	34,44	26,12	34,08	37,00	31,00	42,49	30,42	32,23
Kvarc	13,02	17,52	9,15	5,24	14,51	2,55	18,10	9,15	20,53	15,00	-	11,34	3,08	-
Biotit	5,65	5,65	2,58	17,31	4,66	2,77	2,77	-	-	-	-	8,45	-	0,15
Fe-Mg minerali	-	-	-	-	-	5,13	-	19,10	3,74	4,00	7,00	-	-	-
K-feldspat	-	-	0,53	-	2,33	1,36	3,10	-	1,32	-	-	-	-	-
Metal. minerali	3,54	1,74	3,25	3,99	1,72	1,70	2,45	4,15	2,79	1,00	1,00	1,07	2,67	2,99
Apatit	0,45	0,40	0,25	0,27	0,17	-	0,18	0,41	0,54	-	-	1,57	0,35	0,15
Cirkon	-	0,18	0,06	0,06	0,05	0,14	0,08	0,04	0,15	-	-	0,01	0,08	0,07
Sfen	-	-	0,05	0,13	-	-	-	-	-	-	-	0,32	0,04	1,24
Alanit	0,16	0,12	-	0,05	0,08	-	-	-	-	-	-	0,08	0,03	-
Epidot	-	0,33	-	1,72	-	0,09	-	-	-	-	2,00	0,34	-	1,17
Kalcit	-	-	-	-	-	-	2,01	-	0,25	-	-	-	1,35	0,69
Hlorit	-	-	-	-	-	-	-	2,47	-	-	-	-	7,17	4,02
Sericit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,17	0,46	-
	100,00	99,99	99,99	100,00	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	100,00	99,00	99,80	99,55	99,99

Izvor podataka (Source of records): *Simić, 1979, 1992; Analitičar: M. Kalić - Cukućan; A. Radulović*

1. Bušotina M-10 (18,5 m), 2. Bušotina M-10 (70,8 m), 3. Bušotina M-10 (99,8 m), 4. Bušotina M-10 (131 m), 5. Bušotina M-10 (136 m), 6. Bušotina M-9 (45,1 m), 7. Bušotina M-9 (50,2 m), 8. Bušotina M-9 (184,8 m), 9. Bušotina M-9 (204,0 m), 10. Bušotina M-6 (180,5 m), 11. Bušotina M-6 (211,6 m), 12. Popova dolina, 13. Garvanica, 14. Bušotina BB-8 (250 m).

Sporedni sastojci su neprovidni minerali (magnetit i pirit) apatit, sfen, alanit i cirkon. Sekundarni sastojci su neravnomerno zastupljeni što je uslovljeno različitim intenzitetom hidrotermalnih promena. Najčešći sekundarni minerali su: sericit, minerali glina, K-feldspat, hlorit, kvarc, epidot, albit, kalcit, kao i malo neobiotita, zeolita, limonita i jarozita.

Na tabeli 16, prikazan je modalni sastav dacita iz koga se vidi količinski odnos osnovne mase i fenokristala, kao i zapreminska zastupljenost pojedinih minerala u stenama. Na osnovu tih podataka, a prema klasifikaciji S t r i n g h a m a (1971), ove stene treba shvatiti kao porfirske dacite sa prelazima ka porfiritskim tipovima.

Lamprodaciti (prelazi ka lamproandezitu)

Javljaju se na prostoru Gajdarskog rida, Kućišnjaka i Đokanovog potoka, u vidu dajkova u dacitima debljine retko više od 10 m (Ć e b i ć , 1979). To su stene tamnozelene do tamnosive boje, mikrozrnaste teksture i svežeg izgleda. Strukture je holokristalasto porfirske sa malom količinom fenokristala u odnosu na osnovnu masu stene.

Ove stene su izgrađene od fenokristala zelene hornblende (delimično limonitisana, hloritisana ili zamenjena sfenom), male količine zonarnog plagioklasa (andezin) koji je slabo sericitisan i argiliziran, retko epidotisan. Takođe je zapažena mala količina kvarca i biotita. Osnovna masa je mikrozrnasta i mikrolitska, a sastoji se od mikrolita, hornblende i feldspata, dosta sitnih zrnaca neprovidnih minerala i sasvim male količine kvarca. Sporedni sastojci su apatit i cirkon, a sekundarni epidot, hlorit i kalcit.

Hemijska analiza ove stene data je na tabeli 18. Prema Nigglijevim vrednostima pripada lamproandezitskoj magmi.

Kvarcdioritporfiriti

Ove stene su izdvojene samo na osnovu mikroskopskog ispitivanja stena u domenu Kućišnjaka i dosta su retke (S i m i ć , 1979, Ć e b i ć , 1984). Makroskopski one su veoma slične porfirskim dacitima, naime, karakterišu se mikrozrnastom teksturom sa obiljem sitnih fenokristalića. Raspored ovih stena, odnosno pružanje u dacitima je po pravcu ZSZ - IJI. Ima se utisak da preovlađuju u nižim više erodovanim delovima terena, te da predstavljaju najdublje erodovane subvulkanski očvrsle dacite koji imaju sve strukturne karakteristike hipoabisalnih stena.

Kvarcdioritporfiriti karakterišu se istim mineralnim sastavom kao i daciti. Najveća i ujedno bitna razlika je u stupnju kristaliniteta osnovne mase i količini fenokristala. Strukture su porfirske u kojoj fenokristali znatno preovlađuju nad osnovnom masom. Sastoje se od fenokristala kvarca, andezina, retko oligoklasa, amfibola i biotita. Kvarc je najčešće korodovan osnovnom masom ili okružen granofirskim vencem. Plagioklasi su zonarne građe, delimično ili intenzivno sericitisani, argilizirani, epidotisani, zeolitisani i ređe karbonatizirani. Biotit je

redovno zamenjen hloritom u kojem se zapažaju iglice sagenita i zrna neprovidnih minerala i epidota. Od fenokristala hornblende ostale su samo kristalne forme zamenjene hloritom, epidotom, klino-coisitom, neprovidnim mineralima, sfenom, kalcitom i retko limonitskom materijom.

Osnovna masa je istog mineralnog sastava kao i fenokristali, osim što sadrži nešto međuprostornog K-feldspata, čija količina se povećava ukoliko je kristalinitet osnovne mase veći. Osnovna masa uvek zahvata znatno manju površinu od fenokristala. Mestimično se zapažaju postupni prelazi od fenokristala, preko makrofenokristala do zrnastih agregata osnovne mase. Karakteristično je napomenuti da se u ovim stenama zapažaju česti agregati ili monokristali epidota i klinozoisita.

Sporedni sastojci su neprovidni minerali, apatit, sfen, cirkon i alanit.

Od mikrozrnastih stena izdvojeni su još **monconitski mikrograniti sa biotitom** (Borovički potok) i **amfibolsko-biotitski mikrogranodioriti** (Kućišnjak). To su svetlosive mikrozrnaste reltivno sveže stene. Strukture su neravnomerno hipidiomorfno zrnaste sa često idiomorfno razvijenim plagioklasima, biotitom i hornblendom, dok su kvarc i ortoklas međuprostorni. Od sporednih sastojaka sadrže dosta neprovidnih minerala (oko 2%), apatit, alanit i cirkon. Od sekundarnih sastojaka sadrže malo epidota, sericit i hlorit. Sfen je obilan i često zamenjuje hornblendu.

Granodioritporfiriti

Granodioritporfiriti najčešće se zapažaju oko Gajdarskog rida, Kućišnjaka, Đokanove i Graznatove doline, mada se javljaju i u drugim delovima rudnog polja (Ćebić, 1984). Obično se javljaju kao žice male debljine. Treba napomenuti da je nekada, u samom dacitskom štoku, kao i njegovom obodnom delu, veoma teško, makroskopski razlikovati granodiorit-porfirite od dacita, jer su po boji, načinu pojavljivanja i strukturi skoro potpuno identični. Zapravo, razlikuju se jedino po stepenu kristaliniteta osnovne mase i znatno većoj količini fenokristala u odnosu na osnovnu masu (tabela 17).

Terenska i mikroskopska ispitivanja ukazuju da je utiskivanje rastopa koji su dali ove stene, vršeno u finalnoj fazi očvršćavanja plutona, ali pre njegove potpune konsolidacije, u već delom, ili potpuno formirane tenzione pukotine na šta ukazuje i odsustvo "zamrznutih" rubova (Tasić & Vasković, 1987, 1989).

To su svetlosive mikrozrnaste, ređe porfirske stene. Strukture su holokristalasto porfirske sa čestim mehaničkim deformacijama. Sastoje se od fenokristala kvarca, K-feldspata, plagioklasa, biotita i sasvim retko amfibola. Kvarc je obično kvadratnih formi, korodovan osnovnom masom ili okružen granofirskim vencem. K-feldspat je uglavnom svež i mestimično potiskuje plagioklase. Plagioklasi odgovaraju oligoklasu i andezinu (od 28,8 - 44,31% An), delimično do intenzivno su sericitisani ili karbonatizirani. Biotit je delom hloritisan, a amfibol je potpuno zamenjen hloritom, epidotom, kalcitom ili sfenom.

Osnovna masa je sitnozrna do srednjezrna, a istog je sastava kao i fenokristali. Često se zapaža neravnomeran raspored sastojaka, naročito feldspata i kvarca, kao i povećan sadržaj neprovidnih minerala (sulfida). Izrazito povećan sadržaj K-feldspata zapažen je u stenama koje su zahvaćene hidrotermalnim promenama. Od sporednih sastojaka sadrži apatit, cirkon, neprovidne minerale i alanit.

Tabela 17. *Modalni sastav granodioritporfirita (%)*

Table 17. *Modal composition of granodiorites (%)*

Broj uzorka	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
Osnovna masa	22,24	27,65	25,00	26,59	30,19	35,49	36,79	32,61	34,86	34,57	44,90	32,42	31,58
Plagioklas	39,37	41.85	51,00	47,77	45,48	32,56	42,45	47,64	42,83	34,91	32,80	39,82	45,78
Kvarc	18,53	22,83	13,00	11,31	16,70	23,03	11,70	13,59	12,99	23,31	12,79	23,89	21,15
K-feldspat	5,18	-	3,00	7,21	-	3,17	0,92	-	-	1,83	-	-	-
Biotit	11,78	5,00	5,00	3,11	4,58	4,90	3,52	3,32	-	3,99	-	3,19	-
Fe-Mg minerali	-	-	-	-	-	-	-	-	6,31	-	5,66	-	0,93
Metal. minerali	1,77	2,21	3,00	2,65	2,49	0.84	4,05	2,35	2,34	0,38	2,85	0,56	0,56
Apatit	0,19	0,29	-	0,32	0,45	-	0,37	0,48	0,55	0,14	0,54	0,11	-
Cirkon	0,07	0,06	-	0,02	0,10	-	0,19	-	0,11	-	-	-	-
Kalcit	0,86	0,10	-	0,94	-	-	-	-		0,86	0,45	-	-
	99,99	99,99	100,00	99,92	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	100,00

Izvor podataka (Source of records): *Simić, 1979, 1992; Analitičar: M . Kalić - Cukućan; A. Radulović*

1. BB-8 (232 m), 2. BB-8 (364 m), 3. M-4 (323 m), 4. M-4 (199 m), 5. M-11 (141 m), 6. M-12 (81 m), 7. M-12 (115 m),8. M-12 (142 m), 9. M-12 (200 m), 10. M-14 (173 m), 11. M-12 (224 m), 12. Troskački potok, 13. Pešinci.

Petrohemijske karakteristike dacita Mačkatice

U celini posmatrano, u hemijskom sastavu dacita Mačkatice uočavaju se, relativno, znatne razlike u sadržaju SiO_2 (silicije), koja se kreće u intervalu od 56,30 do 66,20%, dakle pokazuje intermedijarni (53-64%) do kiseli (>64%) karakter (Andreeva, 1981). Relativno niski sadržaji vezane vode 0,18-0,82%, odnosno srednji 0,42%, ukazuju da su stene sveže (tabela 18).

Zavisnost glavnih oksida u odnosu na sadržaj SiO_2, prikazan je na dijagramu (sl. 28). Sa porastom SiO_2 ukupno FeO, MgO i CaO opadaju što se jasno vidi na zbirnom dijagramu, dok Na_2O i K_2O imaju približno ujednačen sadržaj, sa blagim porastom zajedno sa SiO_2. Aluminija (Al_2O_3) ima praktično ravnomeran sadržaj, dok je TiO_2 podjednako zastupljen u svim probama 0,10%.

Tabela 18. *Hemijski sastav magmatskih stena – Mačkatica*
Table 18. *Chemical composition of igneous rocks – Mačkatica*

Komp.%	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
SiO_2	66.20	66,50	64,80	63,30	65,02	64,00	66,20	62,10	56,60	64,10	66,,30	56,30	65,58	66,88
TiO_2	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,64	0,57
Al_2O_3	16,40	15,73	16,50	16,40	16,30	15,60	16,40	16,60	15,00	15,76	14,56	15,00	16,67	15,66
Fe_2O_3	2,86	3,57	3,50	3,60	3,70	3,78	3,00	3,70	5,85	3,50	2,14	4,41	2,24	1,33
FeO	1,80	2,00	1,53	2,90	2,59	3,13	2,11	2,50	2,10	2,10	1,20	1,46	3,00	2,59
MnO	0,05	0,05	0,10	0,05	0,05	0,10	0,05	0,10	0,10	0,05	0,05	0,20	0,11	0,07
MgO	1,45	1,65	1,75	1,75	1,45	1,85	1,25	1,75	7,25	1,75	1,95	2,50	2,12	1,57
CaO	3,75	4,00	5,00	5,00	3,75	4,10	4,10	5,75	6,50	6,86	4,95	4,00	5,53	3,56
Na_2O	3,20	3,00	3,15	3,10	2,90	3,10	2,90	2,80	3,00	3,30	2,40	2,00	3,98	3,84
K_2O	2,80	2,40	2,90	3,05	2,80	3,65	3,20	2,65	2,40	2,70	4,25	2,70	1,40	3,07
P_2O_5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,17	0,21
H_2O^-	0,82	0,56	0,34	0,22	0,36	0,26	0,20	0,18	0,61	0,38	0,92	0,22		
H_2O^+	1,48	1,60	1,50	0,85	1,12	0,84	1,30	2,00	1,14	1,12	1,32	5,20	0,56	0,65
CO_2	0,10	0,10	0,40	0,12	0,10	0,11	0,10	0,87	0,12	0,12	0,12	2,00		
SO_3	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	4,50		
	101,03	100,29	101,59	100,46	100,26	99,65	100,93	101,12	100,79	101,186	100,107	100,60		

Normativni sastav

Q	27,00	27,72	22,92	20,16	26,76	22,98	26,40	22,68	8,16	19,80	24,78	28,98
C	1,84	1,02	-	-	2,04	0,92	1,12	0,82	-	-	-	6,63
Or	16,68	15,01	17,24	18,35	16,68	16,12	18,90	16,12	14,46	16,12	25,58	16,68
Ab	27,25	26,60	27,25	26,20	24,63	27,25	24,63	23,58	25,15	27,77	20,96	17,82
An	18,35	19,46	21,96	21,96	18,07	20,02	19,46	23,07	20,02	20,02	16,68	7,23
tn	-	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
cc	0,20	0,20	0,90	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	4,80
mt	4,18	5,34	5,10	5,34	5,34	5,57	4,41	5,34	6,96	5,10	3,25	-
hy	4,52	4,99	4,40	6,08	6,25	7,47	4,65	6,12	13,80	0,79	3,03	6,60
Il	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
di	-	-	-	1,51	-	-	-	-	9,72	9,74	5,40	-
hem	-	-	-	-	-	-	-	-	0,96	-	-	4,64
pr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,76

Niggli-jeve vrednosti

si	271,77	262,50	343,91	228,38	252,76	239,91	266,83	223,02	155,46	224,21	271,39	223,07
ab	40	37	37	35	37	34	40	35	24	33	35	35
fm	24	28	25	28	29	31	24	27	44	25	23	34
C	16	17	20	19	16	17	18	22	20	25	21	17
alk	20	18	18	18	18	18	18	16	12	17	21	14
K	0,36	0,35	0,38	0,40	0,39	0,36	0,42	0,36	0,35	0,35	0,53	0,47
mg	0,36	0,36	0,40	0,34	0,35	0,34	0,30	0,35	0,67	0,37	0,52	0,45

Izvor podataka (Source of records): *Simić, 1979; Analitičar: Z. Červenjak;*
Preračunavanja: M. Kalić-Cukućan

1. Biotitski dacit (profil 3/11); 2. Biotitski dacit, porfirski tip (profil 5/5); 3. Biotitsko-amfibolski dacit (profil 16/3); 4. Biotiitski dacit (profil 15/35); 5. Biotitsko-amfibolski dacit, porfirski tip (15/48); 6. Biotiitsko-amfibolski dacit, (profil 20/4); 7. Biotitsko-amfibolski dacit, porfirski tip(pojedinačna tačka 8); 8. Biotitsko-amfibolski dacit, porfirski tip (pojedinačna tačka 22); 9. Amfibolski-lamproandezit (profil 12/12); 10. Granodiorit-porfirit, prelaz u kvarcdiorit-porfirit (profil 8/6); 11. Biotitski granodiorit-porfirit (profil 12/11); 12. Dacito-andnezit hidrotermalno izmenjen (profil 36/18); 13. Dacit, srednja vrednost, (Huang, 1967, str. 82); 14. Granodioit, srednja vrednost, (Huang, 1967, str. 82)

Opšte karakteristike ispitivanih dacitskih stena su sledeće:

- Povišen sadržaj silicije (srednje 63,45%) koji odgovara intermedijarnim magmatskim stenama, odnosno srednjoj vrednosti dacita po Huangu (1967), 63,58%.
- Aluminija (15,87%) je veća od zbira alkalija i kalcije (10,67%) i odgovara srednjoj vrednosti dacita po Huangu (1967) 16,67%, odnosno ove stene pripadaju peraluminijskim stenama.
- Odnos Na_2O/K_2O se kreće od 0,56 do 1,25 ukazujući na natrijsko-kalijsku seriju.
- Felzično-mafični odnos (F/M) kreće se između 4,74-7,04, te prema klasifikaciji Segestroma & Joung-a (1972) stene sa F/M između 3,30-5,49 odgovaraju dioritima ili čine prelaz ka kvarcdioritima.

Prema hemijskom sastavu (tabela 18), tj. odnosima sadržaja SiO_2 - (Na_2O + K_2O), datim na dijagramu klasifikacije Andreeve (1981) (sl. 29), daciti Mačkatice čine stene od intermedijarnih ka kiselim, odnosno padaju u polje dacita i andezita i delom diorita. Slično je i prema klasifikaciji I.U.G.S. Subcommission-a (1983) baziranim takođe na odnos SiO_2 - (Na_2O + K_2O). Ispitivane stene nalaze se u području dacita i andezita, (sl. 30).

Za klasifikaciju ispitivanih stena korišćena je i hemijska klasifikacija Streckeisen - a (1982) bazirana na Or-An-Ab parametrima i prikazana na sl. 31. Iz dijagrama se vidi da većina ispitivanih stena "padaju" u polje 4, odnosno polje granodiorita. Prema tome, može se reći da je magma koja je dala ove stene u celini posmatrano imala granodioritski hemizam.

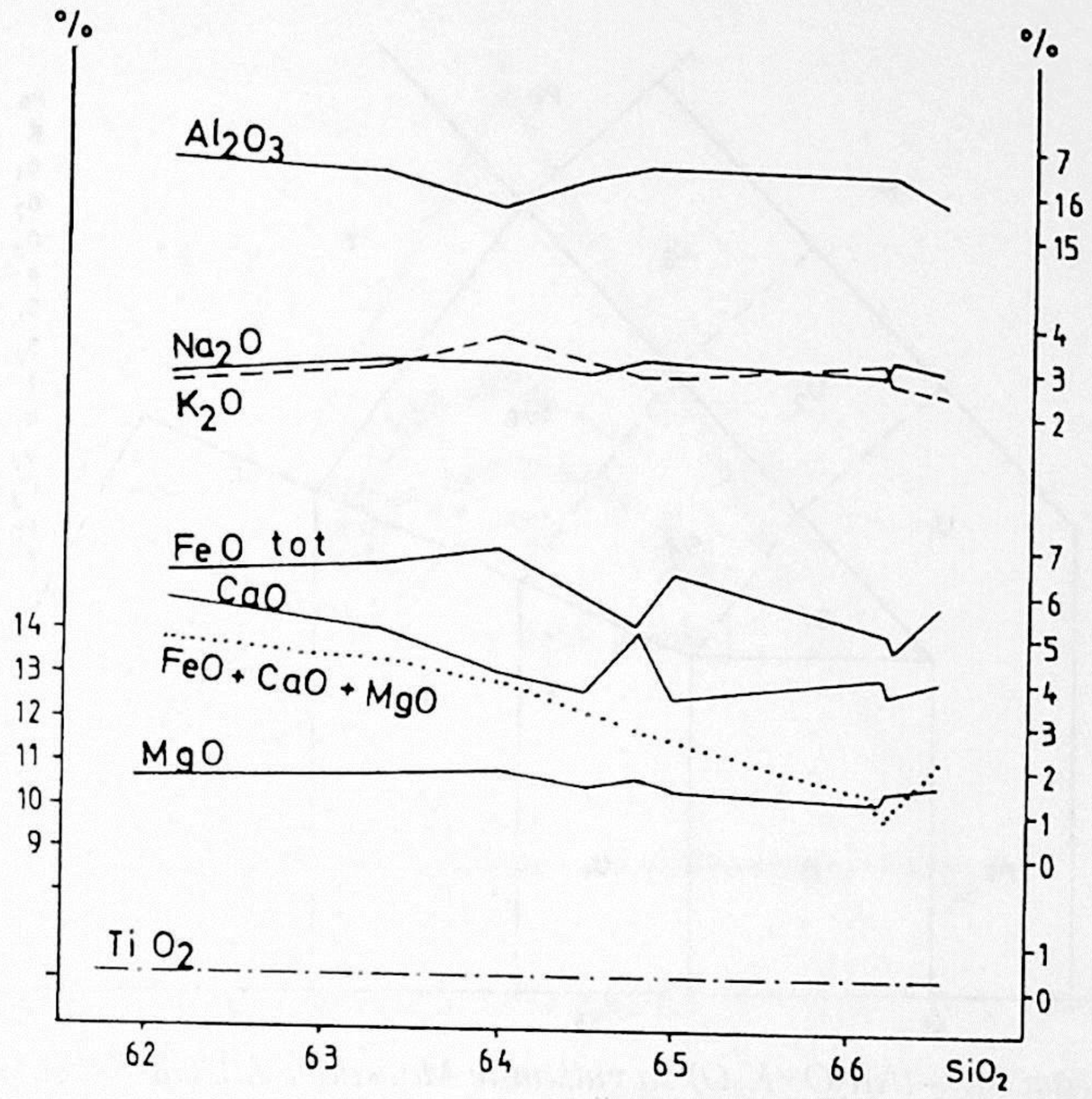
Standardni AFM dijagram (sl. 32) ukazuje na kalkoalkalni i alkalni karakter ispitivanih stena. Iz dijagrama se, takođe, vidi da ispitivane stene čine jedan diferencijacioni niz koji se karakteriše smanjenjem sadržaja Mg i Fe sa povećanjem alkalija.

Normativni sastav ispitivanih stena po CIPW dat je u tabeli 18 i ukazuje da ispitivane stene pripadaju grupi silicijom prezasićenih stena. Normativni plagioklas je kod dacita andezin sa 40,24 do 49,45% An.

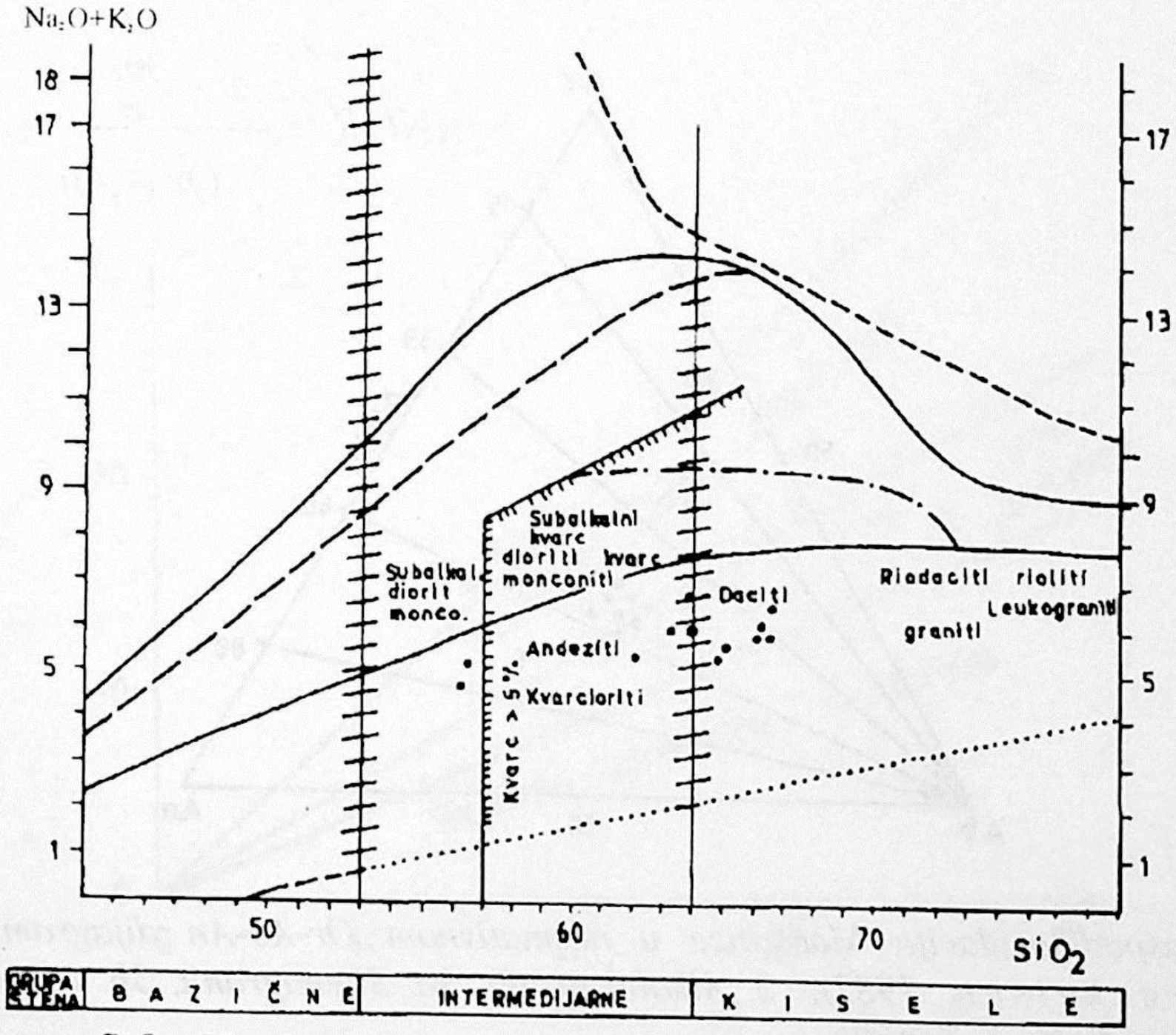
Odnos **al** i **alk** ukazuju da ispitivane stene pripadaju grupi intermedijarnih do relativno bogatih alkalijama (sl. 33)

Na QLM dijagramu (sl. 34) ispitivane stene padaju u polje koncentracije tercijarnih magmatskih stena Dinarida i Srpsko-makedonske mase (Karamata, 1977), odnosno iznad linije PF u polje kiselih magmatskih stena.

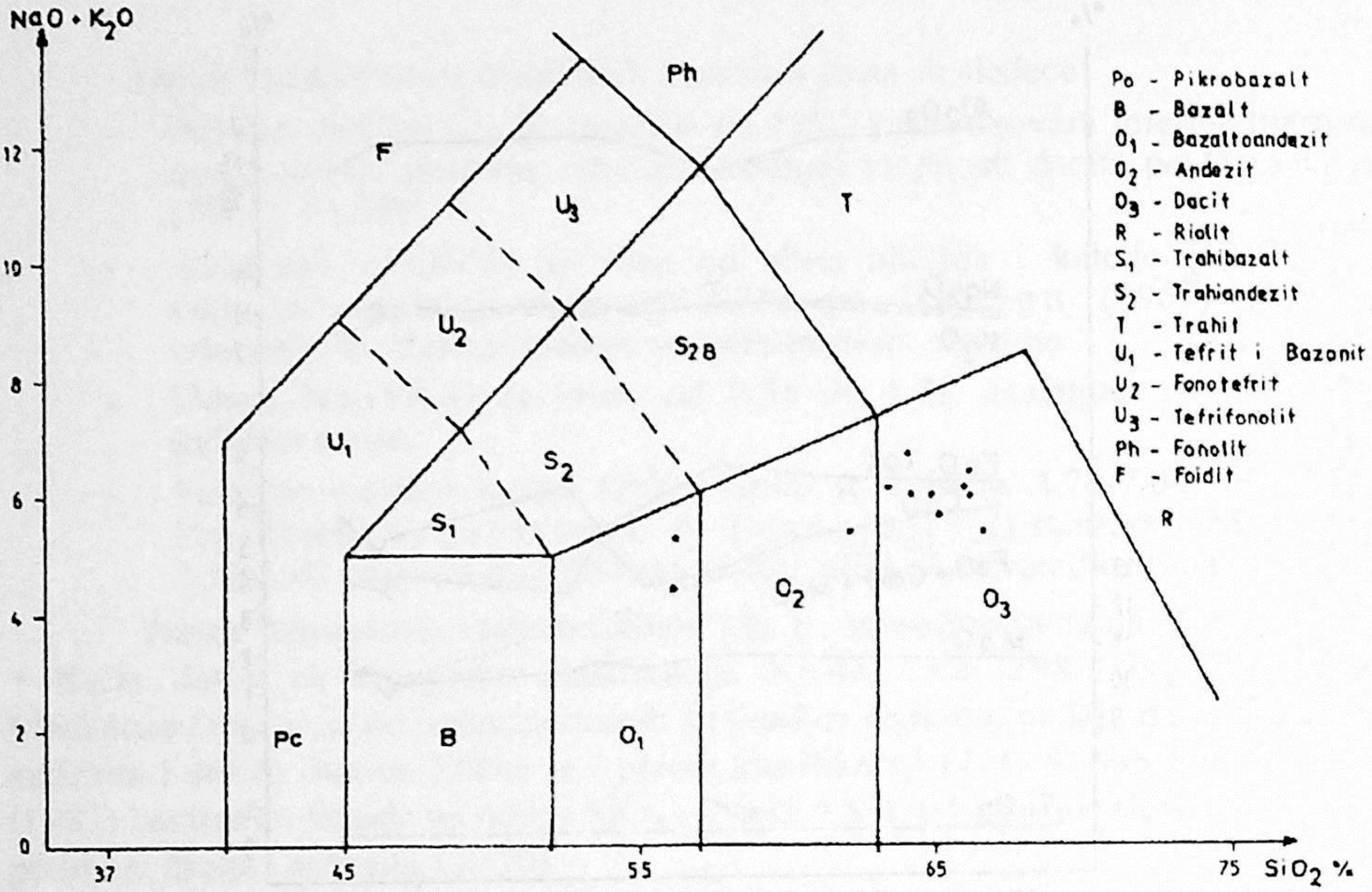
Prema Niggli-jevim vrednostima tecijarni vulkaniti Mačkatice odgovaraju normalnoj granodioritskoj magmi sa retkim odstupanjima ka normalnoj kvarcdioritskoj, farsunditskoj i leukotonalitskoj (koja je najverovatnije posledica naknadnih izmena u primarnoj steni). Prema parametrima C.I.P.W. - Lacroix ove stene pripadaju granodioritima (Simić, 1979).



***Sl. 28**. Dijagram variranja glavnih oksida u odnosu na sadžaj SiO_2 u dacitima Mačkatice*
***Fig. 28**. Variation diagram of main oxides in relation to SiO_2 content in Mačkatica dacites.*

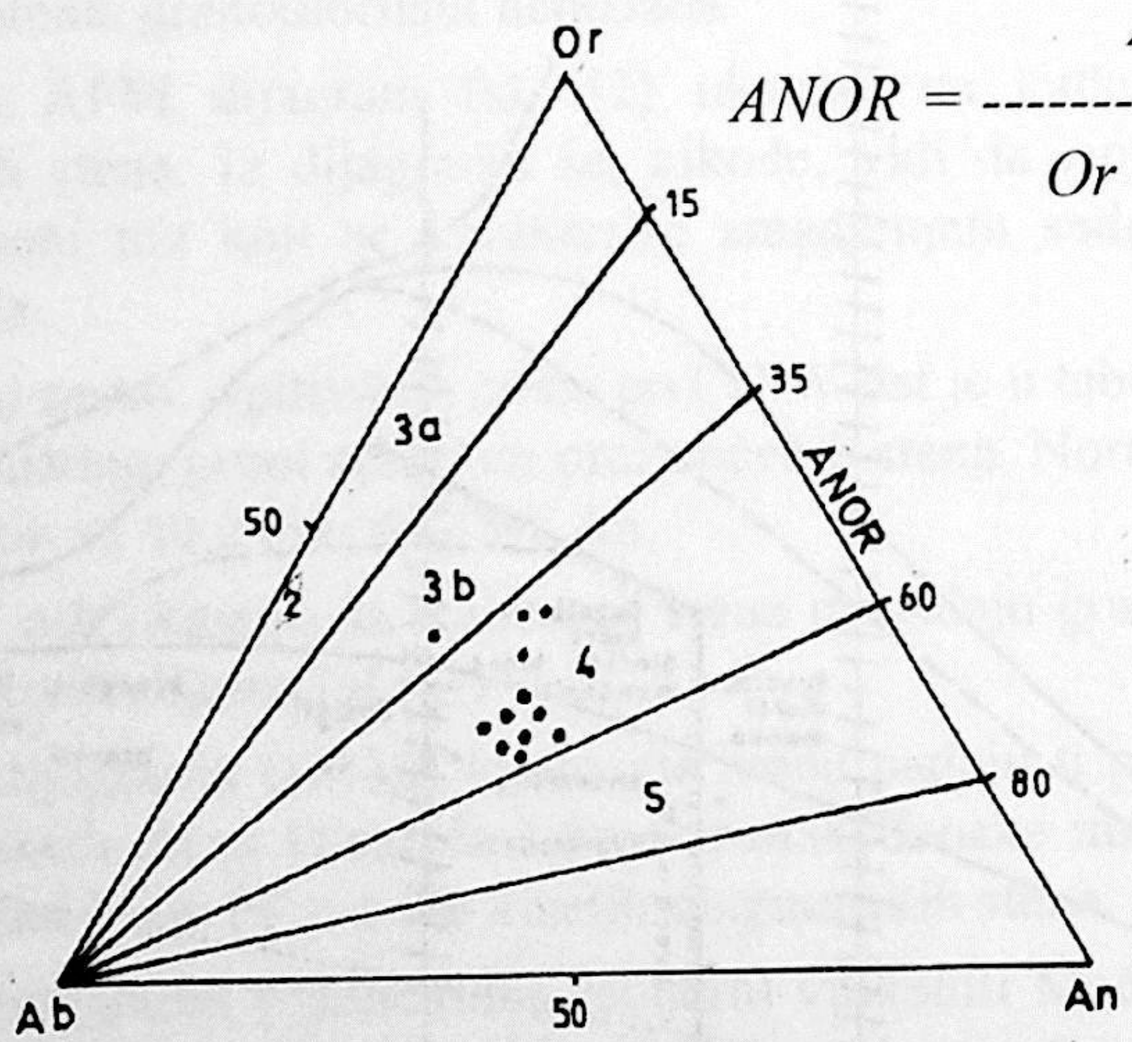


***Sl. 29**. Dijagram SiO_2-(Na_2O+K_2O) klasifikacije magmatskih stena (A n d r e e v a, 1981).*
***Fig. 29**. SiO_2-(Na_2O+K_2O) classification diagram of igneous rocks (after A n d r e e v a, 1981).*

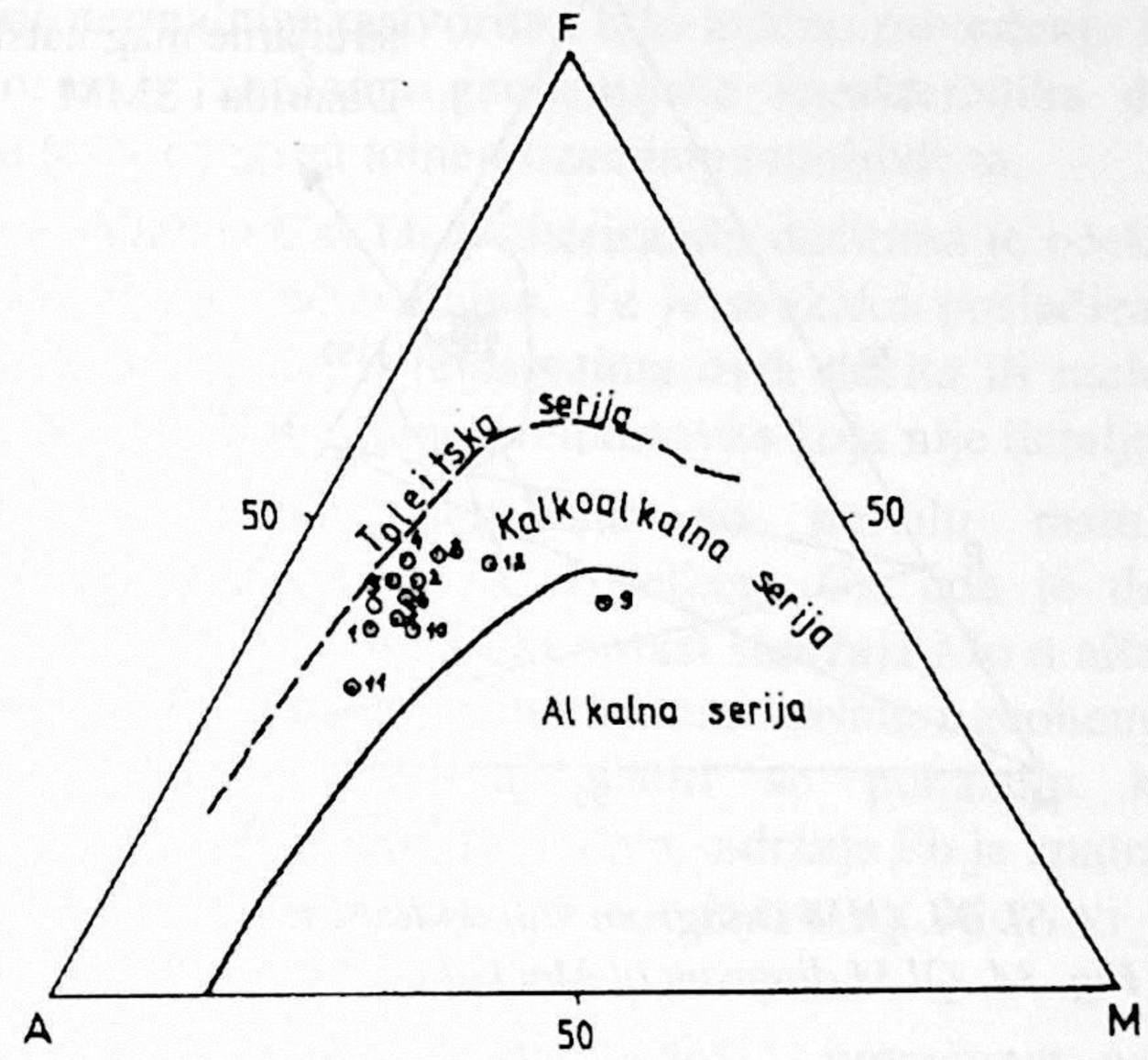


***Sl. 30**. Dijagram SiO_2-(Na_2O+K_2O) za vulkanite Mačkatice (JUGS-Subcommission, 1983).*
***Fig. 30.** SiO2-(Na2O+K2O) classification diagram of Mačkatica volcanic rocks (after JUGS subcomission, 1983).*

$$ANOR = \frac{An}{Or - An} \times 100$$

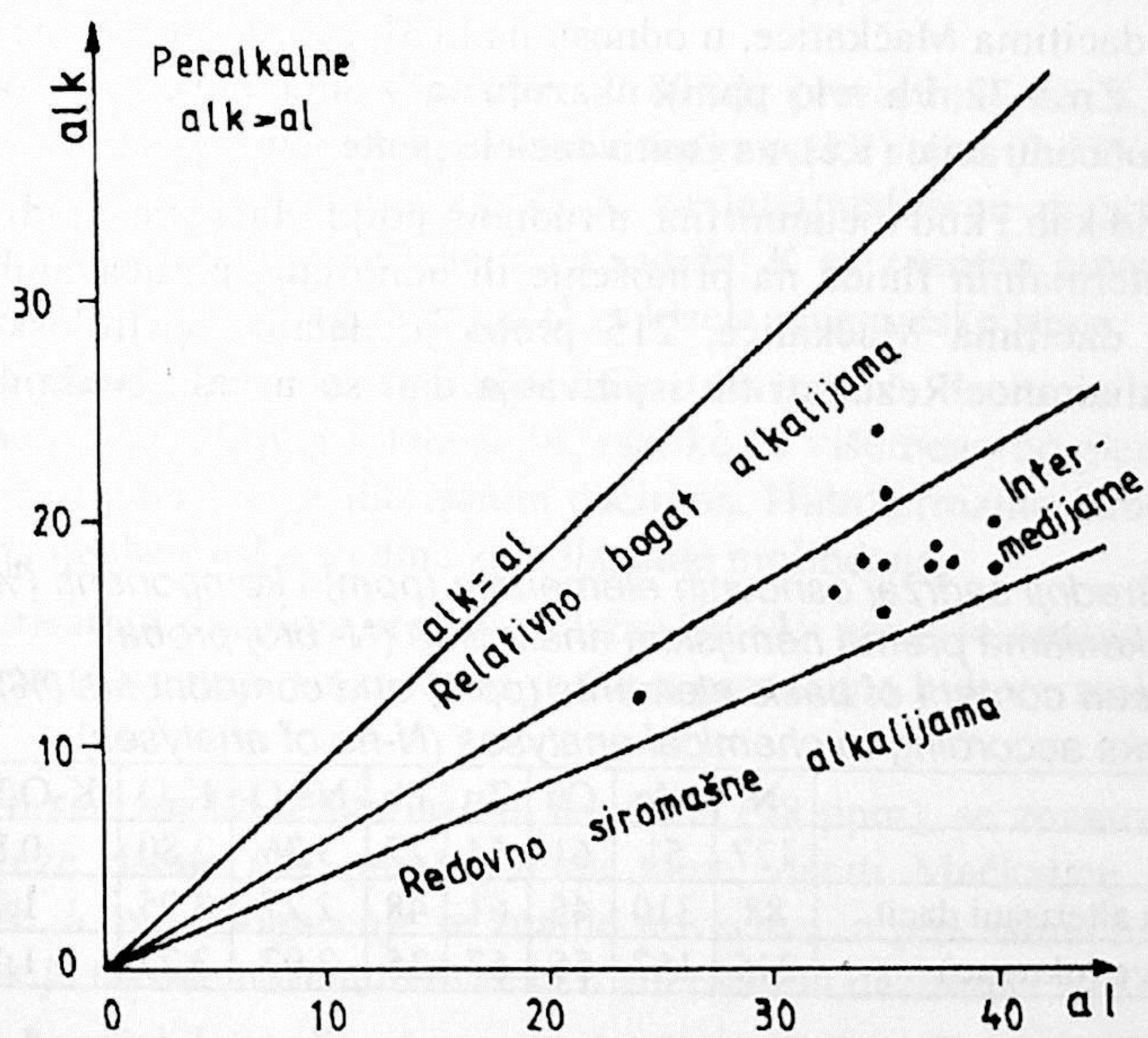


***Sl. 31**. Raspodela dacita Mačkatice u normativnom Or-Ab-An dijagramu (po A. Streekeisen, 1982), 2. Alkalni granit, 3a. Sijenogranit, 3b. Moncogranit, 4. Granodiorit, 5. Tonalit.*
***Fig. 31**. Distribution of Mačkatica dacites on norm Or-Ab-An diagram (after Streckeisen, 1982), 2. Alkaline granite, 3a. Syenogranite, 3b. Montzogranite, 4. Granodiorite, 5. Tonalite,*

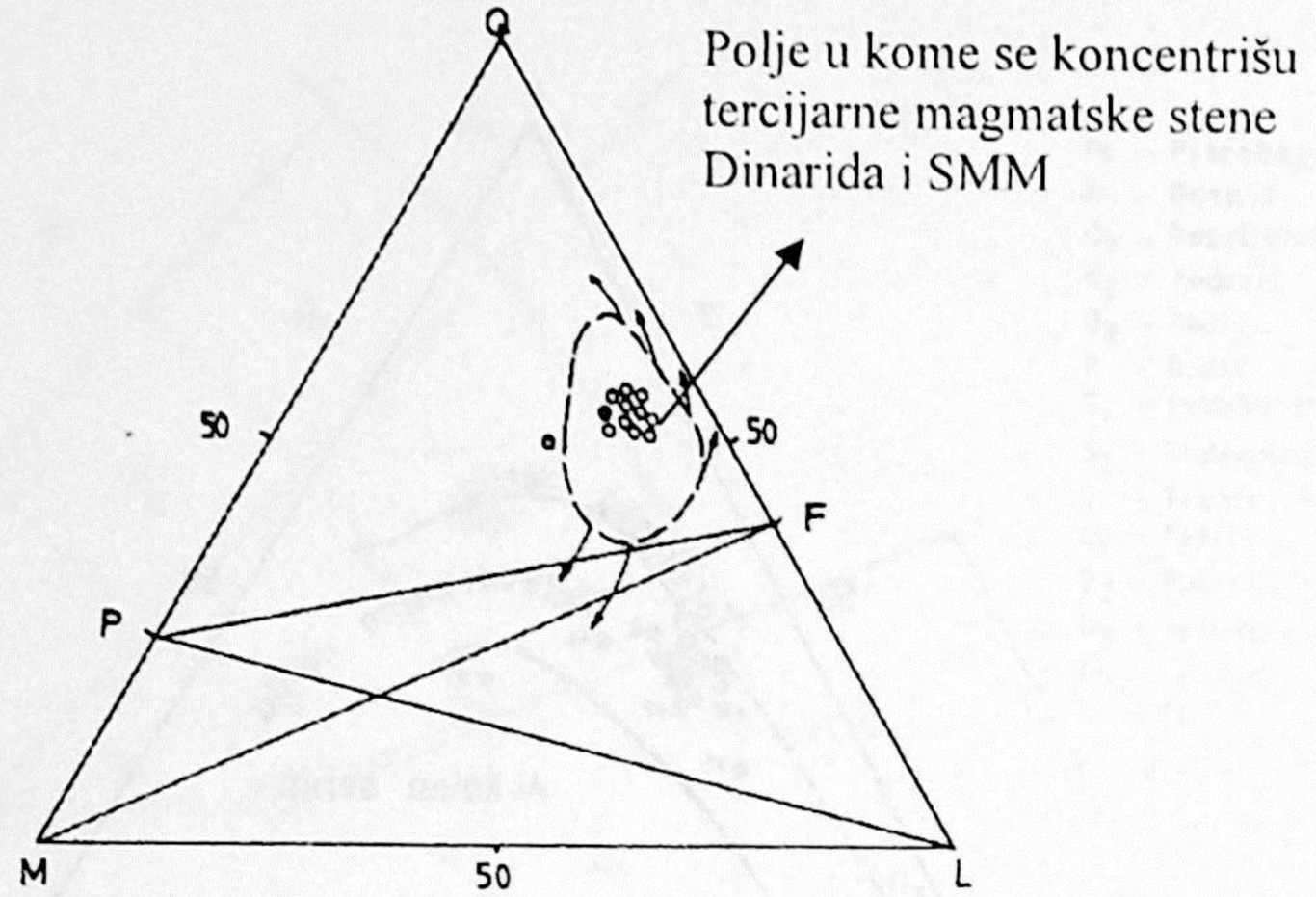


***Sl.32**. A-M-F dijagram klasifikacije vulkanita Mačkatice, A = K_2O + Na_2O, M = MgO, F = FeO (tot.)*

***Fig. 32.** A-M-F classification diagram of Mačkatica volcanic rocks, A=K_2O+Na_2O, M=MgO, F=FeO (total).*



***Sl. 33**. Dijagram odnosa al i alk u magmatskim stenama Mačkatice.*
***Fig. 33**. Diagram of al-alk ratios in Mačkatica igneous rocks.*



***Sl. 34**. QIM Dijagram vulkanita Mačkatice.*
***Fig. 34**. QLM diagram of Mačkatica volcanic rocks.*

Geohemijske karakteristike magmatskih stena Mačkatice

U dosadašnjim geološkim istraživanjima u rudnom polju Mačkatice uzet je i hemijski analiziran veći broj proba dacita (506) na Mo, Cu, Zn, Pb. Srednji sadržaj ispitivanih elemenata u ovom statističkom uzorku je sledeći: Mo = 122, Cu = 59, Zn = 71 i Pb = 52 ppm. Dobijene srednje vrednosti sadržaja analiziranih elemenata u dacitima Mačkatice, u odnosu na klark za intermedijarne stene (Mo = 0.9, Cu = 35, Zn = 72, Pb = 15 ppm), ukazuju na znatno povećanje, odnosno visok koeficijent koncentracije (Kc), za ispitivane elemente, izuzev Zn.

Slično kao i kod metamorfita, u rudnom polju Mačkatice, radi sagledavanja uticaja hidrotermalnih fluida na prinošenje ili odnošenje proučavanih elemenata i jedinjenja u dacitima Mačkatice, 215 proba je detaljno petrološki ispitano i hemijski analizirano. Rezultati tih ispitivanja dati su u vidu srednjih vrednosti u tabeli 19.

***Tabela 19.** Srednji sadržaj osnovnih elemenata (ppm) i komponenti (%) u vulkanitima prema hemijskim analizama (N- broj proba)*
***Table 19.** Mean content of basic elements (ppm) and components (%) in volcanic rocks according to chemical analyses (N-no of analyses)*

Vrsta stene	N	Mo	Cu	Zn	Pb	Na_2O	K_2O	K_2O/Na_2O	$CaCO_3$
Dacit (svež)	127	51	61	54	27	3,36	2,80	0,81	0,27
Hidrotermalno alterisani dacit	88	310	45	61	48	2,27	3,95	1,74	0,39
Dacit Mačkatice (ukupno)	215	157	55	57	35	2,97	3,27	1,10	0,31

Razlika u srednjim sadržajima izučavanih komponenti i elemenata između parcijalnih statističkih uzoraka je velika. U procesu hidrotermalnih alteracija dacita Mačkatice dolazi do znatnog sniženja koncnentracija Na_2O, uz istovremeno povećanje K_2O. Te promene se naročito održavaju u odnosu K_2O/Na_2O. U

alterisanim dacitima vrednost ovog odnosa je znatno veća od jedinice (1.74), što ukazuje da je hidrotermalnim rastvorima bilo znatno privođenje K_2O, a odnošenje Na_2O. Ovaj proces je značajna geohemijska karakteristika dacita Mačkatice, pogotovu što je u tesnoj vezi sa mineralizacijama molibdena.

Povećanje sadržaja $CaCO_3$ u alterisanim dacitima je očekivano, a može se reći da je relativno malo i neizražajno. To je svakako posledica relativno malog učešća anortitske komponente u feldspatima ovih dacita ili malog učešća CO_2 u hidrotermalnom sistemu, što je samo pretpostavka koja nije detaljno izučavana.

Koncentracije rudnih elemenata po pravilu rastu u alterisanim predstavnicima dacita Mačkatice, sa izuzetkom Cu gde je došlo do sniženja srednjeg sadržaja (tabela 19). Višestruki porast sadržaja Mo u alterisanim dacitima je svakako u vezi sa hidrotermalnim rudnim rastvorima i geohemeijski povoljnom sredinom odlaganja Mo. Alterisani daciti se pokazuju kao geohemijski najpovoljnija sredina za odlaganje Mo. Porast sadržaja Pb je znatno veći od porasta sadržaja Zn u alterisanim dacitima, ali u odnosu na Mo ovi porasti su skoro simbolični.

Srednji sadržaj Na_2O u dacitu (3,46%), preračunat na Na (2,57%) je relativno nizak u odnosu na prosečni sadržaj Na za intermedijarne magmatske stene (3,0%). Osiromašenje u Na dacita Mačkatice možemo povezati sa njegovom migracijom u procesu hidrotermalnih promena. Kod hidrotermalno promenjenih dacita, srednji sadržaj Na je veoma nizak (1,68%), tako da u celom masivu srednji sadržaj Na pada na 2,20%, što se približava klarku Na za bazične magmatske stene (1,94%).

Srednji sadržaj K_2O u dacitima (2,80%), preračunat na K (2,32%) je relativno nizak (niži je od klarka K za kisele magmatske stene (3,43%) i Zemljine kore 2,5%) i odgovara vrednosti klarka K za intermedijarne magmatske stene (2,3%). U procesu hidrotermalne alteracije sadržaj K se znantno povećava (3,28), ali ne dostiže vrednost srednjeg sadržaja K za kisele magmatske stene.

U poređenju srednjih sadržaja Mo u "svežim" dacitima (51 ppm) i alterisanim dacitima (310 ppm), tabela 19, razlike su više nego očigledne, zapravo sadržaj Mo je šest puta veći u alterisanim dacitima. Hidrotermalno izmenjeni daciti su bili povoljna geohemijska sredina za odlaganje molibdena.

U alterisanim dacitima srednji sadržaj Cu (45 ppm) je znatno niži nego u svežim dacitima (61 ppm). To znači da je Cu u procesima hidrotermalne alteracije ispran.

Srednji sadržaj Pb u alterisanim dacitima (48 ppm), se znatno povećava u odnosu na sveže dacite (27 ppm). Prema tome, daciti Mačkatice su umereno obogaćeni u Pb, a ovo obogaćenje se znatno povećava, u procesima hidrotermalne alteracije. Cink je takođe neznatno uvećan u alterisanim dacitima.

Pored hemijskih analiza (metoda AAS) na rudne elemente (Mo, Cu, Zn, Pb) i komponente K_2O, Na_2O i $CaCO_3$, u 132 probe spektralno su određeni i sadržaji mikroelemenata. Dobijeni rezultati prikazani su u tabeli 15 i upoređeni sa prosečnim sadržajem u magmatskim stenama različitog baziciteta prema V i n o g r a d o v u (1962). U vulkanskim stenama rudnog polja Mačkatice Rb varira

u intervalu 20-270 ppm, a srednji sadržaj iznosi 101 ppm, što odgovara klarku intermedijarnih magmatskih stena (100 ppm). Inače Rb je tipičan rasejan elemnat s više alkalnih svojstava nego K. U magmatskim procesima kao i K, Rb se koncentriše u kiselim magmatskim stenama, a naročito u pegmatitima, ponekad 1-3% Rb. U sedimentima se najviše koncentriše u muljevima i glinama (Pereljman, 1989).

Cezijum kao geohemijski analog Rb nije konstatovan u spektralnim analizama na Mačkatici.

Sadržaj Li kreće se od 2-80 ppm, srednja vrednost 18 ppm. Uglavnom su sadržaji od 5-30, a retki su primerci gde je sadržaj veći od 50 ppm. Daciti Mačkatice, prema klarku Li nalaze se između intermedijarnih (20 ppm) i bazičnih (15 ppm) magmatskih stena.

U vulkanitima Mačkatice Sr se kreće od 10-2400 ppm, srednje 587 ppm. U odnosu na klark, Sr se nalazi na nivou između intermedijarnih (800 ppm) i bazičnih (440 ppm) magmatskih stena.

Barijum varira u jednom širokom intervalu u magmatima Mačkatice od 40-9400 ppm, srednje 954 ppm, što je znatno više od klarka za intermedijarne stene (650 ppm).

Sadržaj Y kreće se u intervalu od 0-45 ppm, srednja vrednost 13 ppm, što je oko dva puta niže od prosečne vrednosti sadržaja u srodnim stenama u Zemljinoj kori (29 ppm).

Sadržaji La takođe variraju u jednom širokom intervalu od 0-140 ppm. Prosečna vrednost iznosi 33 ppm i odgovara klarku intermedijarnih (30 ppm) magmatskih stena.

Cirkonijum u magmatima Mačkatice se kreće u jednom širokom intervalu od 9-500 ppm, srednji sadržaj 131 ppm, što je dva puta manje od klarka za intermedijarne stene (260 ppm).

Vanadijum se u magmatima Mačkatice kreće od 8-650 ppm, srednji sadržaj 38 ppm, što je znatno niže od prosečne vrednosti sadržaja za intermedijarne stene u Zemljinoj kori (100 ppm).

Sadržaji Ga variraju od 5-28 ppm, srednja vrednost 12 ppm, što je znatno manje od klarka za intermedijarne stene (20 ppm).

Skandijum se u magmatima Mačkatice kreće od 0-30 ppm, srednja vrednost 1 ppm, što odgovara klarku u intermedijarnim stenama (2 ppm).

Sadržaj Cr se u magmatima Mačkatice kreće od 2-170 ppm, srednja vrednost 16 ppm. Prema tome, prosečan sadržaj Cr u magmatima Mačkatice najpribližniji je kiselim magmatskim stenama (26 ppm), a manji je oko tri puta od klarka intermedijarnih stena (50 ppm).

Sadržaj Co kao i Cr u vulkanitima je veoma promenljiv 1-40 ppm, srednji sadržaj 7 ppm, što odgovara klarku kiselih (5 ppm) do intermedijarnih (10 ppm) magmatskih stena.

Sadržaj Ni u dacitima je takođe neujednačen od 1-76 ppm, srednji sadržaj 9 ppm, što odgovara klarku kiselih magmatskih stena (8 ppm), a preko šest puta je manji od prosečne vrednosti za intermedijarne stene (55 ppm).

Volfram koji je zastupljen u paragenezama Mo ležišta Mačkatica, u spektralnim analizama litogeohemijskjih proba registrovan je u svega tri probe, od ukupno 132 analizirane, sa sadržajima 150 i 75 ppm. Ovako slabi rezultati volframa, pored niskog sadržaja u primarnom oreolu, posledica su i osetljivosti analitičke metode.

Sadržaj Mn se u vulkanitima Mačkatice javlja u jednom dosta širokom intervalu, od 36-2300 ppm, srednja vrednost 661 ppm, što je skoro dva puta niže od klarka za intermedijarne stene (1200 ppm). Ovako velika varijacija u sadržaju Mn verovatno je posledica hidrotermalnih procesa, jer, poznato je da se Mn koncentriše u hidrotermalnim procesima najčešće u vidu karbonata.

Sadržaji Ti u vulkanitima Mačkatice pokazuju veliku varijabilnost od 25 ppm do preko 1%. Srednja vrednost iznosi 3.278 ppm, što je preko dva puta manje od klarka intermedijarnih (8.000 ppm) magmatskih stena.

Akcesorni minerali i njihove geohemijske karakteristike

Metodom veštačkog šliha izvršeno je ispitivanje akcesornih minerala iz više uzoraka, a njihovi rezultati su prikazani na tabeli 20 (Mihailović - Vlajić iz Simić, 1979). Konstatovani minerali u veštačkom šlihu dacita (izuzev glavnih minerala stena) mogu se razvrstati prema zastupljenosti.

Iz priloženih rezultata zapaža se da su dominantne akcesorije neprovidni minerali čija količina uglavnom prelazi 50% od ukupne količine akcesornih minerala. Magnetit je dominantan mineral u dacitima, a pirit u granodioritporfiritima. Takođe se pomenute stene razlikuju i po sadržaju molibdenita, koji se javlja u nešto povećanim količinama u granodioritporfiritu, a kod dacita u vidu pojedinačnih zrna i sporadičan je.

Providni akcesorni minerali su količinski podređeni u odnosu na metalične. Njihova relativna zastupljenost je uglavnom najčešće ispod jednog procenta ili u rasponu od 1-10% ukupne količine akcesornih minerala. Najzastupljeniji su apatit, alanit i sfen, a oni su uz male količine cirkona, granata i epidota prisutni u svim ispitivanim stenama.

Prema napred izloženom, magmati Mačkatice bi pripadali sfenskom tipu sa magnetitom koji ukazuje na specijalizaciju magme na volfram i molibden. Pojave alanita i sfena mogu da ukažu na skoro potpuno rasejavanje retkih metala, jer su oni koncentratori istih i ne dozvoljavaju njihovo izdvajanje u posebne minerale.

Mikroelementi su ispitivani i u čistim koncentratima minerala, odnosno izvršeno je određivanje njihivog sadržaja u biotitu i glavnim akcesornim mineralima (apatit, alanit, sfen), a od postmagmatskih epidot, hlorit i pirit (tabela 21).

Biotit pokazuje povišene sadržaje Ti (>1%) i Zr (300 ppm) što je posledica prisustva u njemu inkluzija cirkona. Takođe se zapažaju i povećani sadržaji V (400 ppm), Ba (1200 ppm) i Sr (600 ppm).

Apatit se javlja ili u bezobličnim okruglastim formama ili pak u obliku prizmatičnih kristala veličine manje od 0,2 mm. Uglavnom su bezbojni i bistri ponekad blago zamućeni, a ređe tamno-sivi ili sa ljubičastim centrima. Cirkon se u obe vrste stena pojavljuje u sitnim zrnima, pretežno manjim od 0,1 mm, bezbojan je do bledožućkast, retko bledoružičast.

Apatit se karakteriše povišenim sadržajem Y (250-700 ppm), Zr (70-450 ppm), La (120-900 ppm) i Sr (300-1200 ppm). Povišeni sadržaji Y verovatno su posledica diferencijacionih procesa. Visoki sadržaji Zr su posledica prisustva cirkona, kao inkluzija u apatitu.

Tabela 20: *Zastupljenost akcesornih minerala u vulkanitima Mačkatice*
Table 20. *Distribution of accessory minerals in Mačkatica volcanic rocks*

Vrsta stene	Dominantni	Obilni	Česti	Retki	Pojedinačna zrna
Dacit (5 uzorka)	Magnetit	apatit alanit epidot	forsterit pirit	cirkon sfen granat epidot	Korund moasanit rutil molibdenit galenit arsenopirit halkopirit halkozin kovelin malahit barit
Granodiorit-porfirit (2 uzorka)	Pirit	apatit	molibdenit barit	korund cirkon rutil	Epidot granat

Izvor podataka (Source of records): *Simić, 1979; Analitičar: N. Mihailović - Vlajić.*

Alanit se javlja u vidu idiomorfnih, ređe alotriomorfnih kristala, katkad karakteristične zonarne građe, ili u dvojno bližnjenim zrnima - homogenim. Pojedini kristali odgovaraju epidot/ortitu (postmagmatskog karaktera). Pored Ce (>1%) koji je glavni sastojak alanita, karakteriše se povišenim sadržajem Ti (3500 ppm - >1%), Mn (3000-7000 ppm), Nb (1700 ppm), V (400 ppm), Y (700-1200 ppm), kao i Zr (300-450 ppm), La (>1%), Sr (200-600 ppm) i Pb (50-170 ppm). Epidot u magmatitima Mačkatice, je najverovatnije postmagmatskog porekla i nastaje kao produkt transformacije plagioklasa ili bojenih minerala i gradi manja nagomilanja ili žice u steni. Karakteriše se povišenim sadržajem V (160-800 ppm), Y (30-160 ppm), Zr (90-170 ppm), La (250-1499 ppm), Sr (1200-3000 ppm) kao i visokim sadržajem Ti (500 ppm ->1%) i Mn (300-3500 ppm).

Hlorit ima slično pojavljivanje kao epidot, a karakteriše se povišenim sadržajem Ti (>1%), Mn (600-500 ppm), V (110-400 ppm) i Zr (70-350 ppm).

Tabela 21. *Spektrohemijske analize čistih koncentrata minerala-Mačkatica*
Table 21. *Spectrochemical analyses of Mačkatica pure mineral concentrates*

Stena mineral	Al	Fe	Mg	Ca	Ti	Mn	Pb	Ga	Mo	V	Cu	Y	Zr	Ni	Co	Sc	Cr	La	Ba	Sr	Ce	Li	Rb	Cs	Sn	Nb
Granodiorit prelaz ka granodioritporfiritu (Kućišnjak, buš. KB-3)																										
Q+feldspat	>1%	6000	900	4000	250	600	17	9	200	-	15	-	70	3	-	-	2	-	600	120	-	2	45	-	-	-
Biotit	>1%	>1%	>1%	800	>1%	1200	10	34	-	800	15	-	250	20	15-		70		1700	30		100	300	10	-	-
Pirit	2000	>1%	100	900	250	140	10	-	250	-	45	-	-	50	180	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Škriljac( )intenzivno hidrotermalno izmenjen (Kućišnjak, buš.KB-3)																										
Q+feldspat	>1%	3000	600	1800	250	450	-	-	600	-	20	-	90	2	3	-	4	-	200	17	-	1,5	10	-	-	-
Pirit	>1%	>1%	300	1400	600	900	10	-	3000	-	500	-	-	800	1500	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-
Škriljac, hidrotermalno izmenjen (Popova dolina)																										
Q+feldspat	>1%	4000	2500	>1%	250	300	20	34	-	11	30	-	70	3	2	-	25	-	200	3000	-	1	-	-	-	-
Pirit	>1%	>1%	6000	>1%	600	80	-	26	25	5	170	-	-	300	2000	-	-	-	-	60	-	-	-	-	-	-
Biotitski dacit (Durića reka)																										
Q+feldspat	>1%	3000	2500	>1%	150	100	30	20	-	-	5	-	70	-	-	-	1	-	150	800	-	-	-	-	-	-
Biotit	>1%	>1%	>1%	>1%	>1%	2300	17	28	-	400	30	45	300	10	25	-	14	50	1200	600	-	-	-	-	-	-
Epidot	>1%	>1%	>1%	>1%	>1%	2250	60	100	-	800	35	160	90	20	15	100	70	600	1200	1500	-	-	-	-	-	-
Apatit	>1%	3000	450	>1%	50	600	10	6	-	5	5	250	120	-	-	-	1	120	3000	1200	-	-	-	-	-	-
Dacit - (Garvanica)																										
Q+feldspat	>1%	2500	350	>1%	45	250	500	7	-	-	5	-	70	-	3	-	1,5	-	80	300	-	-	-	-	-	-
Hlorit	>1%	>1%	>1%	>1%	>1%	600	200	20	-	140	70	45	250	30	20	-	10	-	150	60	-	-	-	-	-	-
Epidot	>1%	>1%	900	>1%	500	300	24	80	-	160	5	30	160	3	-	-	1,5	250	-	1500	-	-	-	-	-	-
Biotit-amfibolski dacit (Popova dolina)																										
Q+feldspat	>1%	3000	900	>1%	250	300	17	12	-	5	12	-	70	1	-	-	1	-	100	800	-	1,5	10		-	-
Hlorit	>1%	>1%	>1%	>1%	>1%	1700	20	20	-	110	20	-	70	6	20	-	10	50	60	60	-	-	-	-	-	-
Apatit	>1%	1000	350	>1%	30	1000	-	-	-	-	12	350	160	2	3	-	4	350	20	1000	-	-	-	-	-	-
Amfibolsko-biotitski dacit (Garvanica)																										
Q+feldspat	>1%	2500	1200	>1%	220	170	-	12	-	-	5	-	70	2	20	-	-	-	300	250	-	10	18	-	-	-
Hlorit	>1%	>1%	>1%	>1%	>1%	5000	50	20	-	180	80	20	350	12	35	-	17	140	300	60	-	-	-	-	-	-
Apatit	>1%	2500	600	>1%	60	2000	10	-	-	9	5	500	500	7	4,5	-	1,5	-	60	800	-	-	-	-	-	-
Alanit	>1%	>1%	>1%	>1%	3500	3000	50	34	-	400	8	700	300	100	100	100	70	1%	50	300	1%	-	-	-	-	-
Mikrogranodiorit (severni obod Surd. granodioritskog masiva)																										
Q+feldspat	>1%	500	370	8000	90	9	17	-	-	-	-	-	50	-	3	-	-	-	200	600	-	-	-	-	-	-
Apatit	>1%	1400	900	>1%	90	230	-	-	-	5	2	-	70	170	-	-	-	140	400	300	-	-	-	-	-	-
Epidot	>1%	>1%	>1%	>1%	>1%	3000	50	60	-	400	1000	100	170	8	3	100	27	250	20	1200	-	-	-	-	-	-
Alanit	>1%	>1%	>1%	>1%	9000	5000	170	28	-	400	8000	1200	450	30	-	400	90	1%	20	600	1%	-	-	-	80	-
Granodioritporfirit (Severni obod Surd.granodioritskog masiva)																										
Q+feldspat	>1%	900	350	8000	90	15	10	34	-	-	2,5	-	70	-	-	-	1,5	-	200	120	-	-	-	-	-	-
Hlorit	>1%	>1%	>1%	>1%	>1%	1900	17	20	-	400	5	45	200	8	25	-	27	-	50	80	-	-	-	-	-	-
Apatit	>1%	2500	2500	>1%	9000	1600	-	-	-	140	5	700	450	3	-	-	4	900	50	800	-	-	-	-	-	-
Epidot	>1%	>1%	>1%	>1%	>1%	3500	50	60	-	300	5	100	90	8	16	140	70	1400	30	3000	-	-	-	-	-	-
Alanit	>1%	>1%	>1%	>1%	>1%	7000	170	28	-	400	30	1200	370	8	400	400	200	1%	20	200	1%	-	-	-	-	-
Sfen	>1%	>1%	900	>1%	>1%	600	-	8	-	1400	35	2000	500	8	37	-	4	-	20	80	-	-	-	-	-	1700

Izvor podataka (Source of records): *Simić, 1979, Analitičar: M. Arsenijević & M. Dromnjak.*

Pirit se javlja u samostalnim zrnima, katkad gradi manja nagomilanja ili srasta sa glavnim mineralima. Ponekad je po obodu zahvaćen procesima limonitizacije. Postmagmatskog je porekla i odlikuje se povišenim sadržajem Mn (250 ppm) i Co (180 ppm). U piritima iz kristalastih škriljaca konstatovan je povišen sadržaj Mo (25-300 ppm), Cu (170-500 ppm), Ni (300-800 ppm) i Co (1500-2000 ppm).

Sfen se odlikuje izuzetno visokim sadržajem Y (2000 ppm), zatim V (1400 ppm), Zr (500 ppm), Ti (>1%) i Mn (600 ppm).

Geološka starost vulkanita Mačkatice

Određivanje apsolutne geološke starosti vulkanita u širem području Mačkatice, izvršeno je na zdrobljenoj steni (veštački šlih) i biotitu, kalijum-argonovom metodom (Ćebić, 1984, 1985). Analizirano je više uzoraka, a dobijene vrednosti su prikazane na tabeli 22.

Tabela 22. *K/Ar starost magmatskih stena stena Mačkatice*
Table 22. *K/Ar age of Mačkatica igneous rocks*

Lokalnost	Vrsta materijala za analizu	Sadržaj K u %	Starost u mil.god.	$^{40}_{Ar}$ rad mol/gr.	%$^{40}_{Ar}$ rad	$^{40}_{Ar}$ $^{36}_{Ar}$	$^{40}_{K}/^{36}_{Ar}$
Vrla-Surdulica	Biotit-hornblenda granodioritporfirit – biotit	8,28	28,40	4.10975×10^{-10}	87.08	2.30094×10^{3}	1.20597×10^{6}
Masuričkа reka	Biotitski monconit granit (krupnozrni) – biotit	7,60	29,12	3.86821×10^{-10}	86.86	2.26531×10^{3}	1.15510×10^{6}
Borovički potok-Mačkatica	Subvulkanski biotitski dacit prelaz ka granodioritu - biotit	3.84	35.52	2.38895×10^{-10}	77.82	1.33962×10^{3}	4.78738×10^{5}
Studenički potok	biotitski dacit - zdrobljena stena	2.20	30.09	1.15773×10^{-10}	95.37	6.53437×10^{3}	3.26503×10^{6}
Studenički potok	Biotitski dacit - zdrobljena stena	3.09	32.56	1.75928×10^{-10}	93.56	4.65939×10^{3}	1.95451×10^{6}
Gornji Romanovci	Biotitski dacit – biotit	7.15	29.29	3.66110×10^{-10}	98.77	2.74382×10^{4}	1.47592×10^{7}
Studenički potok	Granodioritporfirit – zdrobljena stena	2.67	29.72	1.38983×10^{-10}	84.81	1.95864×10^{3}	7.57168×10^{5}
Donji Romanovci	Biotitsko – amfibolski granodiorit porfirit –biotit	7.5	28.66	3.75767×10^{-10}	76.48	1.25826×10^{3}	4.58817×10^{3}

Izvor podataka (Source of records): *Ćebić, 1984, 1985; Odredbu izvršio: A. Lovrić (1984, 1985).*

Kao najstarija stena pokazao se subvulkanski "dacit" koji čini prelaz ka grano-dioritporfiritu iz reona Mačkatice, čija starost iznosi 35,52 miliona godina. Inače, daciti iz Studeničkog potoka i Gornjih Romanovaca su mlađi, odnosno njihova starost kreće se na relaciji 29,29 do 32,56 miliona godina.

Krupnozrni biotitski monconit-granit iz Masuričke reke je nešto mlađi i njegova starost iznosi 29,12 miliona godina.

Žica biotit-hornblenda granodioritporfirita utisnuta u škriljcima i otkrivena na useku puta u dolini reke Vrle ima starost od 28,40 miliona godina i ovo je najmlađa ispitivana stena. Blisku starost imaju i granodioritporfiriti iz Donjih Romanovaca (28,66) i Studeničkog potoka (29,72 miliona godina).

Kao što se iz napred izloženog vidi, dobijene vrednosti apsolutne geološke starosti magmatskih stena na Mačkatici i šire pokazuju relativno blisku starost. Zapravo, sve ispitivane stene su oligocenske starosti.

Strukturni sklop rudnog polja Mačkatice

Rudno polje Mačkatica u geotektonskom pogledu pripada Srpsko-makedonskoj masi, odnosno strukturno-metalogenetskoj zoni Besna Kobila - Osogovo. Sklop rudnog polja Mačkatice je veoma složen i u okviru njega mogu se izdvojiti tri krupne strukturne celine: južni deo čemerničkog antiklinorijuma, područje između čemerničkog antiklinorijuma i južnomoravskog sinklinorijuma i surdulički granodioritski masiv. Veoma složenu tektoniku prouzrokovali su polifazni pokreti, kao i izdizanje granodiorita (sl. 16 i 35).

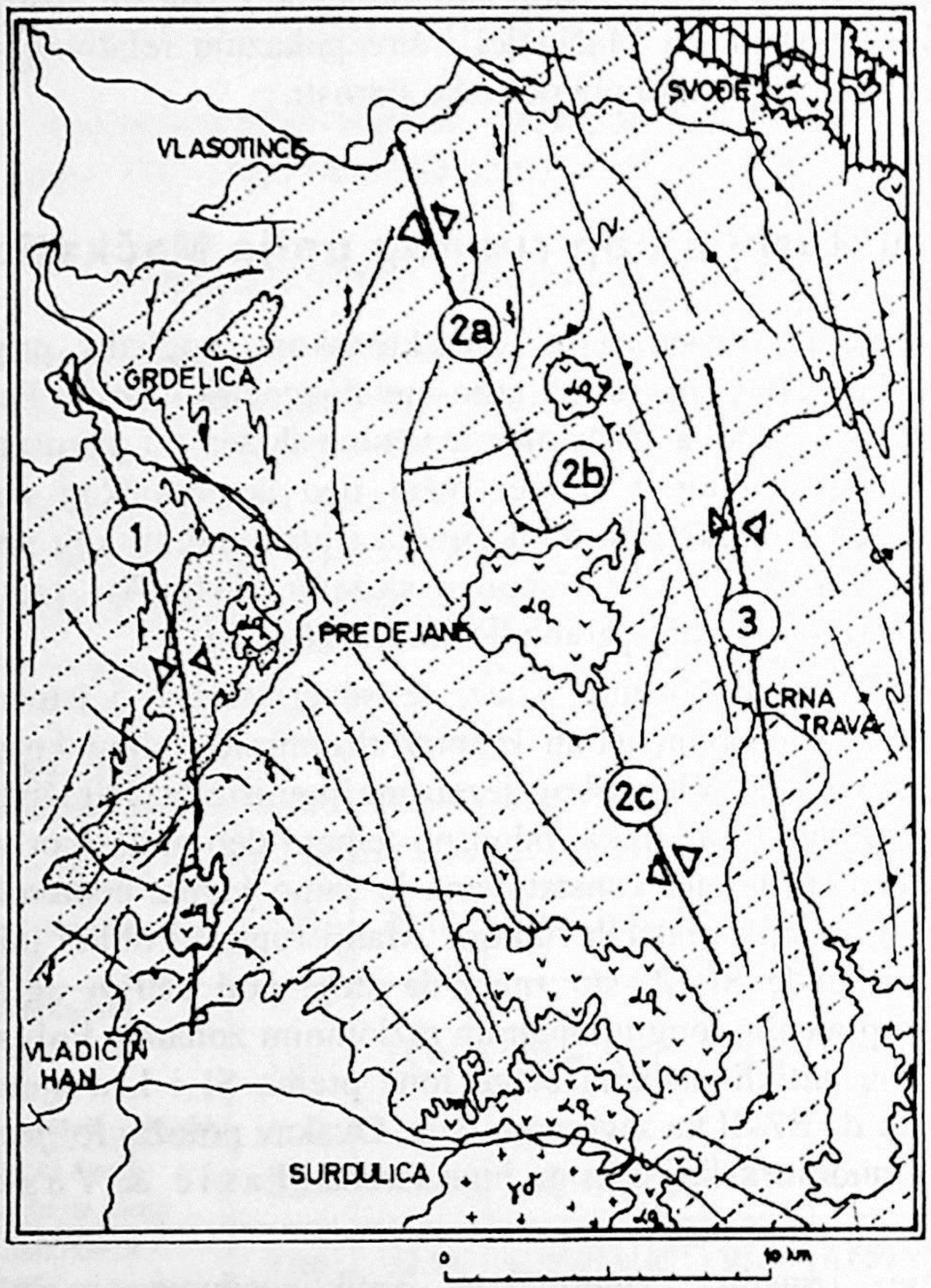
Čemernički antiklinorijum nalazi se severoistočno i istočno od rudnog polja Mačkatice i predstavlja jednu krupnu strukturnu celinu koja se pruža od Vlasotinaca na severu do Vlasinskog jezera na jugoistoku. Istraživani deo terena zahvata najviše vrhove Čemernika, odnosno temeni deo antiklinorijuma koji tone ka SZ. Na ovom delu terena konstatovana je samo jedna, čemernička razlomna zona sa sistemom manjih pratećih ruptura. Manji rupturni oblici imaju uglavnom orijentaciju SZ-JI, ređe SI-JZ, što znači da stoje pod oštrim uglom prema osi antiklinorijuma i pratećim longitudinalnim razlomnim zonama. Folijacija u južnom delu Čemerničkog antiklinorijuma blago tone prema SI i I, a njeno pružanje se menja od ZSZ-IJI do SZ-JI ka severnom delu. Ovakav položaj folijacije ukazuje na uticaj proboja granodioritskog tela na jugu terena (Tasić & Vasković, 1987, 1989).

Područje između čemerničkog antiklinorijuma i južnomoravskog sinklinorijuma zahvata centralni i zapadni deo rudnog polja Mačkatice. Ovo prevojno područje, dva velika plikativna oblika, ispresecano je sistemom velikih longitudinalnih razlomnih zona SZ-JI (Manastirska i Glocka-Lebetska reka) i upravnim na njih (Surdulička rasedna zona, Dubnički rased i rased Garvanice). Stepeničasta kretanja, spuštanja njihovih zapadnih krila, prouzrokovala su stvaranje doline Južne Morave. U centralni deo ove strukturne celine utisnut je dacit Mačkatice koji je prouzrokovao lokalne deformacije i nabiranje okolnih metamorfnih stena, što se može videti iz različitih padova folijacije. Međutim, njen generalni pravac pružanja je ostao isti. Najveći deo ruptura na ovom delu terena ima pružanje ZSZ-IJI, mada ima i pravaca SI - JZ koji su upravni na prethodni.

Surdulički granodioritski masiv se nalazi južnije od Mačkatičkog rudnog polja, a sa svoje severne strane ograničen je regionalnim rasedom reke Vrle (sl. 17 i 36). Svojim utiskivanjem prouzrokovao je lomljenje i deformaciju metamorfnih stena, što se pokazuje i u orijentaciji folijacije.

U granodioritskom masivu rekonstruisano je više razlomnih zona. Pukotine u masivu zadržavaju generalno pružanje SZ-JI i SI-JZ.

Generalna orijentacija folijacije u okviru ove strukturne celine takođe blago povija prateći oblik plutonskog tela.



***Sl. 35**. Pregledna tektonska karta okoline Mačkatice (prema OGK, list Vlasotince 1:100.000).*

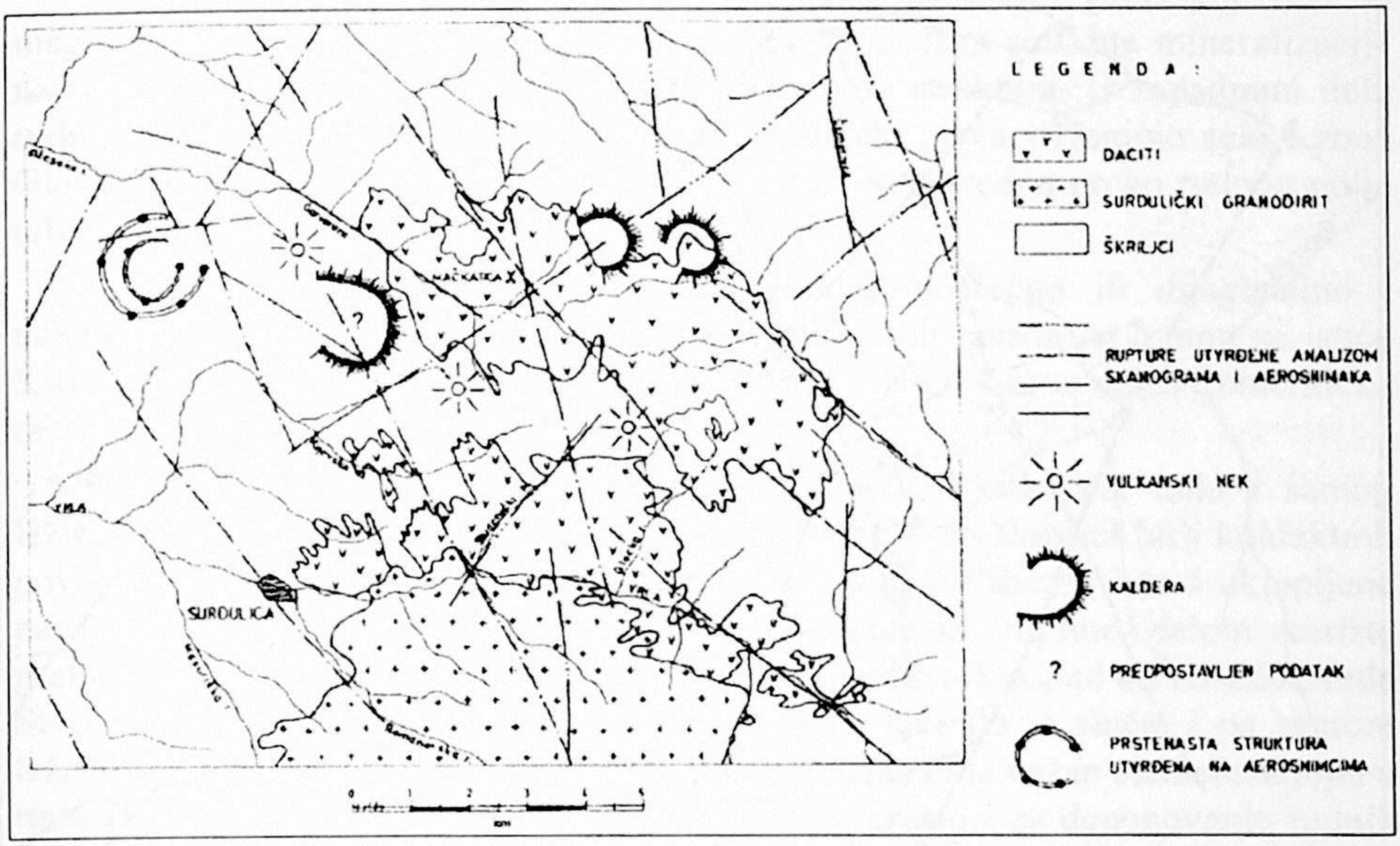
1. Južnomoravski sinklinorijum, 2. Čemernički antiklinorijum, 2a.- Područje Jastrepca, 2b.- Područje Ostrozubske Čuke, 2c.- Područje Čemernika, 3. Vlasinska sinklinala.

***Fig. 35**. Tectonic sketch map of Mačkatica area (after base geological map, Vlasotince 1:100.000)*

1. Synclinorium of Južna Morava, 2. The Čemernik anticlinorium, 2a. The Jastrebac region, 2b. The Oštrozubska Čuka region, 2c. The Čemernik region, 3. Syncline of Vlasina.

U kristalastim škriljcima najvažniji element sklopa je folijacija, a izražena je na dva načina: folijacija paralelna sa primarnim sedimentacionim površinama (slojevitost) i folijacija koja se naknadno razvijala po klivažu aksijalne površine nabora. Analizom podataka (Tasić & Vasković, 1987, 1989), dolazi se do

zaključka da ispitivani teren gradi antiformu sa zaobljenim šarnirom i blagim tonjenjem ka sever-severozapadu. Ovakva statistička orijentacija folijacije, odnosno antiformni oblik bi verovatno mogao da se veže za utiskivanje Surduličkog granodioritskog masiva. U tom slučaju bi se moglo predpostaviti da se ovaj pluton prostire znatno dalje na sever, iako njegovo površinsko pojavljivanje počinje nešto severnije od Vrle u domenu Studeničkog potoka. Pored folijacije zapaženi su i linearni elementi sklopa, zatim litaž i sekundarni nabori.

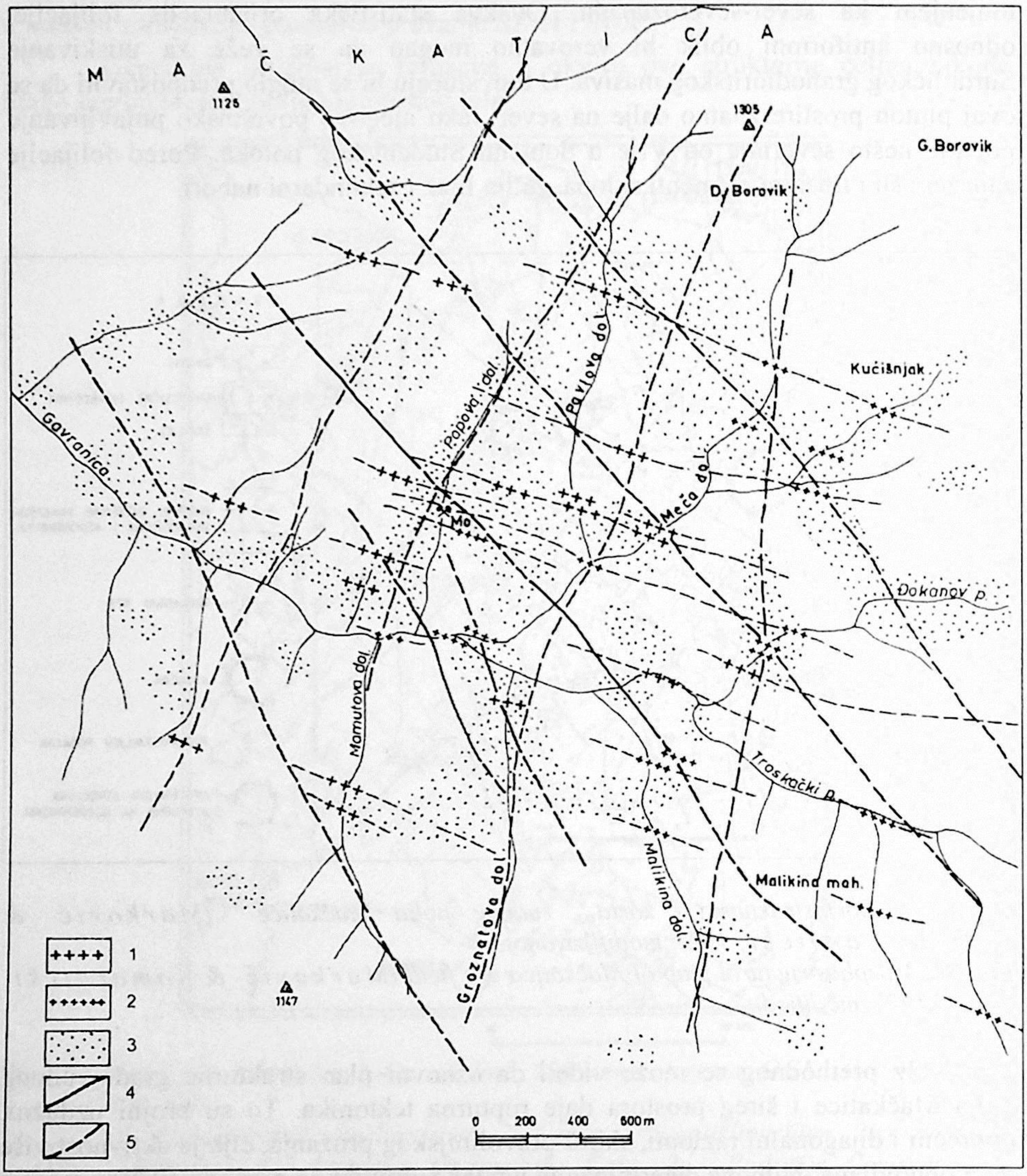


Sl. 36. *Morfostrukturna karta rudnog polja Mačkatice (Marković & Komarnicki, 1977, modifikovano).*

Fig. 36. *Morphostructural map of Mačkatica ore field (Marković & Komarnicki, 1977, modified).*

Iz prethodnog se može videti da osnovni plan strukturne građe rudnog polja Mačkatice i šireg prostora daje rupturna tektonika. To su brojni uzdužni, poprečni i dijagonalni razlomi, skoro pravolinijskog pružanja, čija je aktivnost više puta obnovljena. Njihova determinacija unutar Surduličkog granodioritskog masiva zbog jednorodnosti plutonskih tvorevina u najvećem broju je utvrđena fotogeološkom opservacijom (Marković & Komarnicki, 1977; Tasić & Vasković, 1987, 1989).

Položaj razlomnih zona i regionalnih raseda dobijen analizom aerofotosnimaka (Tasić & Vasković, 1987, 1989) u velikom stepenu se poklapa sa njihovim položajem na štampanoj OGK 1:100.000 (list Vlasotince), gde su one, takođe, rekonstruisane fotogeološkom analizom i terenskim istraživanjem. Na polurozetama orijentacije raseda maksimumi se poklapaju i imaju statistički azimut pružanja 340-350°. Na polurozeti orijentacije fotogeološki konstatovanih raseda ističu se i maksimumi sa statističkim azimutom pružanja 30-40 i 80-90°.



Sl. 37. *- Strukturna karta sa hidrotermalnim alteracijama (S i m i ć , 1994).*

1.Kvarcdioritporfirit, 2. Granodioritporfirit, 3. Površine sa intenzivnim hidrotermalnim promenama, 4. Rased osmatran, 5. Rased predpostavljen.

Fig. 37. *Structural map with hydrothermal alterations (S i m i ć , 1994).*

1. Quartzdioriteporphyrite, 2. Granodioriteporphyrite, 3. Areas of intense hydrothermal alterations, 4. Observed fault, 5. Approximately located fault.

Na fotogeološkoj karti razmere 1:100.000 M a r k o v i ć & K o m a r n i c k i (1977) rekonstruisali su iste sisteme ruptura, a na Jovičkovoj čuki, Golemoj glavi i Šumanovom grobu, centre vulkanske aktivnosti. Ovi autori izdvojili su i tri kaldere:

dve u SI delu rudnog polja, u domenu Kućišnjaka i izvorišnom delu Đokanovog potoka i jednu zapadno na širem prostoru Danjinog sela. Zapadno od rudnog polja, na prostoru Zapisa, na aerosnimcima, utvrđena je i jedna prstenasta struktura (sl. 36).

Najmarkantniji i genetski najstariji tektonski elementi su longitudinalni razlomi pravca SZ-JI. To su složene razlomne zone znatnih dimenzija. Nastali su pod dejstvom orogenih pritisaka i na brojnim mestima obeleženi su intruzivnim tercijarnim magmatima.

S obzirom da hidrotermalni produkti stoje u tesnoj genetskoj vezi sa magmatima ne isključuje se mogućnost da je glavna faza sulfidne mineralizacije najvećim delom pod kontrolom uzdužnih razlomnih struktura. U zapadnom delu rudnog polja najizraženija je razlomna zona Golema glava - Danjino selo i zona Glocka reka - Mačkatica - Lebetska reka, koja ide neposredno preko rudnog polja (sl.18).

Mlađe rupturne strukture seku prethodne poprečno ili dijagonalno i najčešće imaju pružanje SI-JZ, ZSZ-IJI i I-Z. Od ovih raseda na terenu se ističe Surdulički rased, Dubnički rased, veliki regionalni rased Garvanice i Čemernička rasedna zona.

Strukturne karakteristike, kako rudnog polja Mačkatica, tako i samog ležišta, uslovljene su rupturnim sistemom pružanja SZ-JI. Najveći broj kontaktnih površina dacitskog štoka, zatim brojne apofize i dajkovi dacita, kao i uklopljene partije škriljaca, imaju ovu orijentaciju. Post-dacitske rupture delom koriste prethodne sisteme ili su znatno češće sa orijentacijom istok-zapad do IJI-ZSZ, ređe SI-JZ. Najčešće su grupisane u paralelne sisteme, kao što je slučaj i na samom ležištu (sl. 37). Prateće pukotine i prsline ovog sistema čine važan element sklopa u rudnom polju Mačkatice i služile su kao slobodni prostori za deponovanje rudnih mineralizacija.

Orudnjene pukotine grade, u rudnom polju, zone promenljive moćnosti u kojima su prostorno smeštene pojedina rudna tela. Od učestalosti ovih pukotina u jedinici zapremine zavisi i koncentracija molibdenita u rudi.

Hidrotermalne promene

Sve stene u rudnom polju Mačkatice, kako magmatske tako i kristalasti škriljci, pretrpele su izvesne hidrotermalne promene, koje su primarne sastojke stena zamenile sekundarnim produktima. Mada makroskopski pojedine stene se prikazuju kao veoma sveže, mikroskopskim ispitivanjem petroloških preparata se zapaža da potpuno svežih stena praktično nema na ispitivanom delu terena.

Hidrotermalno-metasomatske promene su veoma ekstenzivne, a njihov intenzitet se povećava u zonama jačih mehaničkih deformacija i rasedanja, gde su hidrotermalni rastvori lakše cirkulisali. Ove izmene su takođe vršene u relativno širokom temperaturnom intervalu (od 500, pa do ispod 100 °C), a granice između pojedinih alteracionih tipova nisu jasne.

U intenzivno hidrotermalno izmenjenim stenama (silifikacija, sericitizacija, K-feldspatizacija) zapažaju se pojave sulfidne mineralizacije koje su manifestovane u vidu znatnog povećanja molibdenita i pirita.

Kristalasti škriljci koji se nalaze u zonama intenzivnih hidrotermalnih izmena su jako sericitisani i izbeljeni, zatim delimično argilizirani i mestimično obogaćeni K-feldspatom, sitnolistastim neobiotitom i neprovidnim mineralima. Na kontaktu sa dacitima, kao i u tektonskim zonama ove stene su intenzivno silifikovane, a silifikacija je lokalno praćena ostalim vrstama hidrotermalnih izmena, kao i sulfidnom mineralizacijom.

Dacitske stene, prema intenzitetu hidrotermalnih izmena, mogu se podeliti u dve grupe: **1. intenzivno hidrotermalno izmenjeni i delom orudnjeni daciti** koji su vezani za labilne tektonske zone i **2. relativno sveže i kompaktne dacite** u kojima su biotit i amfibol skoro uvek zamenjeni sekundarnim produktima, dok su plagioklasi relativno sveži.

Na osnovu terenskih i laboratorijskih ispitivanja konstatovane su sledeće vrste hidrotermalnih promena: sericitizacija, argilitizacija, silifikacija, hloritizacija, K-feldspatizacija i piritizacija, a lokalno su zapažene albitizacija, biotitizacija, epidotizacija, muskovitizacija i zeolitizacija. Limonitizacija, jarozitizacija i delom karbonatizacija su posledice descedentnih izmena (S i m i ć , 1979, 1993, 1997).

U dacitskim stenama, u rudnom polju Mačkatice, hidrotermalne promene izvršile su se posle propilitisanja, odnosno autometamorfnih promena nastalih u krajnjoj fazi kristalizacije, usled povećanja vodene pare u rastvoru, kada su bojeni sastojci uglavnom potisnuti hloritom i epidotom, a dolazi i do kristalizacije jednog dela međuprostornog K-feldspata u osnovnoj masi stene. Prema tome "hidrotermalni preobražaj zahvatio je", kako to kažu M i l o v a n o v i ć & I l i ć (1953/54) "propilite, a ne sveže dacitske stene". Nasuprot propilitisanju, hidroterme prvenstveno razaraju feldspate.

Takođe su zapažene pojave kontaktno-metasomatskih procesa oko većih masa dacita. U škriljcima se stvara veća količina sitnolistastog neobiotita i obogaćenje K-feldspatom i epidotom. U dacitima se ova pojava manifestuje u stvaranju monominerala epidota i klinocoisita u fenokristalima plagioklasa, kao i zrnastim agregatima u osnovnoj masi stene. M i l o v a n o v i ć & I l i ć (1953/54) za tvorevine ovog procesa vezuju ljuspasti hematit (spekularit) i pirit, dok V u j a n o v i ć (1959) smatra da se ljuspasti hematit javlja u više faza i da nije karakterističan samo za kontaktno-pneumatolitsku fazu. Kasnijim hidrotermalnim promenama, ovi procesi su maskirani, naknadnim mineralnim paragenezama.

Genetska i prostorna povezanost hidrotermalnih promena sa strukturno-tektonskom građom uslovila je njihov način pojavljivanja, a s tim u vezi je predodređen i prostoran oblik alteracionih zona. Bez obzira da li se radi o hidrotermalnim promenama u vulkanitima ili metamorfitima sve alteracione zone imaju izdužen oblik u pravcu SZ-JI do I-Z. Međutim, na presecištima razlomnih struktura dolazi do deformacije longitudinalnih oblika alteracionih zona u nepravilna proširenja. Na ovim presecištima (čvorovima), alteracione zone, kao i

oreoli rasejavanja, često imaju oblik polipa. Orijentacija disjunktivnih struktura, jasno se ocrtava i na "polipastim" oblicima hidrotermalno izmenjenih zona.

U narednom tekstu biće prvo prikazana propilitizacija, a onda opis pojedinih vrsta hidrotermalnih alteracija, uglavnom, prema njihovom intenzitetu. Karte alteracija urađene su na osnovu mikroskopske semikvantitativne analize 400 petroloških preparata (Ć e b i ć , iz S i m i ć , 1979).

Propilitizacija. - Ispitivanjem primeraka dacitskih stena u rudnom polju Mačkatice, uočeno je da su pretrpele propilitski preobražaj. Propilitisanje je zahvatilo samo bojene sastojke naročito hornblendu. Verovatno pored propilitizacije, koja nastaje kao autometamorfni proces, javlja se i kao hidrotermalna okolorudna izmena. Propilitizacija, kao rezultat autometamorfnih procesa, ima široko rasprostranjenje i zahvatila je dacite u celom području, dok propilitizacija kao okolorudna izmena se pojavljuje na ograničenom prostoru, duž struktura razlamanja. Mikroskopskim ispitivanjem dacita u rudnom polju Mačkatice uočeno je da se bojeni sastojci, biotit i hornblenda, mogu prepoznati samo kod najsvežijih primeraka, jer su većinom potisnuti hloritom, epidotom (sa coisitom), titanitom i kalcitom, obično sa jasno očuvanim konturama prvobitnog minerala. Po količini i učestalosti naročito se ističu hloriti i epidot. Česte su impregnacije izvesne količine pirita kod većine ispitanih primeraka stena.

Granodioritporfiriti, kvarcdioritporfiriti, lamproandeziti i drugi porfiroidni varijeteti nisu zahvaćeni opštom propilitizacijom. Oni su osetno jedriji i svežiji od dacita, u njima su očuvani bojeni sastojci te izostaju napred nabrojani minerali. Sem toga i bogatiji su bojenim sastojcima (sadrže uglavnom hornblendu).

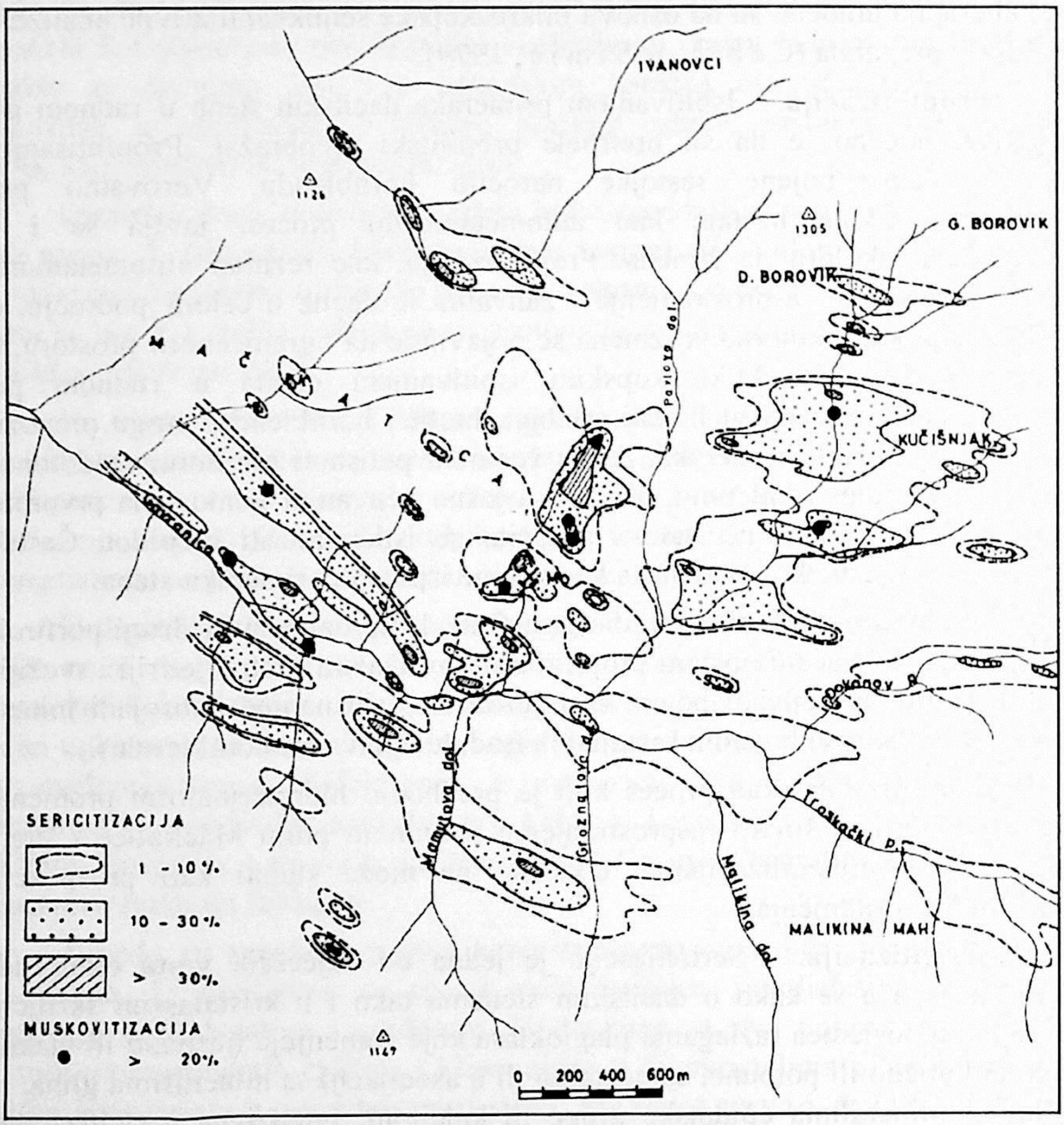
Propilitizacija, kao proces koji je predhodio hidrotermalnim promenama (I l i ć , 1957) i ima široko rasprostranjenje u rudnom polju Mačkatice i šire, ne asocira sa Mo-mineralizacijama, odnosno ne može služiti kao prospekcijski kriterijum Mo-orudnjenja.

Sericitizacija. - Sericitizacija je jedna od najčešćih vrsta okolorudnih izmena, a zapaža se kako u dacitskim stenama tako i u kristalastim škriljcima. Javlja se kao posledica razlaganja plagioklasa koje zamenjuje ljuspasti ili vlaknasti liskun, delimično ili potpuno, samostalno ili u asocijaciji sa mineralima glina, ređe zeolitom i mineralima epidotske grupe ili kalcitom. Intenzivna sericitizacija na Mačkatici je intimno udružena sa silifikacijom i K-feldspatizacijom, odnosno sa povećanim sadržajem Mo. Najintenzivnije promene dacita, kao i škriljaca nalaze se u blizini Mo rudnih tela (Popova dolina, Borovik), i karakterišu se kvarc-sericitsko-K-feldspatskom asocijacijom, sl. 38.

U zoni sa većim intenzitetom alteracionih procesa, sadržaj kvarca se povećava, a sericita i K-feldspata smanjuje. Tesna veza kalijskih promena sa rudnim mineralima, čini da se sericit i kalijski feldspat javljaju u rano produktivnoj fazi i služe kao koristan prospekcijski kriterijum. Sericit se najčešće javlja u vidu agregata, a sasvim retko u vidu žilica u kataklaziranim stenama.

Kod interpretacije ovog procesa otežavajuća okolnost je, što se sericit može javiti u više generacija. Stena može biti zahvaćena sericitizacijom pre orudnjenja, može biti vezana za obrazovanje rude, odnosno kao deo procesa

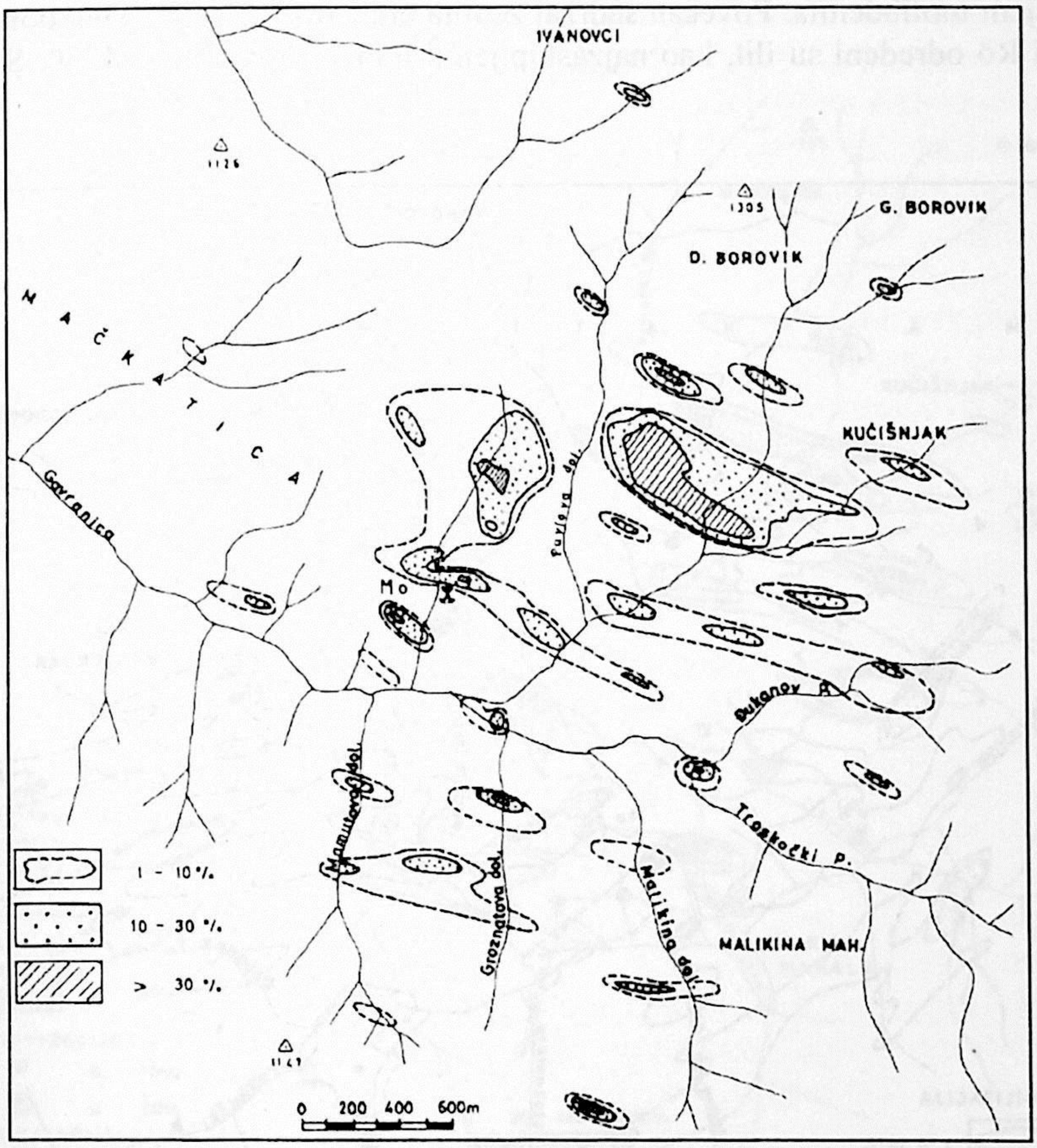
mineralizacije i na kraju sericit se može javiti kao ubedljivo mlađi od rudnih minerala. Znači da sericit nije uvek vezan za orudnjenje prostorno i vremenski, mada je široko rasprostranjenje sericita dobar predznak za orudnjenje.



Sl. 38. Karta alteracija. - Sericitizacija i muskovitizacija
Fig. 38. Alteration map. – Sericitization and muscovitization

Silifikacija. - Silifikacija se javlja kako u dacitskim stenama tako i kristalastim škriljcima i najčešći je oblik okolorudnih izmena. Najintenzivnije je razvijena na prostoru starog rudišta, na Boroviku, kao i u tektonski labilnim zonama (sl. 39). Sastoji se uglavnom u prožimanju stene kvarcom, ređe kalcedonom i u ispunjavanju pora ovim mineralom, a naročito u stvaranju složenog spleta tankih kvarcnih žica i žilica. Masa stene između ovih žica i žilica znatno je izmenjena, na taj način, što su feldspati prvo bili kaolinisani i zatim većinom potisnuti silicijom. U nekim slučajevima dacit je do te mere silifikovan da predstavlja samo šupljikavu kvarcnu masu, odnosno skelet od kvarca i limonita. Takve partije bile su naročito povoljne sredine za orudnjavanje molibdenitom.

Silifikovanje je zahvatilo i osnovnu masu tako da fenokristali primarnog kvarca mahom leže u osnovi izgrađenoj od sekundarnog kvarca. Žiličasti kvarc se pretežno javlja u mehanički deformisanim dacitima, a tada ga prati žiličasti sericit, K-feldspat, rudni minerali i ređe hlorit i epidot. Zapravo, alteracioni kvarc je zastupljen u svim tipovima alteracija, a najveći deo kvarca biva oboren u blizini gde se izdvajaju sulfidi (molibdenit, pirit) metala iz rastvora, neposredno uz dovodni kanal.

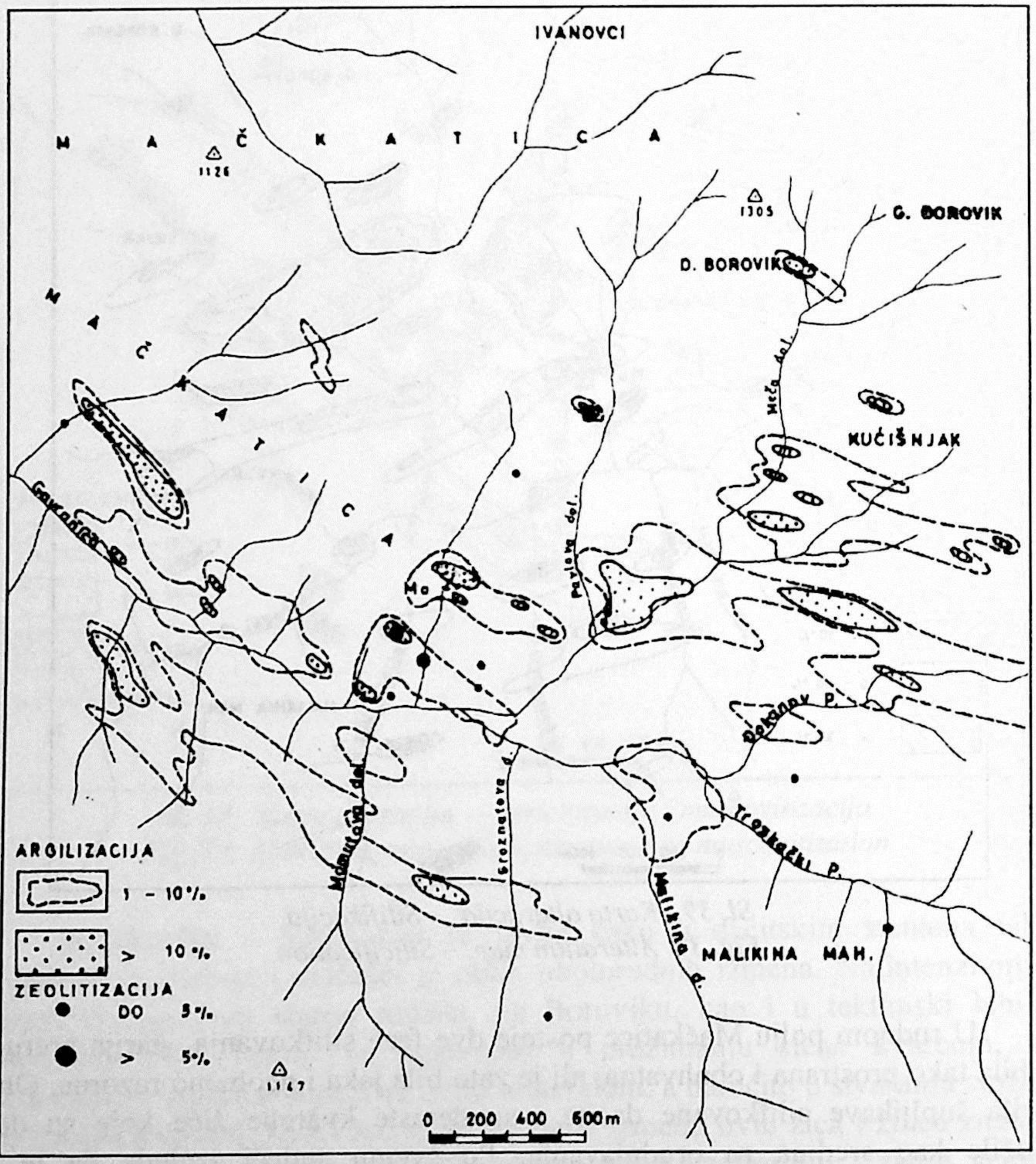


Sl. 39. Karta alteracija. - Silifikacija

Fig. 39. *Alteration map. – Silicification*

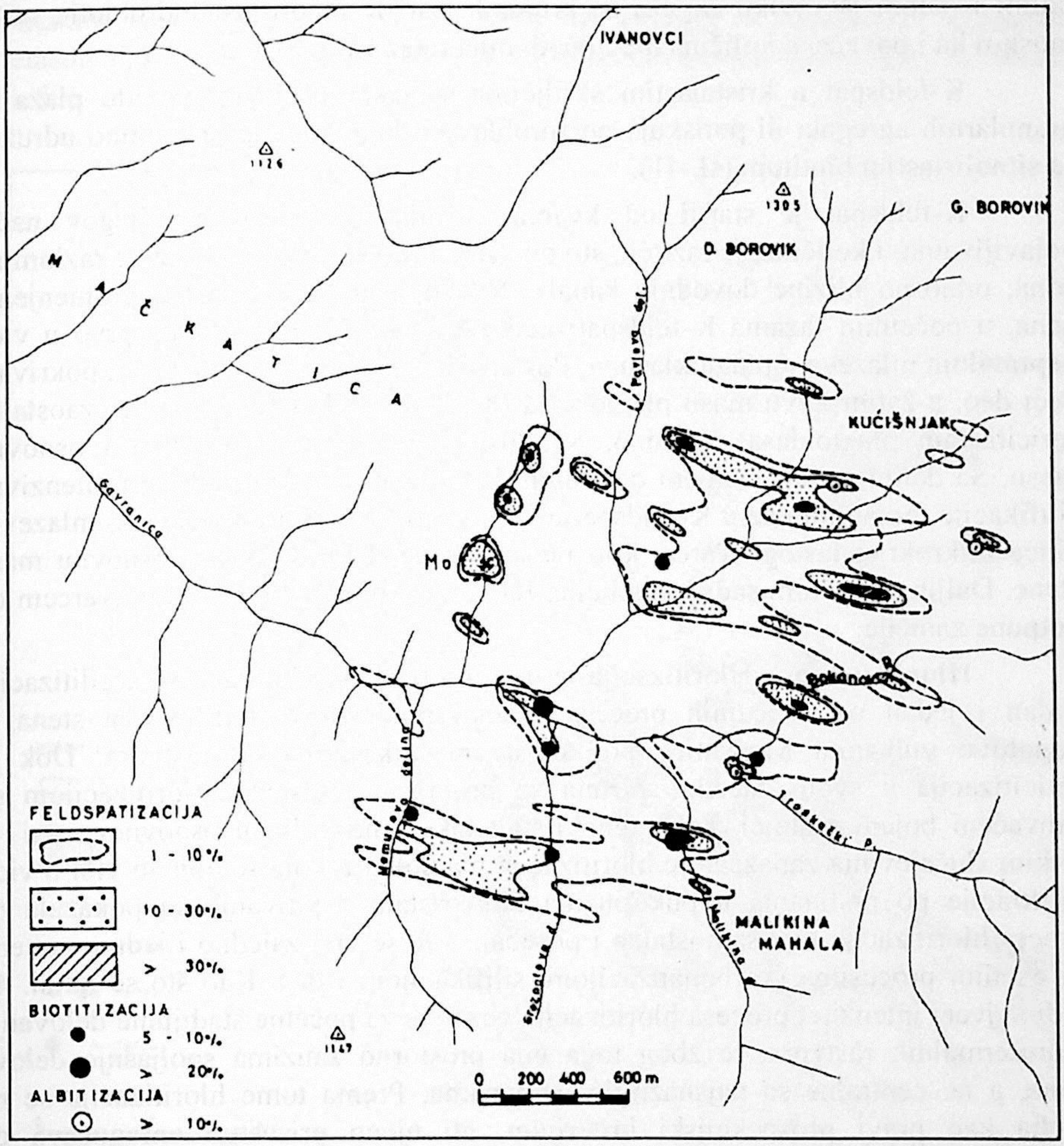
U rudnom polju Mačkatice postoje dve faze silifkovanja, starija prerudna, nije bila tako prostrana i obuhvatna, ali je zato bila jaka i neobično razorna. Ona je stvorila šupljikave silifkovane dacite i sunđeraste kvarcne žice koje su dobro poslužile kao sredina za orudnjavanje. Po svemu sudeći izgleda da je ovo silifikovanje izvršeno pri visokoj temperaturi. U drugoj fazi sa plasiranjem kvarca u dacitsku osnovu, bilo u obliku prožimanja i potiskivanja primarnih sastojaka, bilo u vidu ispunjavanja prslina i pukotina, donešeni su i deponovani pirit i molibdenit.

Argilitizacija. - Argilitizacija se pretežno javlja u dacitskim stenama, a znatno ređe u kristalastim škriljcima. Minerali glina uglavnom zamenjuju plagioklase, a znatno ređe se nalaze u vidu nagomilanja ispunjavajući pukotine u stenama. U intenzivno hidrotermalno izmenjenim dacitima potpuno zamenjuju fenokristale plagioklasa samostalno ili u asocijaciji sa sericitom. Intenzivna argilitizacija na Mačkatici razvijena je iza zone, odnosno "beži" u spoljne zone sericitizacije, što znači da je argilitizacija starija i da je sericitizacija potiskuje u intenzivno hidrotermalno promenjenim zonama, odnosno u zonama sa povećanim sadržajem molibdenita. Povećan sadržaj zeolita prati argilitizaciju. Metodom DTA, TGA i Rö određeni su ilit, kao najzastupljeniji mineral i kaolinit (sl. 40, Simić, 1979)



***Sl. 40**. Karta alteracija. - Argilitizacija i zeolitizacija*
***Fig. 40**. Alteration map. – Argilitization and zeolitization*

Glineni produkti kiselog ispiranja su prerudne tvorevine. Rude su vezane sa narednom alkalnom (kalijevom) metasomatozom. Pri tim procesima stvaraju se K-feldspat, biotit i sericit. Na onim mestima gde je kalijska metasomatoza naročito intenzivna, argilitske izmene su slabo ispoljene ili uopšte ne postoje, što se dobro može uočiti na Mačkatici.



Sl. 41. Karta alteracija. - K-feldspatizacija, biotitizacija i albitizacija
Fig. 41. Alteration map. – K-feldspar, biotitization, and albitization

K-feldspatizacija. - Prisustvo alteracionog K-feldspata u stenama Mačkatice dokazano je mikroskopskim ispitivanjima. K-feldspatizacija prati labilne tektonske zone, a zapaža se kako u dacitskim stenama tako i kristalastim škriljcima i nema široko rasprostranjenje, pošto se kalijum lakše koncentriše u sericitu, sl. 41. Manifestuje se u odlaganju K-feldspata, koji prema svojim optičkim svojstvima, najčešće, odgovara ortoklasu ili adularu. K-neofeldspat se najčešće

javlja u vidu granularnih agregata u osnovnoj masi stene zajedno sa sekundarnim kvarcom ili mineralima glina, zatim potiskuje fenokristale plagioklasa od periferije ka centru ili ih pak potpuno zamenjuje, i najzad u vidu žilica, plaža ili nagomilanja koja su neravnomerno raspoređena po steni. Žiličasti K-feldspat, kao i nagomilanja uglavnom su česta u kataklaziranim stenama i praćena su povećanim sadržajem molibdenita na Mačkatici. Pored intenzivne K-feldspatizacije dacita u Popovoj dolini i delom Boroviku zapaža se krupnolistast ili sitnolistast hidrobiotit, nešto muskovita i povećana količina metaličnih minerala i kvarca.

K-feldspat u kristalastim škriljcima se najčešće javlja u vidu plaža ili granularnih agregata ili potiskuje porfiiroblaste albita. Obično je intimno udružen sa sitnolistastim biotitom (sl. 41).

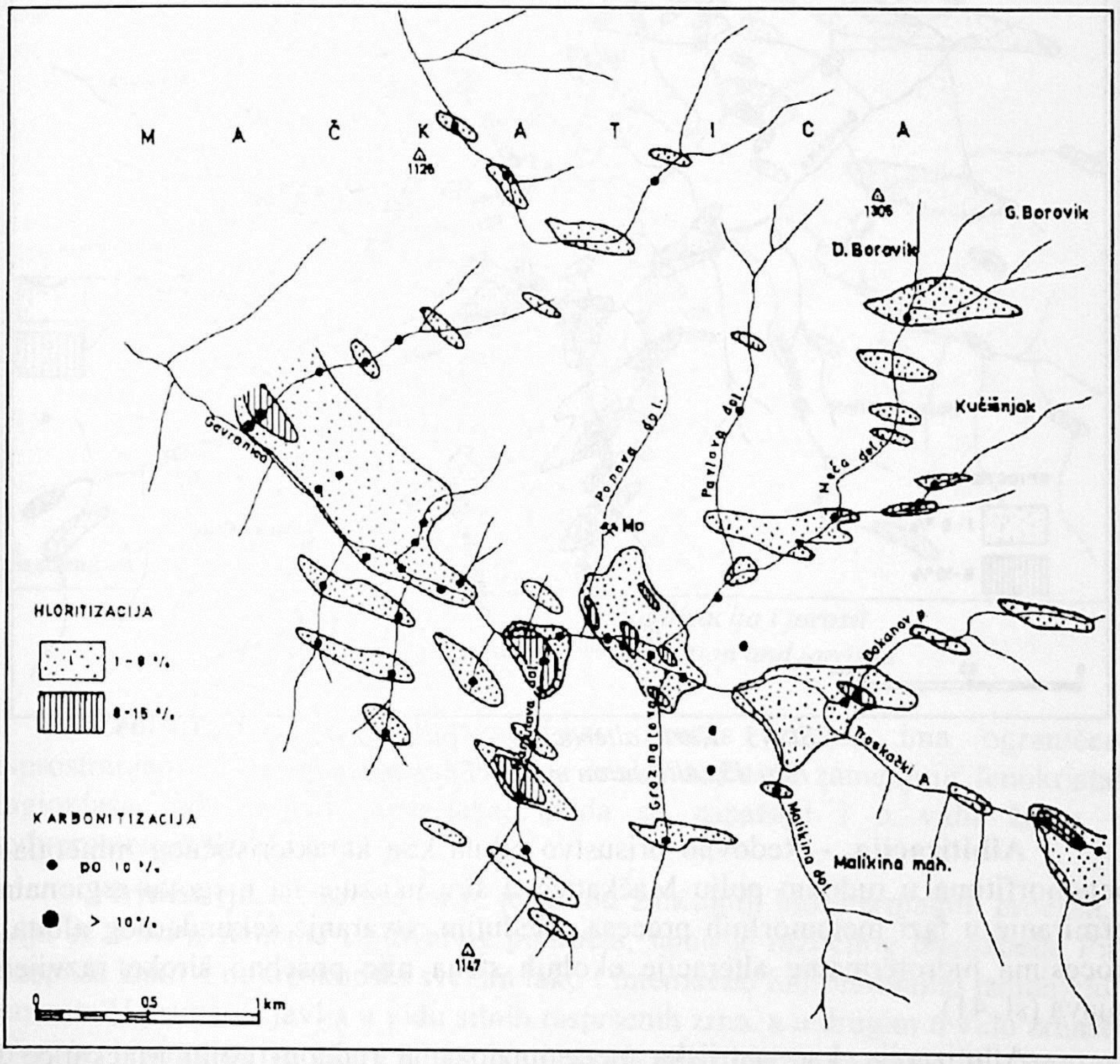
K-feldspat je stariji od kvarca, a mlađi od sericita. Njegov način pojavljivanja, i količina, je različit, što po svemu sudeći zavisi od blizine razlomnih zona, odnosno blizine dovodnih kanala. Najdalje od hidrotermalno promenjenih zona, u početnim fazama K-feldspatizacije, K-feldspat se pojavljuje prvo u vidu nepravilnih mlazeva u plagioklasima. Postepeno ti mlazevi postaju gušći, pokrivaju veći deo, a zatim i svu masu plagioklasa (mestimično K-feldspat sadrži zaostatke sericitisanih plagioklasa). Ujedno, K-feldspatska supstanca prožima i osnovnu masu. Sa datim približavanjem dovodnim kanalima, odnosno području intenzivne silifikacije, pojavljuju se u K-feldspatima male količine kvarca, odnosno mlazevi i žilice mikrokristalastog kvarca, koji presecaju osim fenokristala i osnovnu masu stene. Daljim porastom sadržaja silicije, K-feldspati bivaju potiskivani kvarcem do potpune zamene.

Hloritizacija. - Hloritizacija je uz sericitizaciju, silifikaciju i argilitizaciju stalan i jedan od značajnih procesa u toku preobražaja svih tipova stena, a pogotovu vulkanita Mačkatice pod dejstvom hidrotermalnih rastvora. Dok je sericitizacija u svom začetku vezana za probražaj feldspata, hloritizacijom su zahvaćeni bojeni sastojci, kako fenokristali tako i mikroliti u osnovnoj masi. U retkim slučajevima zapažena je hloritizacija plagioklasa koja se obično vrši u vidu infiltracije po prslinama u pukotinama fenokristala. Ispitivanja su pokazala da proces hloritizacije nije samostalan i poseban, već se vrši zajedno i jednovremeno sa ostalim procesima (karbonatizacijom, silifikacijom i dr.). Kao što se na sl. 42 vidi najveći intenzitet procesa hloritizacije vezan je za početne stadijume delovanja hidrotermalnih rastvora, te zbog toga ona prostorno zauzima spoljašnje delove zona, a ne centralne sa najsnažnijim izmenama. Prema tome hloritizacija se ne javlja kao pravi prospekcijski kriterijum, ali njeno prisustvo omogućava da predpostavimo neku drugu hidrotermalnu promenu koja ukazuje na bliskost orudnjenja. Prisustvo hloritizacije, prema nekim autorima može biti vrlo korisno za utvrđivanje prostiranja dubljih struktura.

Karbonatizacija. - Slično hloritizaciji javlja se takođe u svim stenama ispitivanog područja. Karbonati obično zamenjuju fenokrisitale amfibola ili plagioklasa, a mestimično se javljaju u vidu manjih nagomilanja ili žilica. Karbonati su raspoređeni u spoljnoj zoni, iza delova u kojima su razvijeni drugi hidrotermalni minerali (sl. 42). Karbonati su delom i descedentnog porekla.

Mestimično je sa kalcitom zapažena mala količina barita, a vrlo često ga prati limonitska materija sa nešto jarozita i neprovidnih minerala.

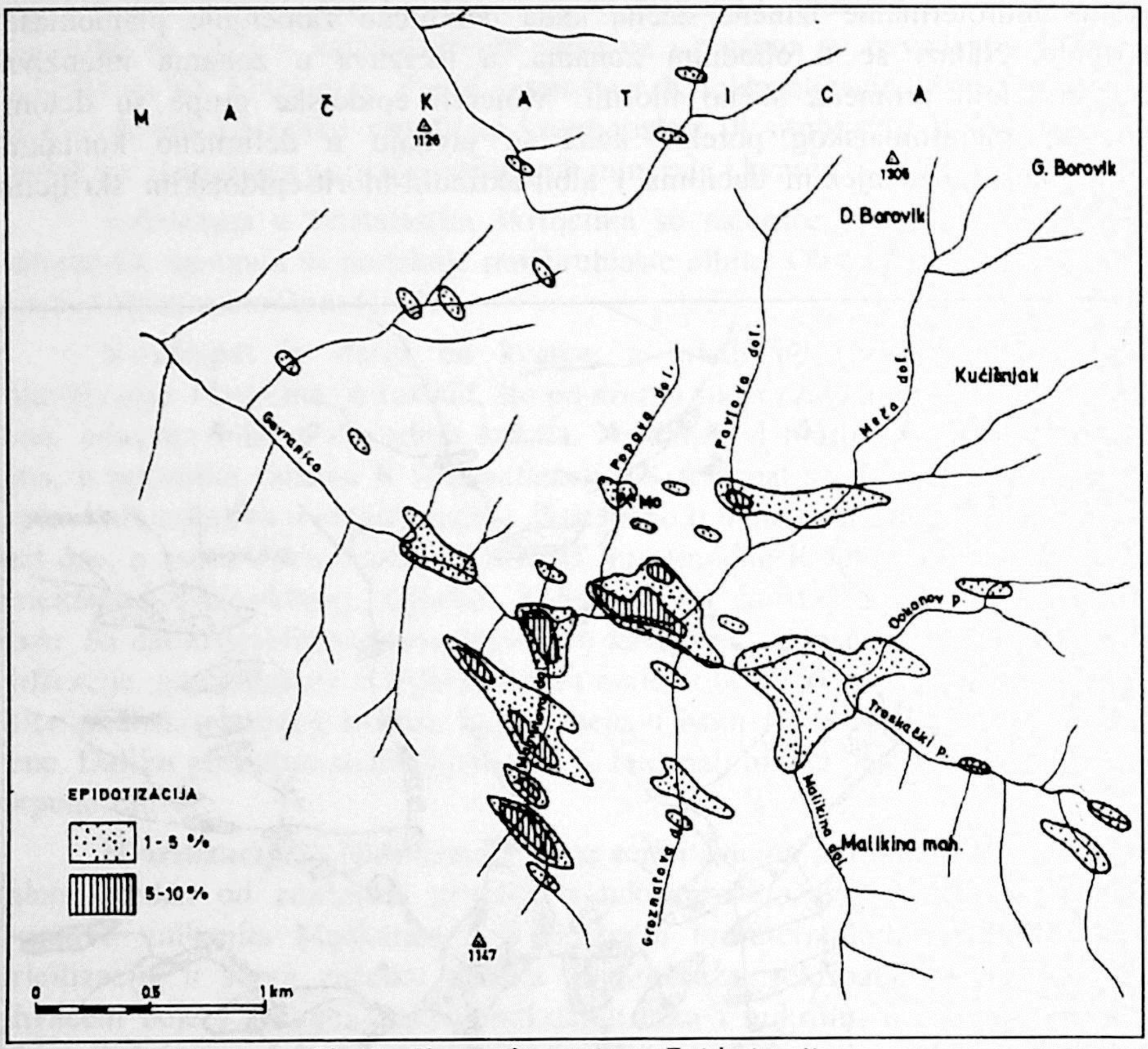
Epidotizacija. - Epidotizacija, kao i hloritizacija javlja se u početnim fazama hidrotermalne izmene dacita kada delimično zamenjuje plagioklase i amfibole. Nalazi se u obodnim zonama, a iščezava u zonama intenzivnih hidrotermalnih promena slično hloritu. Minerali epidotske grupe su delom i kontaktno-metasomatskog porekla kada se javljaju u delimično kontaktno-metasomatski izmenjenim dacitima i albit-aktinolit-hlorit-epidotskim škriljcima, (sl. 43).



Sl. 42 - Karta alteracija. - Hloritizacija i karbonatizacija.
Fig. 42. Alteration map. – Chloritization and carbonitization

Biotitizacija. - Biotitizacija se zapaža kako u magmatskim stenama tako i kristalastim škriljcima, pretežno je slabog do srednjeg intenziteta. Neobiotit je razvijen u vidu sitnolistastih agregata u osnovnoj masi dacita, kao i u vidu nagomilanja u kristalastim škriljcima. Obzirom da K-feldspatizacija prati biotitizaciju, najverovatnije je da su ovi alteracioni procesi delom metasomatski,

nastali privođenjem alkalija iz rastvora. Povećane količine biotita, odnosno proces biotiitizacije, prati povećan sadržaj bakra u primarnom oreolu rasejavanja (sl. 41).

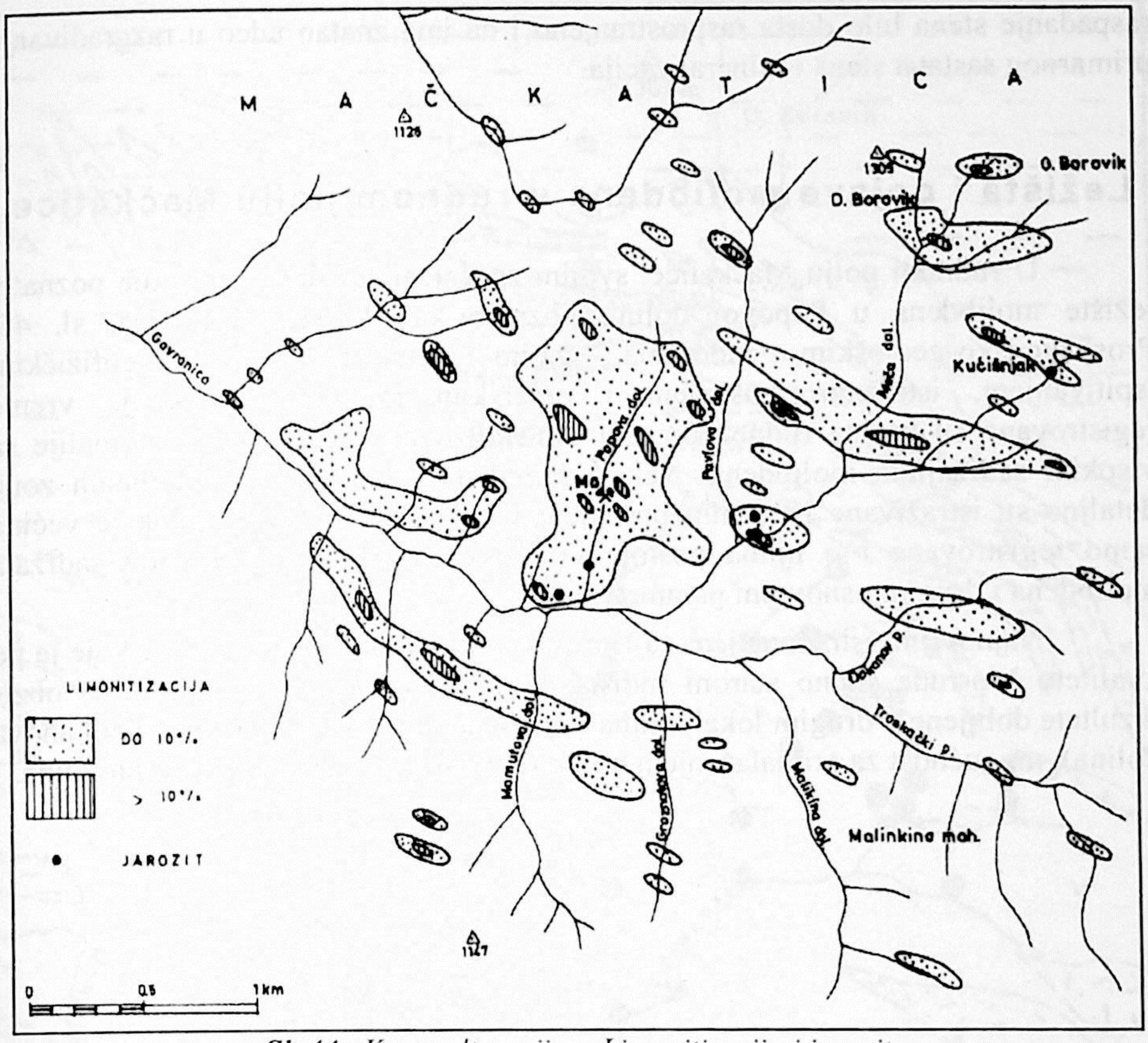


Sl. 43. Karta alteracija. - Epidotizacija.
Fig. 43. Alteration map. – Epidotization

Albitizacija. - Redovno prisustvo albita kao karakterističnog minerala u metamorfitima u rudnom polju Mačkatice, i šire ukazuje na njegovo regionalno formiranje u fazi metamorfnih procesa. Međutim, stvaranje sekundarnog albita u procesima hidrotermalne alteracije okolnih stena nije posebno široko razvijena pojava (sl. 41).

Albitizacija, kao natrijska metasomatoza, u rudnom polju Mačkatice je podređena u odnosu na K-feldspatizaciju, a javlja se lokalno, uglavnom u hidrotermalno izmenjenim dacitima i granodiorit-porfiritima gde tanke žilice bistrog albita presecaju fenokristale plagioklasa.

Muskovitizacija. - Muskovitizacija se javlja u jako hidrotermalno izmenjenim dacitima, ali zahvatajući njihove dublje delove. Muskovit obično zamenjuje plagioklase zajedno sa sericitom i mineralima glina ili se javlja u vidu listastih agregata u osnovnoj masi stena. Obično je u asocijaciji sa povećanom količinom K-feldspata i sericita (sl. 38).



Sl. 44. Karta alteracija. - Limonitizacija i jarozit
Fig. 44. Alteration map. – Limonitization and jarosite

Zeolitizacija. - Zeolitizacija kao proces izmena ima ograničeno rasprostranjenje, te prema tome i značaj. Zeoliti najčešće zamenjuju fenokristale plagioklasa ređe bojenih sastojaka, mada se zapažaju i u vidu žilica ili međuprostornih agregata (sl. 40).

Piritizacija. - Piritizacija je jedan od značajnih hidrotermalnih procesa, a javlja se u svim stenama ispitivanog područja, samo je različitog intenziteta. Pirit se zapaža kako u mikroskopski svežim tako i intenzivno hidrotermalno izmenjenim stenama. U prvim se javlja u vidu sitnih raspršenih zrna, a u drugim u vidu zrnastih agregata, impregnacija, žica i žilica. Najintenzivnija piritizacija javlja se u potpuno hidrotermalno izmenjenim stenama, odnosno duž brečiziranih i kataklaziranih zona udružena sa drugim postmagmatskim produktima, kvarcom, sericitom, kaolinitom, K-feldspatom, molibdenitom i drugim sulfidima Cu, Pb, Zn.

U supergenoj fazi alteracija pirit kao i drugi sulfidi, zahvaćeni su procesom limonitizacije i jarozitizacije. Limonitizacija, kao i jarozitizacija uglavnom prate povećane vrednosti sadržaja ispitivanih elemenata (sl. 44). Sudeći prema površinama zahvaćenim limonitizacijom nesumnjivo je, da je površinsko

raspadanje stena bilo dosta rasprostranjeno i da ima znatan udeo u razgrađivanju primarnog sastava stena i mineralizacija.

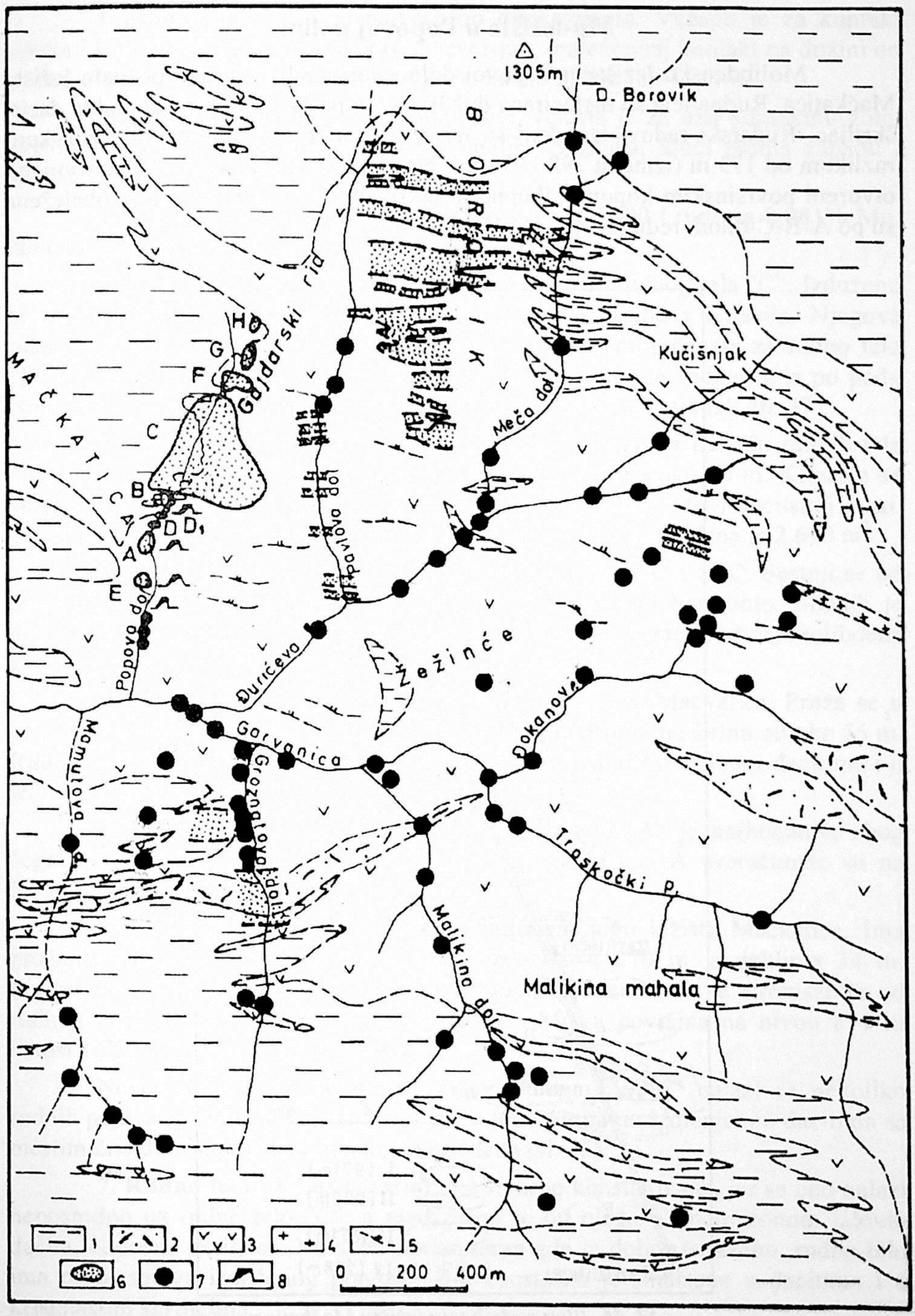
Ležišta i pojave molibdena u rudnom polju Mačkatice

U rudnom polju Mačkatice, svojim značajem se ističe, od ranije poznato, ležište molibdena u Popovoj dolini, poznato kao ležište Mačkatica, sl. 45. Prospekcijsko-geološkim radovima, zatim geohemijskim i geofizičkim ispitivanjem, istražnim bušenjem i rudarskim radovima u novije vreme registrovane su brojne rudne pojave i mineralizovane zone, kao i anomalije sa visokim sadržajima molibdena. Neke od ovih rudnih pojava i orudnjenih zona detaljno su istraživane istražnim bušenjem i rudarskim radovima, dok je većina samo registrovana i o njima postoje vrlo oskudni podaci u pogledu sadržaja molibdena i drugim osnovnim parametrima.

Najnovijim istraživanjem na Boroviku, otkriveno je novo ležište koje je po kvalitetu Mo-rude slično starom rudištu (Simić, 1990). Ako bi uzeli u obzir rezultate dobijene u drugim lokalitetima (Groznatova dolina, Kućišnjak, Djokanova dolina), mogućnost za pronalaženjem novih rezervi Mo-rude je izuzetno povoljna.

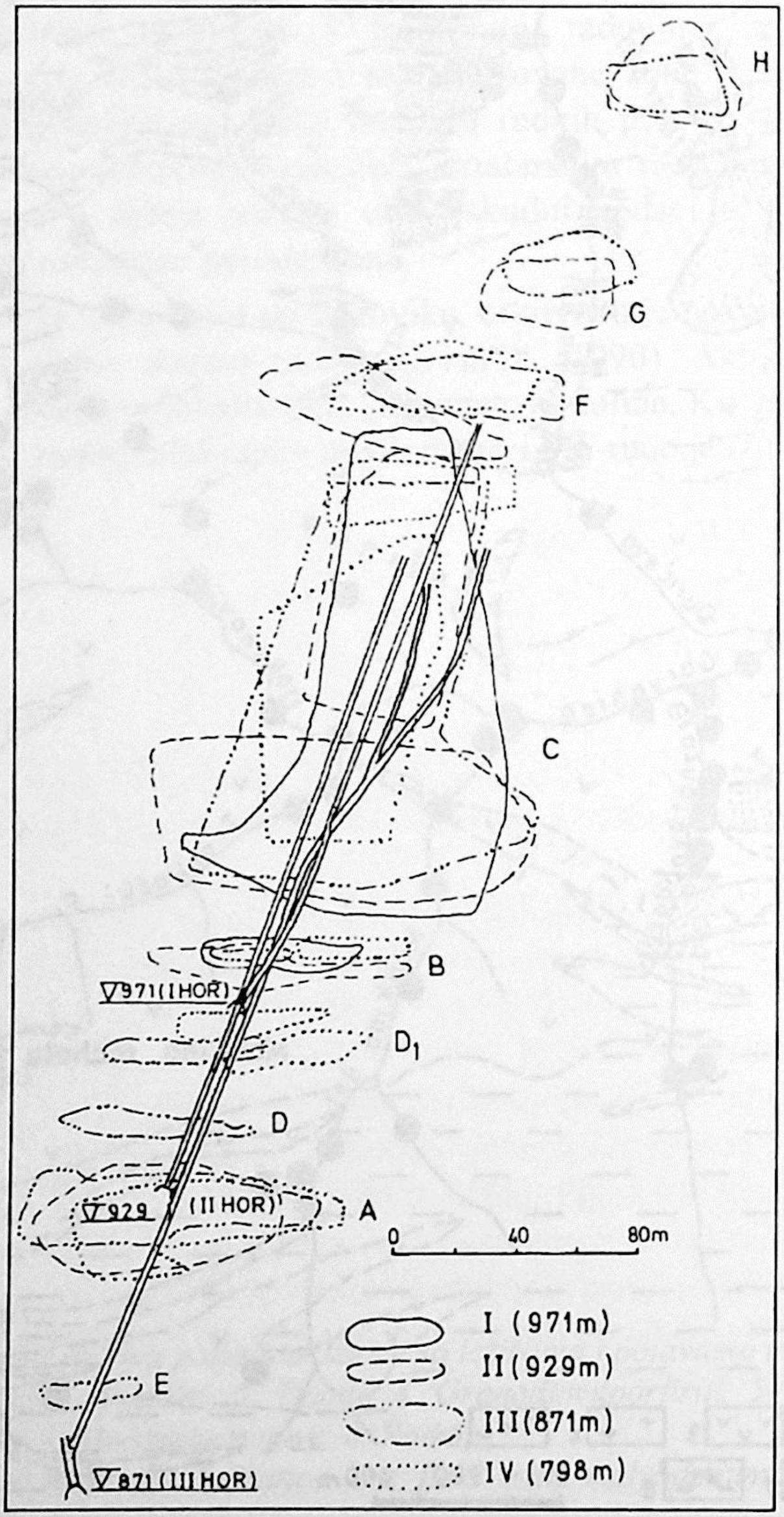
Sl. 45. *Geološka karta rudnog polja Mačkatice sa ležištima i pojavama molibdena*
1. Škriljci, 2. Kvarciti, 3. Daciti, 4. Granodioritporfiriti, 5. Pukotine, 6. Mo-rudna tela, 7. Mo-rudne pojave, 8. Potkop.

Fig. 45. *Geological map of Mačkatica ore field with molybdenum deposits and ore occurrences.*
1. Schists, 2. Quartzites, 3. Dacites, 4. Granodioriteporphyrites, 5. Fractures, 6. Mo-ore bodies, 7. Mo-occurrences, 8. Adit.


1305m
D. Borovik
Kučišnjak
Malikina mahala
Gojdarski
Meča dol
Đuričev dol
Gorvanica
Đokanov
Trnskočki p.
Malikino dol
Grozdanov dol
Popov dol
Momulova
Mežinće
A
B
C
D
D1
E
F
G
H
0 200 400m
1
2
3
4
5
6
7
8

Mo-ležište u Popovoj dolini

Molibdensko ležište u Popovoj dolini predstavlja zapravo poznato ležište Mačkatica. Rudna tela su dislocirana duž Popovog potoka, odnosno kontakta dacit-škriljac. Rudarski radovi izvođeni su na četiri horizonta sa ukupnom visinskom razlikom od 173 m (između 798 i 971 m). Najviši delovi rudišta bili su mestimično otvoreni površinskim kopom. Ukupno je otkriveno devet rudnih tela, a obeležena su po A-B-C-dnom redu (sl. 45, 46, 47).



***Sl. 46**. Plan rudnih tela ležišta Mačkatica*
***Fig. 46**. Plotted ore bodies of Mačkatica deposit*

1. Rudno telo "C" je najveće po dimenzijama. Vezano je za kontakt dacita i škriljaca i prostire se po pravcu sever-jug, prateći ovaj kontakt na dužini od preko 350 m. Maksimalna širina rudnog tela iznosi 230 m (sl. 45, 46).

Maksimalna koncentracija molibdenita, vezana je za užu kontaktnu zonu škriljaca i dacita, i redovno opada, sem malih izuzetaka, idući prema zapadu i istoku.

Ukupne rezerve rudnog tela "C" iznose 17.362.000 t rude sa 0,081% Mo, što čini preko 70% rudnih rezervi ovog ležišta.

2. Rudno telo "B" leži, neposredno, južnije od rudnog tela "C". Izduženo je u pravcu istok-zapad, a sastoji se od orudnjenih škriljaca i dacita. Njegova maksimalna moćnost iznosi oko 45 m. Rudne rezerve proračunate za rudno telo "B" iznose 560.000 t rude sa 0,156% Mo. Perspektive ovog rudnog tela po padu ispod nivoa 798 m su male, jer pokazuju tendenciju isklinjavanja (sl. 46, 47).

3. Rudno telo "D_1" otkriveno je u trećem horizontu između rudnih tela "B" i "D". Njegova maksimalna dužina iznosi 120, a širina oko 20 m. Klinasto se sužava prema istoku i zapadu i jasno je omeđeno prema susednoj dacitskoj masi. Srednji sadržaj molibdena iznosi 0,148% na nivou 798 m, a površina je 2.640 m^2.

4. Rudno telo "D" nalazi se između rudnih tela "A" i "D_1". Sastoji se od orudnjenih dacita i otkriveno je samo u drugom i trećem horizontu. Sličnih je dimenzija kao rudno telo "D_1", a pruža se u pravcu istok-zapad. Sadržaj molibdena kreće se od 0,15-0,20% Mo.

5. Rudno telo "A" je drugo po veličini u ležištu Mačkatica. Pruža se u pravcu istok-zapad, dostiže dužinu od oko 250 m i maksimalnu širinu od oko 55 m. Ruda molibdena je smeštena u hidrotermalno izmenjenim škriljcima i dacitima i u jednoj zoni izmešanih škriljaca i dacita.

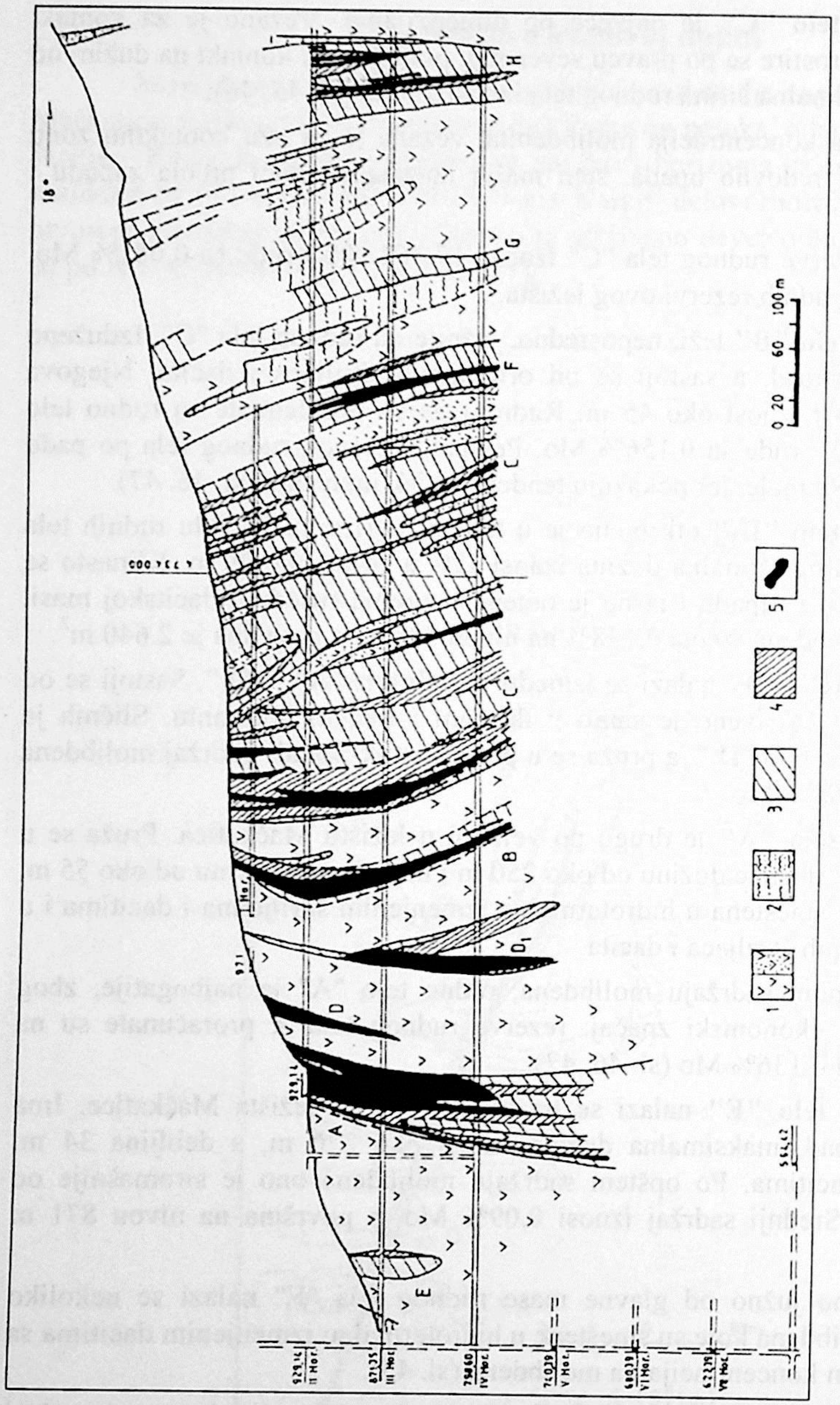
Po prosečnom sadržaju molibdena, rudno telo "A" je najbogatije, zbog čega ima poseban ekonomski značaj: rezerve rudnog tela A proračunate su na 2.893.000 t rude sa 0,136% Mo (sl. 46, 47).

6. Rudno telo "E" nalazi se na krajnjem jugu ležišta Mačkatice. Ima pružanje istok-zapad, maksimalna dužina iznosi oko 270 m, a debljina 34 m. Formirano je u dacitima. Po opštem sadržaju molibdena ono je siromašnije od rudnog tela "A". Srednji sadržaj iznosi 0,09% Mo, a površina na nivou 871 m iznosi 1.750 m^2.

Neposredno južno od glavne mase rudnog tela "E" nalazi se nekoliko rudnih pojava molibdena koje su smeštene u hidrotermalno izmenjenim dacitima sa mestimično dobrim koncentracijama molibdena (sl. 45).

7. Rudno telo "F" na površini nije sigurno konstatovano, jer se ono nalazi neposredno uz rudno telo "C", a razdvojeno je od njega uzanom zonom jalovih dacita, odnosno škriljaca. Na svim horizontima gde je dobro istraženo, rudno telo ima oblik sočiva izduženog pravcem Z-I. Prostorno je smešteno u dacitima i u kristalastim škriljcima.

Rezerve rudnog tela "F" iznose 1.900.000 t rude sa 0,107% Mo.



Sl. 47. Popречni geološki profil Mo-ležišta Mačkatica (Talić, 1960; modifikovano).
1. Sveži, mestimično slabo orudnjeni mikašisti (<0.04% Mo), 2. Sveži, mestimično slabo orudnjeni daciti (<0.04% Mo), 3. Ruda sa sadržajem iznad 0.14% Mo, 4. Ruda sa sadržajem ispod 0.08% Mo, 4. Ruda sa sadržajem ispod 0.08% Mo, 5. Ruda sa sadržajem iznad 0.14% Mo,

***Fig. 47.** Cross section of Mačkatica Mo-deposit (Talić, 1960; modified)*
1. Fresh, locally slightly mineralized micaschists (<0.04% Mo), 2. Fresh, locally poorly mineralized dacite (<0.04% Mo), 3. Ore with Mo contents less than 0.08% 4. Ore with Mo contents less than 0.14% with Mo contents more than 0.14%

8. Rudno telo "G" nalazi se severno od rudnog tela "F" od koga je odvojeno slabo mineralizovanim dacitima i škriljcima. Izdanak rudnog tela u Popovoj dolini nije sigurno utvrđen. Ruda se pretežno nalazi u hidrotermalno izmenjenim kristalastim škriljcima i dacitima. Najčešće je izduženo u pravcu istok-zapad, mada u nekim nivoima ima izometričan oblik.

Ukupne rezerve rudnog tela "G" u ležištu iznose 876.000 t rude sa 0,077% Mo.

9. Rudno telo "H" je najsevernije u ležištu Mačkatica. Otkriveno je kao i dva prethodna na II (929), III (871) i IV (798 m) horizontu. Od rudnog tela "G" odvojeno je jednom širom zonom siromašnije orudnjenih dacita i škriljaca. Ruda je deponovana u hidrotermalno izmenjenim dacitima i kristalastim škriljcima. Pružanje i oblik ovog rudnog tela je slično rudnom telu "G".

Ukupne rezerve ovog rudnog tela u ležištu iznose 1.072.000 t rude sa 0,089% Mo.

Prema proračunu i kategorizaciji rezervi koje je izvršio Marić (1967), uzimajući u obzir sva prethodna istraživanja, ukupne rezerve na starom ležištu Mačkatica u Popovoj dolini iznose 25.156.921 t rude sa 0,091% Mo.

Rudne pojave u Pavlovoj dolini

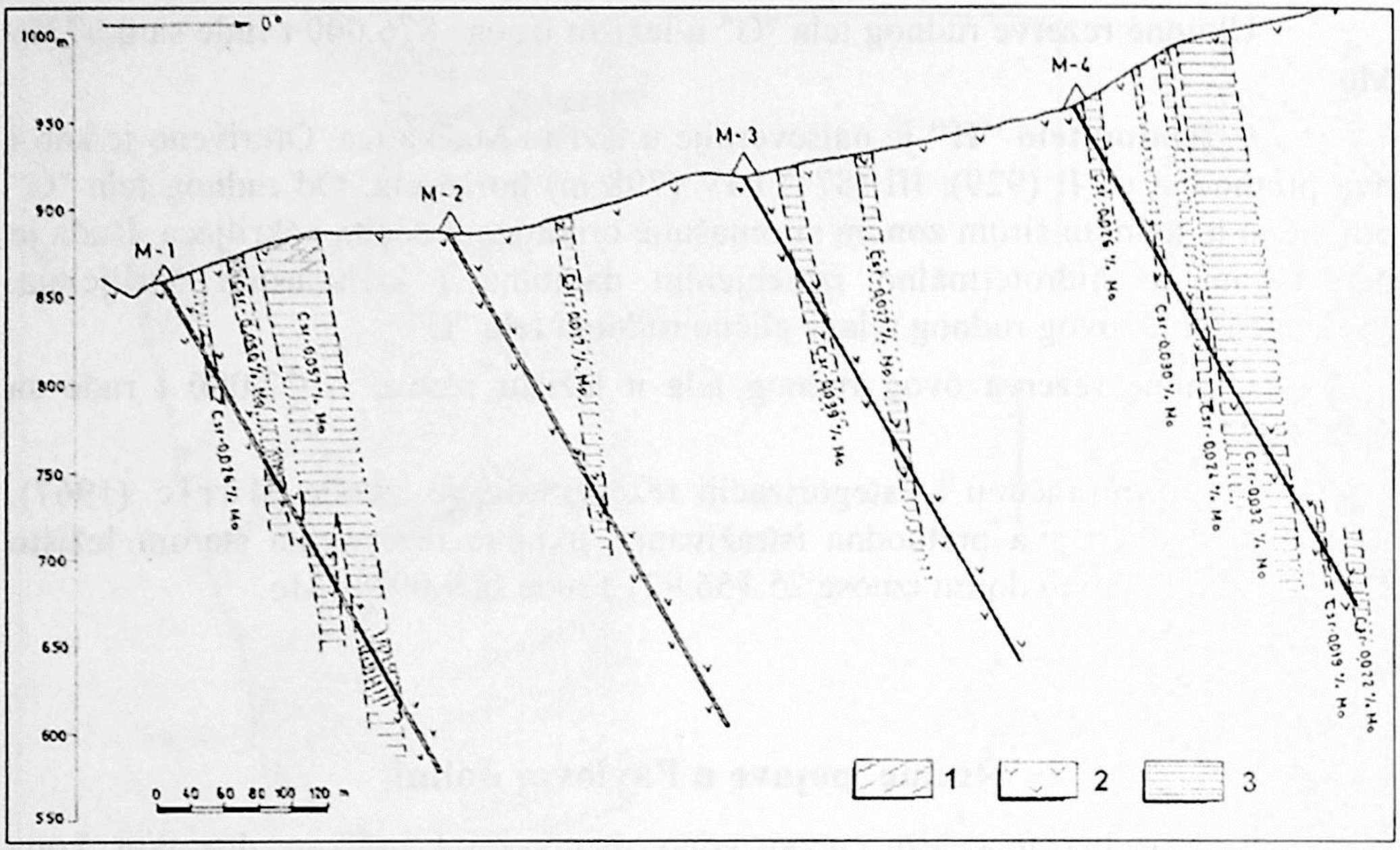
Ova rudna tela leže, neposredno, istočno od velikog dnevnog kopa Mačkatice. U ovoj dolini otkriveni su hidrotermalno izmenjeni daciti sa žiličastim Mo-orudnjenjem. Kvarcno-molibdenitske žilice orijentisane su po pružanju pravcem ZSZ-IJI. Opšta karakteristika ovih rudnih tela i pojava je da su po kvalitetu siromašna. Sadržaj molibdena kreće se u intervalu od 0,02-0,06% Mo, a sasvim su retki intervali koji prelaze 0,10% Mo.

Najznačajnija rudna tela u Pavlovoj dolini nalaze se u škriljcima u blizini ušća (srednji sadržaj 0,06% Mo), zatim rudno telo u visini rudnog tela "H", odnosno rudnog tela VII na Boroviku (srednji sadržaj 0,06% Mo) i više rudnih tela u izvorišnom delu ispod Savinog livadčeta, gde se srednji sadržaj molibdena kreće od 0,02 do 0,05% Mo (sl. 45, 48).

Mo-ležište na Boroviku

Borovik se nalazi između Pavlove doline na zapadu i Meče doline na istoku, a prema jugu strmo se spušta do njihovog ušća u Duricevu reku. Prospekcijskim radovima, geohemijskim i geofizičkim ispitivanjem i drugim radovima, registrovano je više mineralizovanih zona i anomalija molibdena čija dužina retko pelazi 250 m, (max. 420 m)koje su kasnije proveravane istražnim bušenjem. Urađeno je 18 bušotina u ukupnoj metraži od 4.143 m raspoređenih u više paralelnih profila. Istražnim bušotinama je registrovano 11 rudnih tela na prostoru od oko 1 km^2. Danas se može reći da je ovo novo ležište koje po rezervama i ekonomskom značaju ne zaostaje za starim rudištem u Popovoj dolini (sl. 45, 49).

Orudnjenje molibdena na Boroviku javlja se u škriljcima, dacitima i prikontaktnom delu škriljac-dacit, slično kao u Popovoj dolini. Najveće i po sadržaju najbogatije je Mo-orudnjenje u škriljcima, dok u dacitu i na kontaktu je znatno slabije zastupljeno.



Sl. 48. *Geploški profol bušotina u Pavlovoj dolini*
1. Škriljci, 2. Daciti, 3. Mo-rudna tela
Fig. 48*. Geological cross section of drill holes in Pavlova dolina*
1. Schists, 2. Dacites, 3. Mo-ore bodies

Molibdenska mineralizacija je žiličasto-impregnacionog tipa, a javlja se u hidrotermalno izmenjenim zonama, uglavnom silifikovanim, piritisanim, brečiziranim i kataklaziranim. U delovima gde je bila mogućnost prožimanja toplim rastvorima stenske mase, nalazi se i najbogatije orudnjenje molibdena. Molibdenit asocira sa kvarcom i piritom, a u odnosu na njih je najmanje zastupljen.

Rudne zone molibdena ili rudna tela na Boroviku imaju oblik izduženih sočiva sa pružanjem istok-zapad do ZSZ-IJI, a generalno se može uzeti da padaju subvertikalno sa slabije naglašenom tendencijom pada SSI.

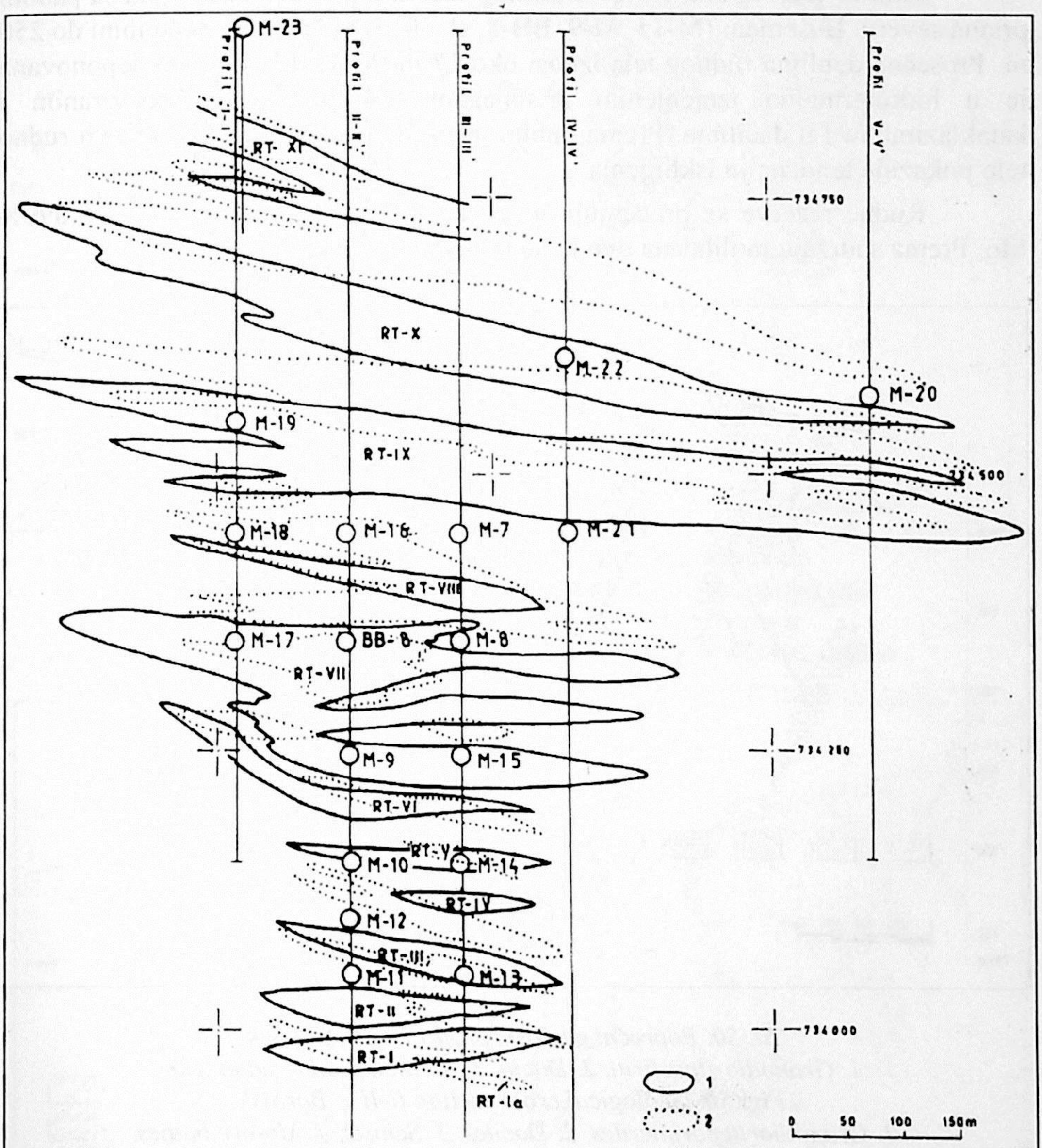
Rudno telo I - Konstatovano je bušotinama M-11 i M-13 (sl. 49, 50, 51). Nastalo je deponovanjem rudne Mo-mineralizacije u škriljcima i delimično u dacitima. Ima oblik izduženog sočiva pravca istok-zapad, sa dosta strmim padom prema severu. Debljina rudnog tela iznosi oko 40 m, dužina preko 200 m, a po dubini praćeno je oko 120 m. Ukupne rezerve $C_1 + C_2$ kategorije iznose preko dva miliona tona rude sa 0,031% Mo.

Rudno telo II, konstatovano je bušotinama M-11, M-12, M-13 i M-14 u dva nivoa i po padu praćeno je oko 160 m (sl. 49, 50, 51).

Mo-mineralizacija deponovana je u kristalastim škriljcima i delom u dacitima. Ima oblik izduženog sočiva pružanja istok-zapad, sa prosečnom debljinom oko 15 m. Sadržaj u rudi je nizak do 0,03% Mo, a rezerve znatno premašuju milion tona rude.

Rudno telo III, registrovano je bušotinama M-14, M-13, M-10 i M-12 (sl. 49, 50, 51). Ima oblik sočiva pružanja istok-zapad sa strmim padnim uglom prema

severu. Prosečna debljina je oko 20 m, a po dubini je praćena preko 120 m. Po pružanju je ostalo otvoreno u pravcu istoka i zapada.



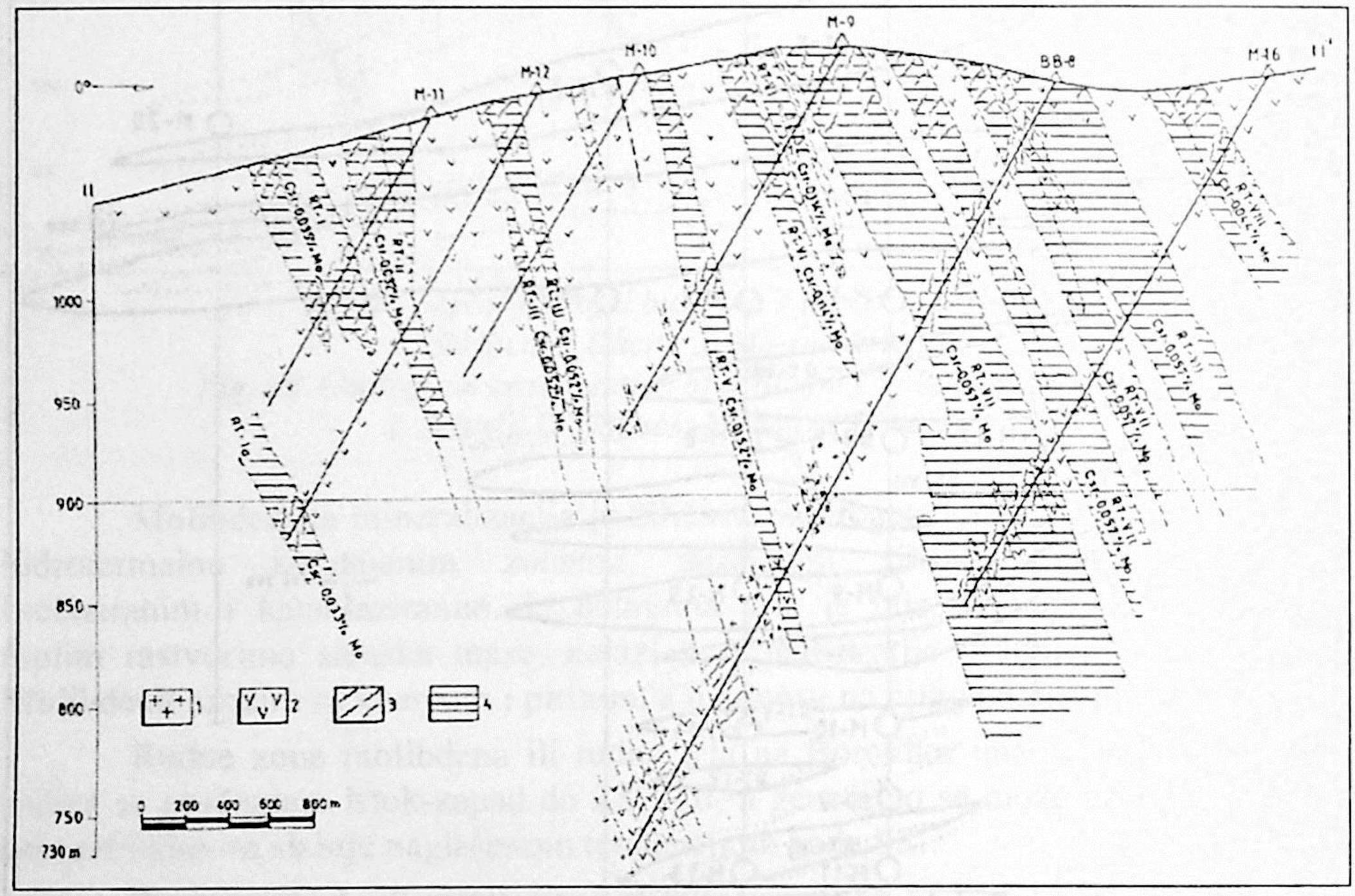
Sl. 49. *Projektovana rudna tela Borovika*
1. Rudna tela na površini, 2. Rudna tela na nivou 900 m.
Fig. 49. *Projected ore bodies in Borovik*
1. Ore bodies on the surface, 2. Ore bodies at 900 m level

Rudno telo IV, spada u najmanje rudno telo i sa najnižim sadržajem molibdena (0,016% Mo), a registrovano je bušotinama M-14 i M-15 (sl. 49, 51). Isklinjava u pravcu zapada. Po dubini je praćeno oko 120 m, odnosno do nivoa 940

m. Mo-mineralizacija deponovana je u kristalastim škriljcima, sa pružanjem istok-zapad i padom prema severu.

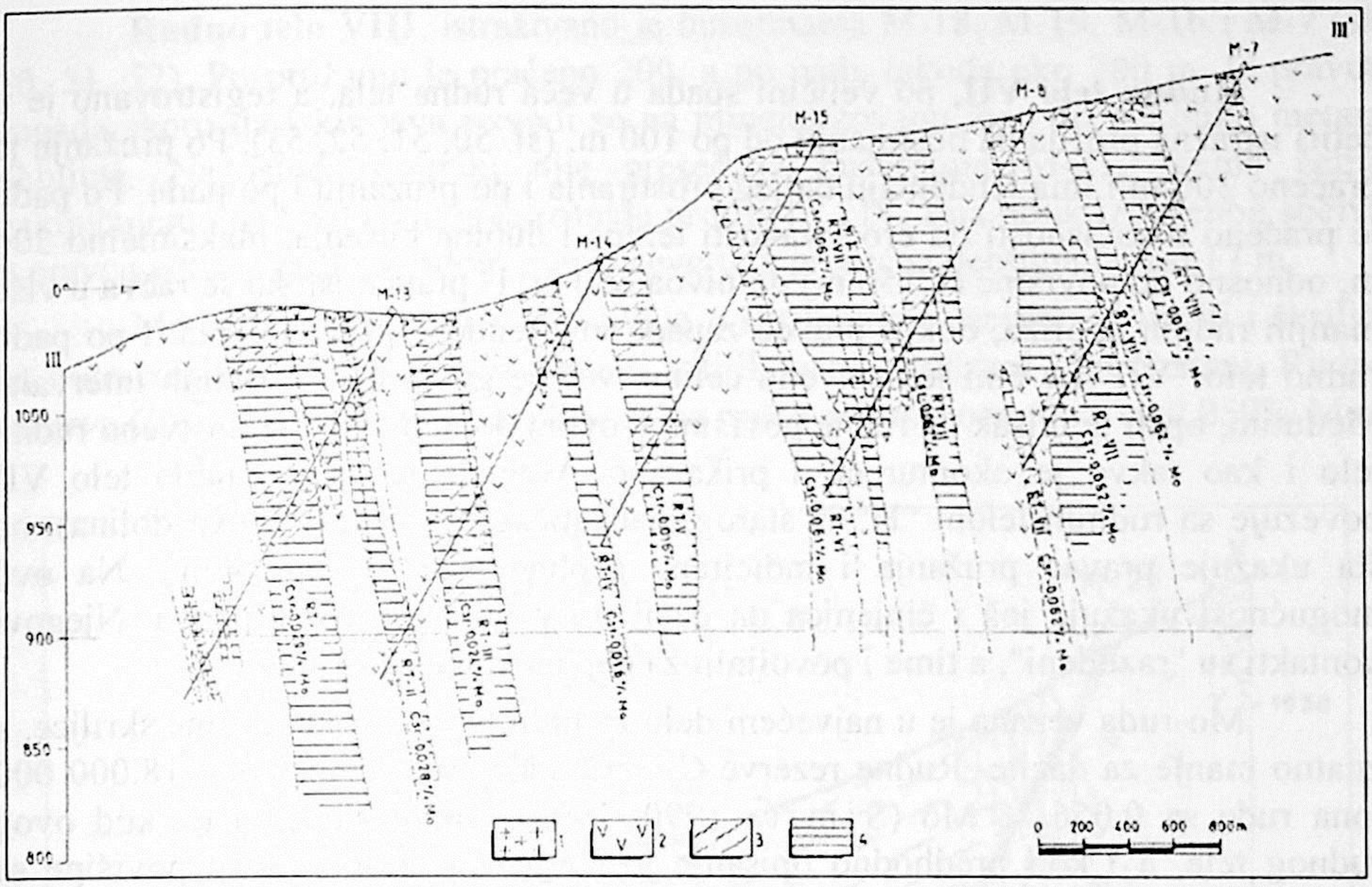
Rudno telo V, ima oblik izduženog sočiva u pravcu istok-zapad sa padom prema severu. Bušenjem (M-15, M-9, BB-8, sl. 50, 51) je praćeno po dubini do 250 m. Prosečna debljina rudnog tela iznosi oko 17 m. Molibdenska ruda deponovana je u hidrotermalno izmenjenim kristalastim škriljcima jače brečiziranim i kataklaziranim i u dacitima. Prema dubini, pogotovu u zapadnom delu, ovo rudno telo pokazuje tendenciju isklinjenja.

Rudne rezerve se procenjuju na preko dva miliona tona rude sa 0,099% Mo. Prema sadržaju molibdena ovo je najbogatije rudno telo na Boroviku.

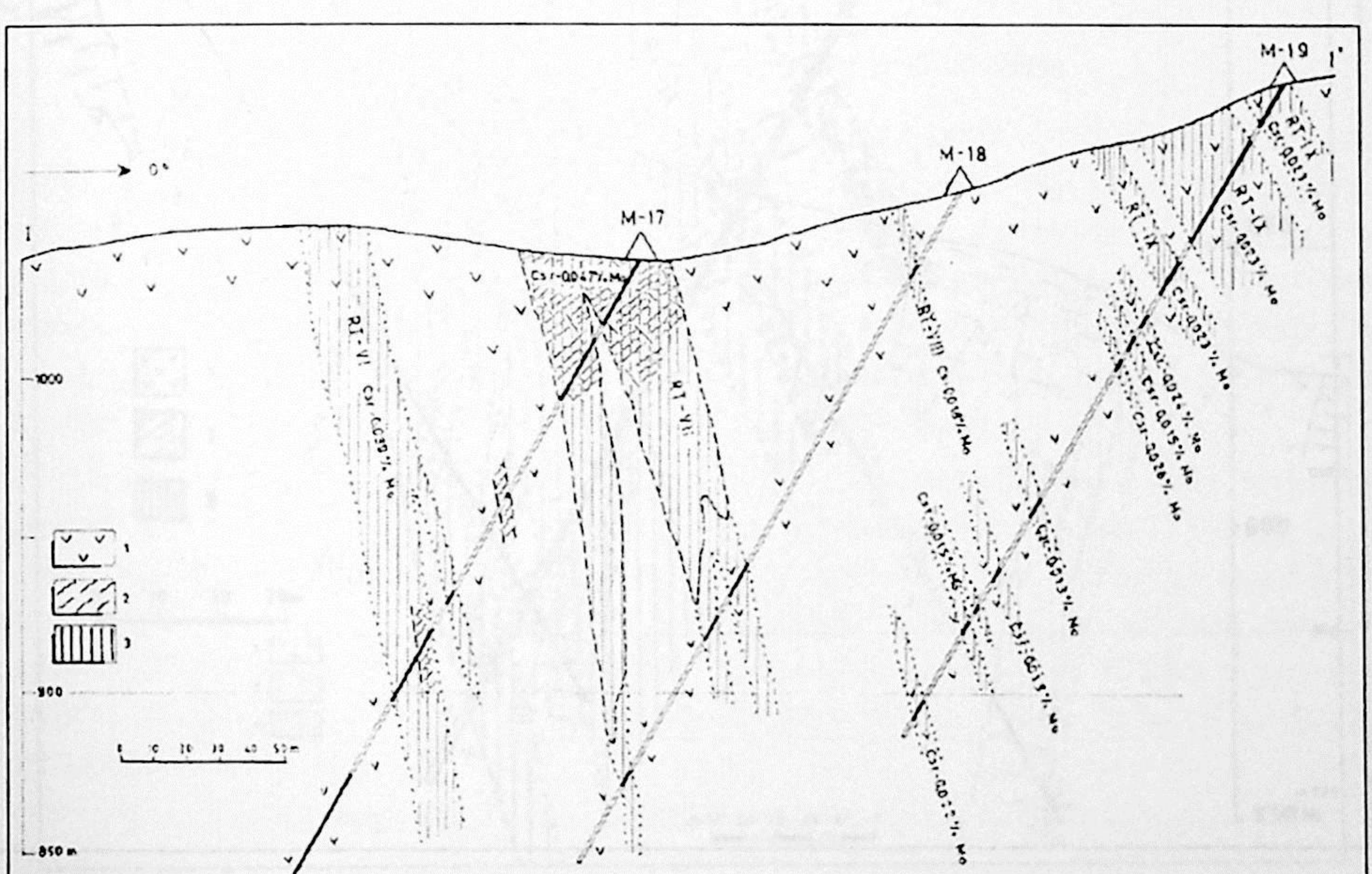


Sl. 50. *Poprečni geološki profili II-II' - Borovik*
1. Granodioritporfiriti, 2. Daciti, 3. Škriljci, 4. Mo-rudna tela.
Fig. 50. *Geological cross section II-II' – Borovik*
1. Granodioriteporphyrites, 2. Dacites, 3. Schists, 4. Mo-ore bodies.

Rudno telo VI, otkriveno je bušotinama M-15, M-8, M-9 i M-17 u tri istražna profila (sl. 50, 51, 52). Ima oblik izduženog sočiva, a pružanje istok-zapad, sa tendencijom prelaska u SZ pravac i padom prema severu. Po dubini je praćeno maksimalno 160 m, a po pružanju 200 m. Sadržaj molibdena daleko je viši u zapadnom delu rudnog tela. Ruda Mo deponovana je uglavnom u hidrotermalno izmenjenim kristalastim škriljcima i dacitima. Prosečan sadržaj Mo iznosi oko 0,072%, a rudne rezerve se procenjuju na preko dva miliona tona.



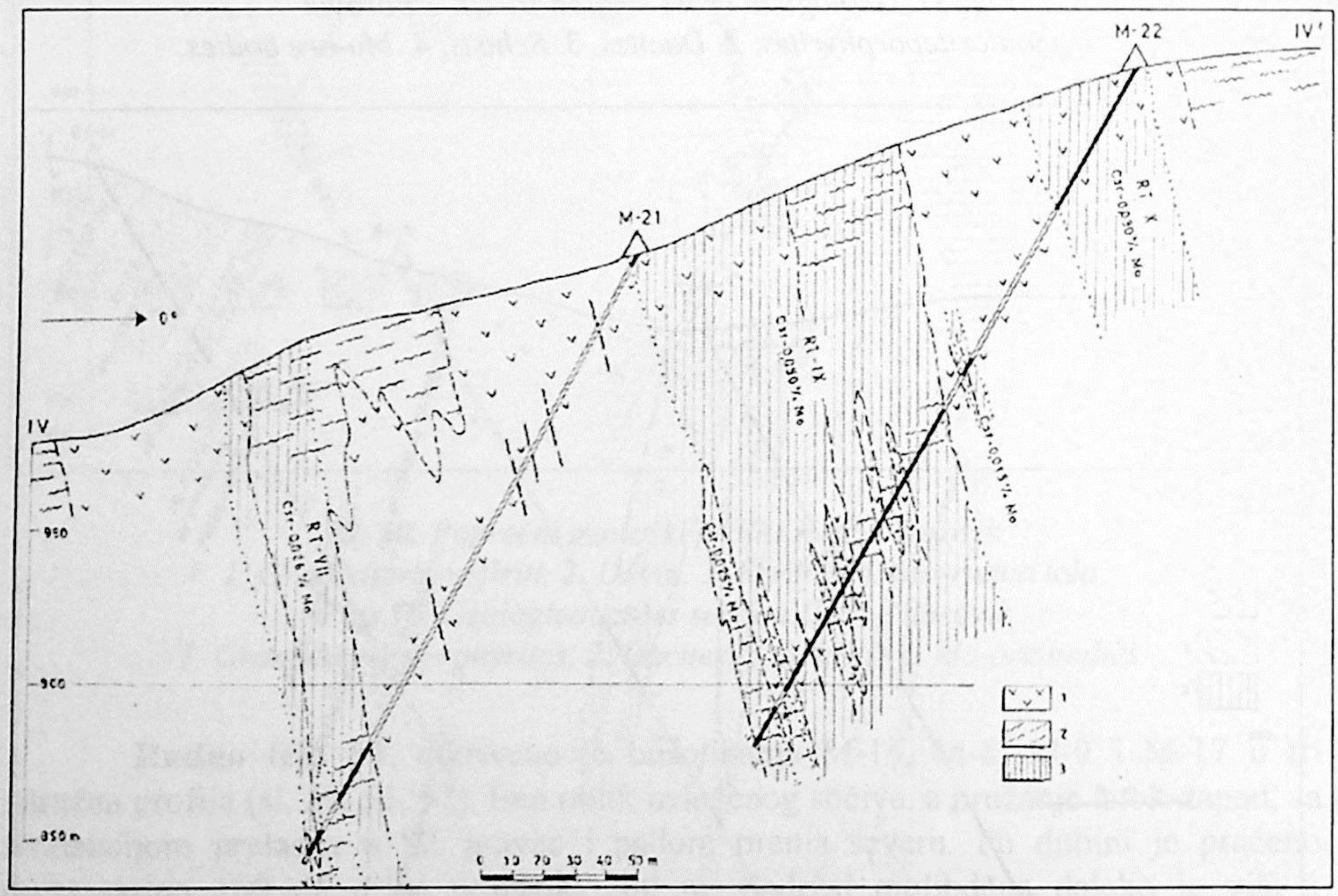
***Sl. 51**. Popečni geološki profil III-III' - Borovik*
1. Granodioritporfiriti, 2. Daciti, 3. Škriljci, 4. Mo - rudna tela
***Fig. 51.** Geological cross section III-III' – Borovik*
1. Granodioriteporphyrites, 2. Dacites, 3. Schists, 4. Mo-ore bodies.



***Sl. 52.** Poprečni geološki profil I-I' - Borovik*
1. Daciti, 2. Škriljci, 3. Mo-rudna tela
***Fig. 52.** Geological cross section I-I' – Borovik*
1. Granodioriteporphyrites, 2. Dacites, 3. Schists, 4. Mo-ore bodies.

Rudno telo VII, po veličini spada u veča rudna tela, a registrovano je u četiri istražna profila na odstojanju od po 100 m. (sl. 50, 51, 52, 53). Po pružanju je praćeno 300 m i ima tendenciju daljeg prostiranja i po pružanju i po padu. Po padu je praćeno u zavisnosti od erodovanosti terena i dubine bušenja, maksimalno 300 m, odnosno od površine (1.150 m) do nivoa 850 m. U pravcu istoka se račva u više manjih rudnih apofiza, dok u pravcu zapada ima tendenciju isklinjenja. I po padu rudno telo "VII" ne čini jedinstvenu celinu, već se grana u više rudnih intervala. Međutim, opšti je utisak da rudne površine u ovom domenu čine jedinstveno rudno telo i kao takvo je okontureno i prikazano. Moguće je da se rudno telo VII povezuje sa rudnim telom "H" iz starog mačkatičkog rudišta (Popova dolina), na šta ukazuje pravac pružanja i indicirane geohemijske Mo-anomalije. Na ovu mogućnost ukazuje još i činjenica da dacit u ovom domenu isklinjava. Njegovi kontakti su "razuđeni", a time i povoljniji za deponovanje Mo-rude.

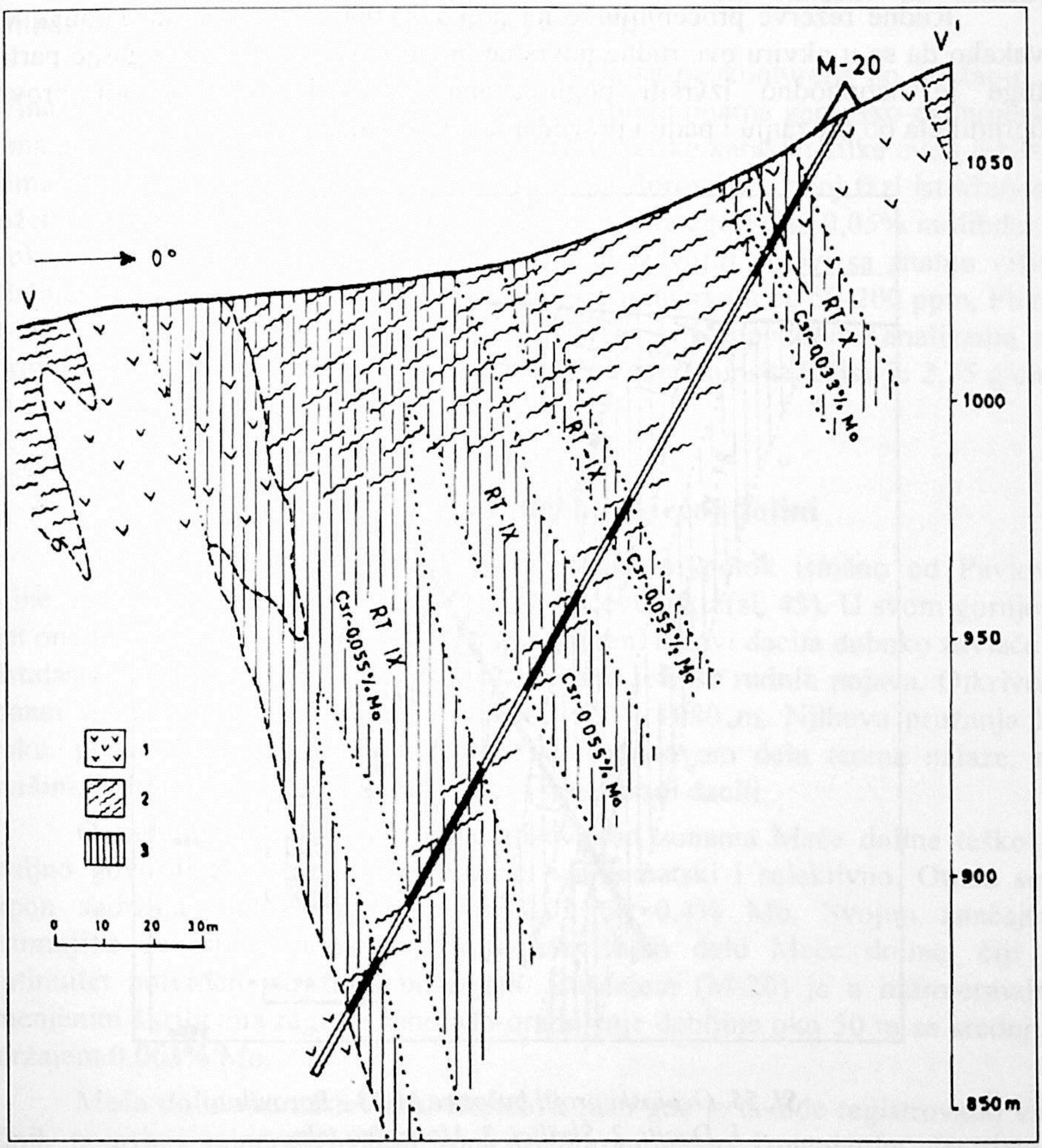
Mo-ruda vezana je u najvećem delu za hidrotermalno izmenjene škriljce, a znatno manje za dacite. Rudne rezerve $C_1 + C_2$ kategorije iznose oko 18.000 000 tona rude sa 0,056 % Mo (Simić, 1990, 1995). Treba naglasiti da kod ovog rudnog tela, a i kod predhodno opisanih je moguće izdvojiti rudne površine sa znatno većim sadržajem molibdena.



Sl. 53. *Poprečni geološki profil IV-IV' - Borovik*
1. Daciti, 2. Škriljci, 3. Mo-rudna tela.
Fig. 53. *Geological cross section IV-IV' – Borovik*
1. Dacites, 2. Schists, 3. Mo-ore bodies.

Rudno telo VIII, istraživano je bušotinama M-18, M-19, M-16 i M-7 (sl. 50, 51, 52). Po pružanju je praćeno 200, a po padu takođe oko 200 m. U pravcu zapada skoro da isklinjava i svodi se na mineralizovanu žicu od nekoliko metara debljine. Na istočnoj strani nije presečeno bušotinom M-21, prema čemu zaključujemo da brzo isklinjava između profila III i IV. Ima oblik izduženog sočiva u pravcu istok-zapad sa padom prema severu, a prosečna debljina iznosi 17 m.

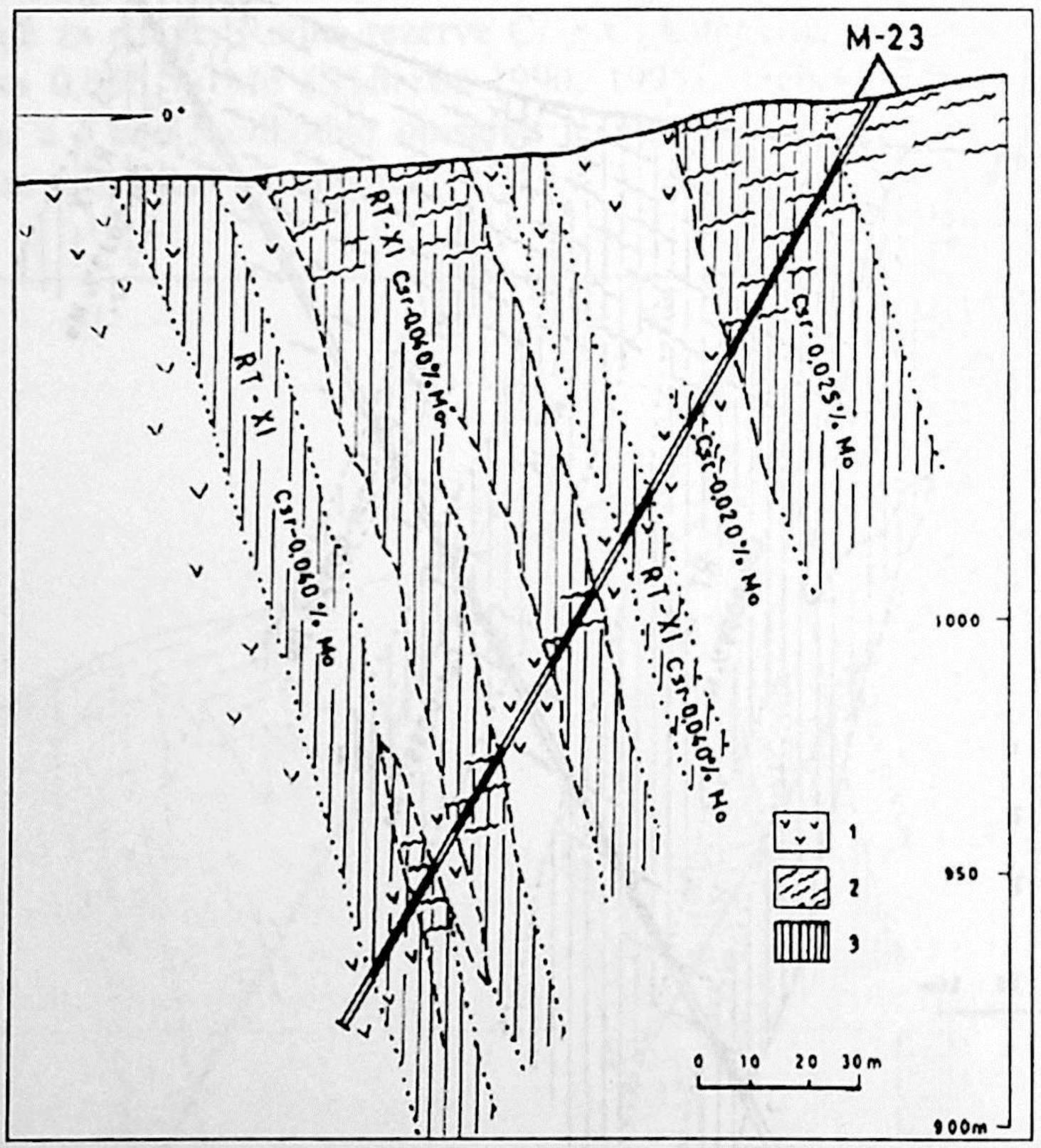
Mo-mineralizacija deponovana je u škriljcima i dacitima. I daciti i škriljci su hidrotermalno intenzivno izmenjeni, silifikovani, piritisani i brečizirani. Rudne rezerve $C_1 + C_2$ kategorije procenjuje se na preko dva miliona tona, sa 0,059% Mo.



Sl. 54. Poprečni geološki profil V-V' - Borovik
1. Daciti, 2. Škriljci, 3. Mo-rudna tela
***Fig. 54.** Geological cross section V-V' – Borovik*
1. Dacites, 2. Schists, 3. Mo-ore bodies.

Rudno telo IX, predstavlja jednu orudnjenu zonu koja je dobijena ekstrapolovanjem rudnih intervala nabušenih bušotinama M-20, M-22 i M-19 (sl. 52, 53, 54). Profili bušotina su na odstojanju od preko 300 m, pa su stoga ove Mo-mineralizacije uvršćene u C_2 kategoriju. Mo-mineralizacija po dubini je praćena od površine (1.150 m) do nivoa 850 m, gde je zahvaćena bušotinom M-20, što znači više od 300 m. Pružanje ovog rudnog tela iznosi preko 800 m, a debljina rudnih intervala u pojedinim delovima prelazi 70 m (u proseku oko 50 m). Mo-ruda je deponovana najvećim delom u škriljcima, a znatno manje u dacitima. Stene su brečizirane i hidrotermalno jako izmenjene najčešće, silifikovane, piritisane i sericitisane.

Rudne rezerve procenjuju se na preko 24.000 000 tona sa 0,046% Mo. Svakako da se u okviru ove rudne površine mogu izdvojiti znatno bogatije partije. Stoga je neophodno izvršiti pogušćavanje istražnih radova, radi provere kontinuiteta po pružanju i padu i prevođenja u više kategorije.



Sl. 55. Geološki profil bušotine M-23 - Borovik
1. Daciti, 2. Škriljci, 3. Mo-rudna tela
***Fig. 55.** Geological cross section of M-23 drill hole – Borovik*
1. Dacites, 2. Schists, 3. Mo-ore bodies.

Rudno telo X, registrovano je bušotinama M-20 i M-22 (Sl. 50, 51). Rudno telo ima oblik velikog izduženog sočiva, pružanja istok-zapad, 800 i više

metara sa prosečnom debljinom oko 30 m. Mo-ruda je deponovana u hidrotermalno izmenjenim škriljcima i dacitima. Rudne rezerve procenjuju se na preko petnaest miliona tona rude sa 0,036% Mo.

Rudno telo XI, nalazi se na krajnjem severu ležišta Borovik, a utvrđeno je bušotinom M-23, neposredno blizu površine terena (sl. 55). Radi se o siromašnoj Mo-mineralizaciji (0,04% Mo) koja je smeštena u hiidrotermalno izmenjenim škriljcima. Debljina rudnog intervala je preko 25 m, a pružanje po pravcu istok-zapad.

Prema napred izloženom, na osnovu rezultata dobijenih istražnim bušenjem i drugim pratećim geološkim i laboratorijskim radovima na Boroviku je izdvojeno 11 rudnih tela (sl. 49). Po svom značaju, odnosno po sadržaju molibdena i rezervama rude ističe se rudno telo VII.

Skoro sva rudna tela na Boroviku ostala su neokonturena po pružanju, a većina i po padu. Za ležište Borovik urađena je preliminarna geološko-ekonomska ocena gde su date geološko-strukturne i metalogenetske karakteristike ovog ležišta. Prema proceni na osnovu dosadašnjih radova, na Boroviku u ovoj fazi istraženosti možemo računati na oko 71.000.000 t rude $C_1 + C_2$ kategorije sa 0,05% molibdena. U okviru okonturenih rudnih površina mogu se izdvojiti delovi sa znatno višim sadržajem molibdena. Sadržaj Cu varira najčešće u intervalu od 50-200 ppm, Pb od 10-200, a cink, od 40-300 ppm. Sadržaj WO_3 u kompozitnim analizama sa Borovika je u relacijama od 30-50 ppm. Prosečna zapreminska težina je 2,75 g/cm^3 (S i m i ć , 1990, 1995).

Rudne pojave molibdena u Mečoj dolini

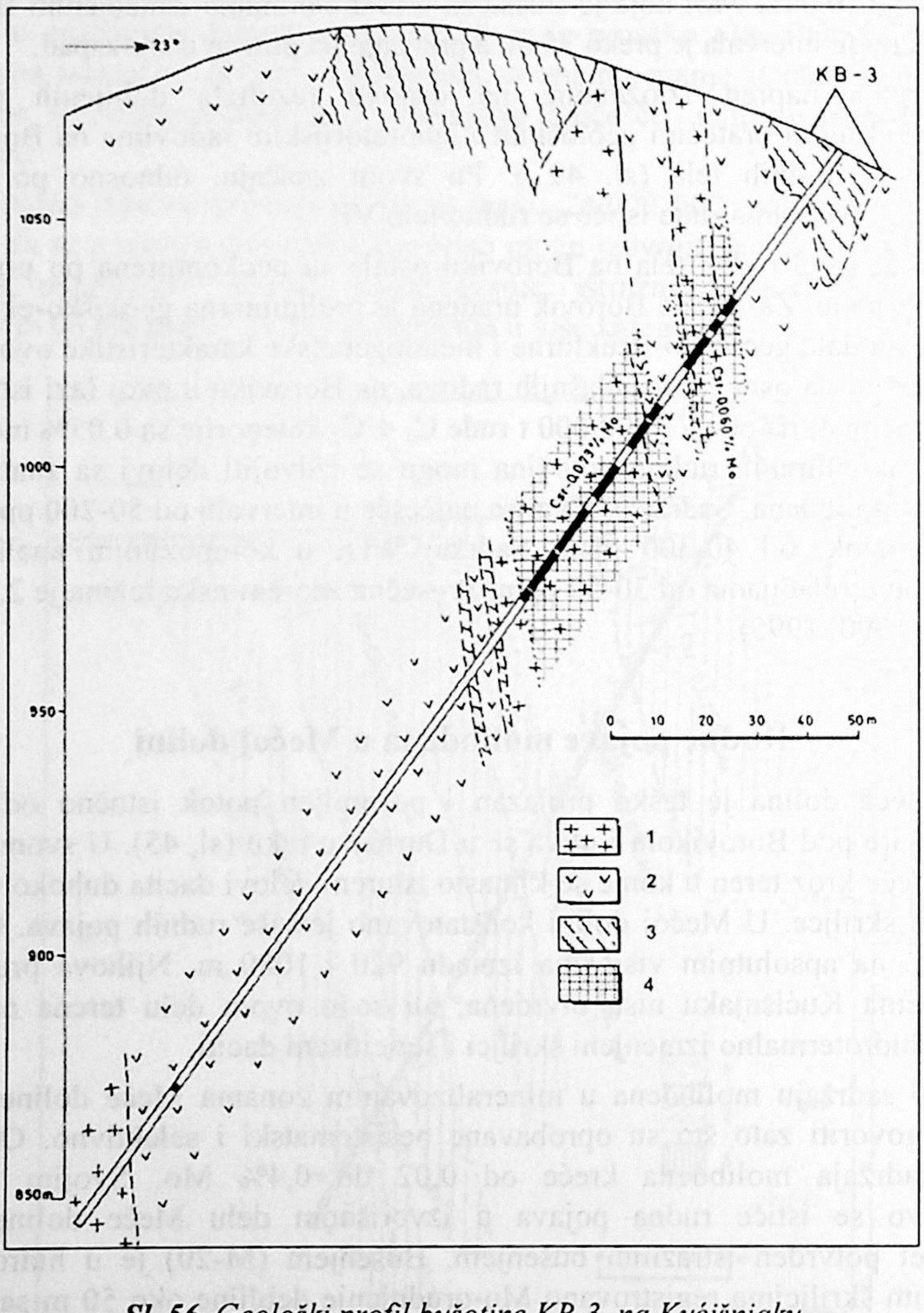
Meča dolina je teško prolazan i pošumljen potok istočno od Pavlove doline, izvire pod Borovikom i uliva se u Durićevu reku (sl. 45). U svom gornjem delu ona teče kroz teren u kome se klinasto istureni delovi dacita duboko zavlače u kristalaste škriljce. U Mečoj dolini konstatovano je više rudnih pojava. Otkriveni izdanci su na apsolutnim visinama između 920 i 1080 m. Njihova pružanja ka istoku, pema Kućišnjaku nisu utvrđena, ali se u ovom delu terena nalaze, na površini, hidrotermalno izmenjeni škriljci i sericitisani daciti.

O sadržaju molibdena u mineralizovanim zonama Meče doline teško je detaljno govoriti zato što su oprobavane nesistematski i selektivno. Otuda se i raspon sadržaja molibdena kreće od 0,02 do 0,4% Mo. Svojim značajem nesumnjivo se ističe rudna pojava u izvorišnom delu Meče doline, čiji je kontinuitet potvrđen istražnim bušenjem. Bušenjem (M-20) je u hidrotermalno izmenjenim škriljcima registrovano Mo-orudnjenje debljine oko 50 m sa srednjim sadržajem 0,063% Mo,

Meča dolina se nastavlja u Durićevu reku gde je takođe registrovano više rudnih pojava i mineralizovanih zona u hidrotermalno izmenjenim dacitima i uklopljenim škriljcima. Sadržaj molibdena u ovim orudnjenim zonama kreće se od 0,08 do 0,1% Mo (M i l o v a n o v i & I l i ć , 1953/54).

Rudne pojave Đokanove doline

U ovoj dolini konstatovano je više pojava sa molibdenitom ali su nešto detaljnije ispitivane samo dve koje su po Milovanoviću & Iliću (1953/54) najznačajnije.



Sl. 56. *Geološki profil bušotine KB-3 na Kućišnjaku*
1. Granodioritporfiriti, 2. Daciti, 3. Škriljci, 4. Mo - rudna tela
Fig. 56. *Geological cross section of KB-3 drill hole on Kučišnjak*
1. Granodioriteporphyrites, 2. Dacites, 3. Schists, 4. Mo-ore bodies.

Jedna se nalazi u srednjem delu doline udaljena oko 600 m uzvodno od ušća ovog potoka u Garvanicu. Molibdenska mineralizacija se javlja na znatnoj površini u zoni moćnoj preko 50 m, mada zbog pokrivenosti ne mogu da se vide

prave dimenzije. Molibdenit se javlja u hidrotermalno izmenjenim dacitima i kvarcitima. Po kvalitetu ruda iz otkrivenih i otpucanih delova iz raskopa (urađeno 6 raskopa), može se uporediti sa rudom iz bogatijih delova ležišta Mačkatica. Oprobavanjem je utvrđeno da se sadržaj Mo kreće od 0,015-0,09%. Treba naglasiti da je u pojedinim intervalima sadržaj molibdena bio izuzetno visok 0,4% Mo.

Rudne pojave Garvanice

Registrovane su na više mesta u dacitima, škriljcima i kvarcitima. Jedna od takvih rudnih pojava nalazi se na levoj obali Garvanice uz samo ušće Groznatove doline. Rudna pojava se nalazi u jednom anklavu škriljca i kvarcita u dacitima. Širina ovog orudnjenog anklava iznosi oko 5 m, a po pružanju se može pratiti preko 200 m. Sadržaj Mo na ovoj rudnoj pojavi iznosi 0,06-0,08% Mo. Slična ovoj rudnoj pojavi je i ona koja je otkrivena na ušću Troskačkog i Đokanovog potoka. Sadržaj Mo na ovoj rudnoj pojavi u orudnjenoj zoni debljine oko 6 m, iznosi 0,06% Mo. Detaljniji radovi na ovim pojavama nisu vršeni pa se o prostiranju po dubini ovih mineralizacija može samo predpostavljati, sl. 45.

Rudne pojave Mamutove doline

Ova dolina se spušta od Goleme Glave u Garvanicu. Registrovane su rudne pojave u izvorišnom delu doline i u blizini ušća u Garvanicu. Rudne pojave se javljaju kako u dacitima, tako i u kristalastim škriljcima sa proslojcima kvarcita. U gornjem izvorišnom delu ističe se jedna orudnjena zona u kristalastim škriljcima, znatne debljine, gde se Mo-mineralizacija javlja diskontinuirano. U pojedinim partijama, naročito u kvarcitima sadržaj molibdena je relativno povećan. U celini gledano, radi se o siromašnoj Mo-mineralizaciji.

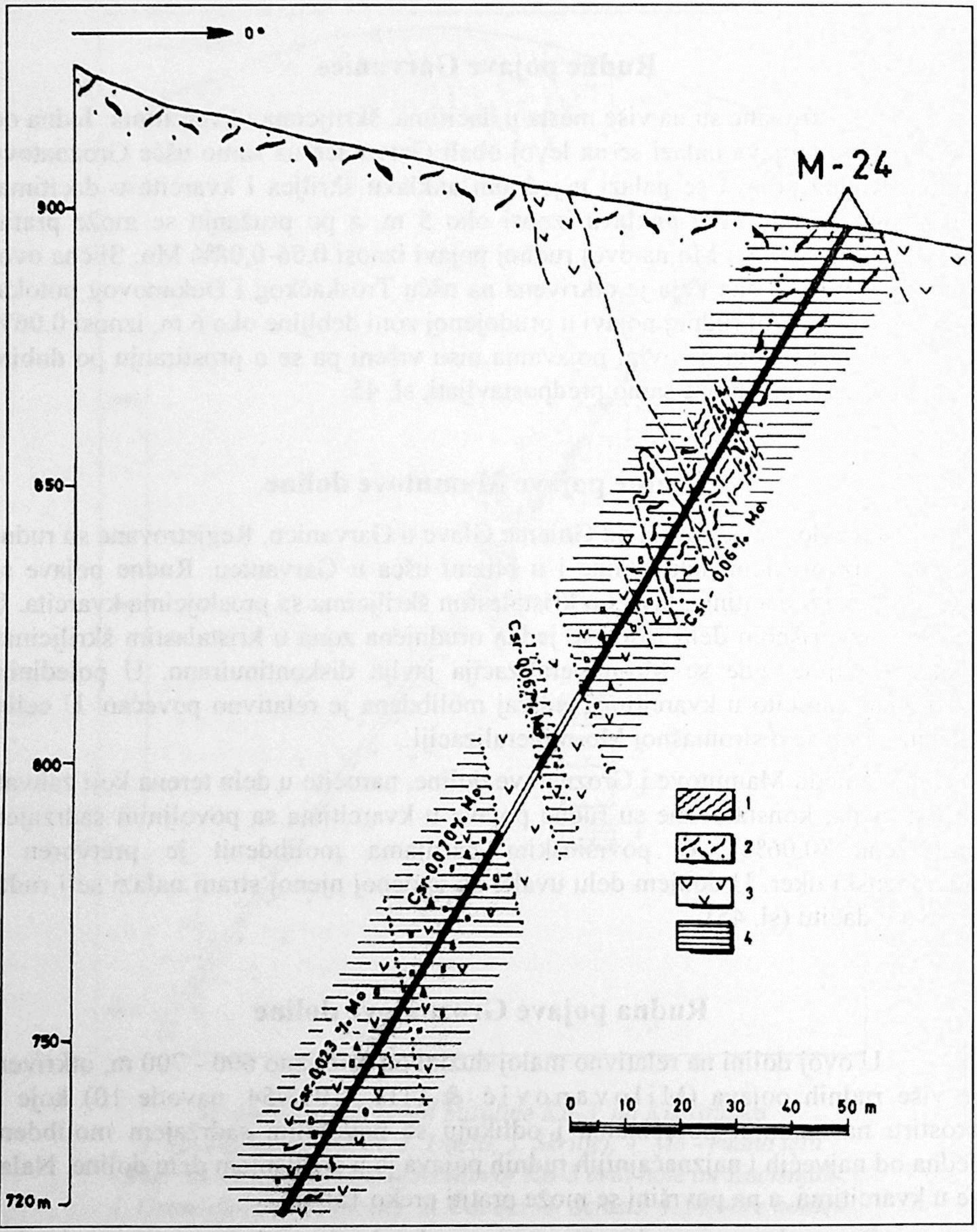
Između Mamutove i Groznatove doline, naročito u delu terena koji zahvata velika uvala, konstatovane su rudne pojave u kvarcitima sa povoljnim sadržajem molibdena (0,06%). U površinskim partijama molibdenit je pretvoren u molibdenski oker. U donjem delu uvale, na istočnoj njenoj strani nalazi se i rudna pojava u dacitu (sl. 45).

Rudna pojave Groznatove doline

U ovoj dolini na relativno maloj dužini od približno 600 - 700 m, otkriveno je više rudnih pojava (Milovanović & Ilić, 1953/54, navode 10) koje se prostiru na znatnim površinama i odlikuju se povoljnim sadržajem molibdena. Jedna od najvećih i najznačajnijih rudnih pojava je u središnjem delu doline. Nalazi se u kvarcitima, a na površini se može pratiti preko 150 m.

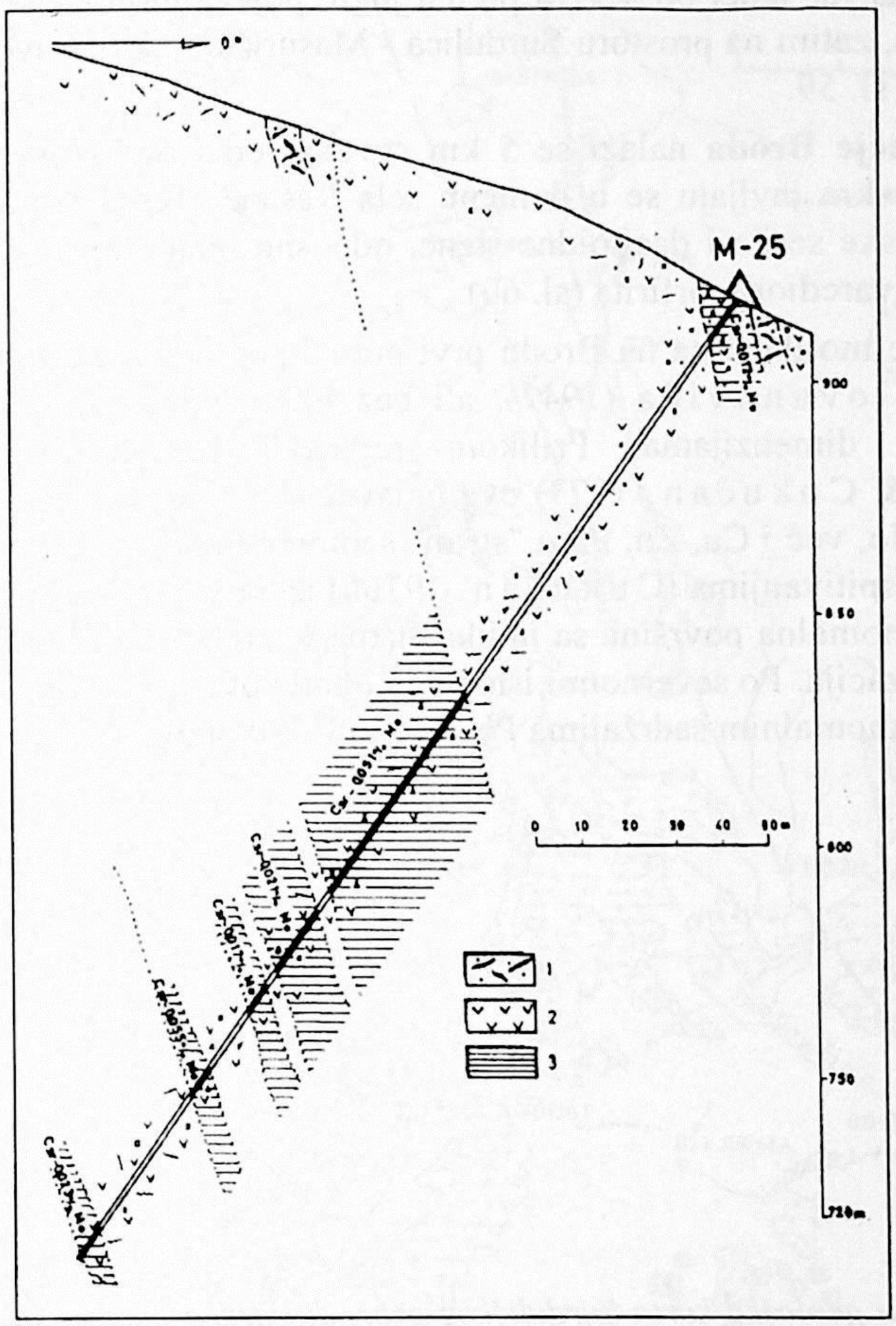
Ova rudna pojava istraživana je sa dva kraća potkopa u pravcu istoka i jugozapada i istražnim bušenjem. Na celoj površini ove mase kvarcita zapažaju se žilice neokvarca, veća ili manja nagomilanja limonita, a mestimično i pojave molibdenskog okera. Istražni radovi pokazali su da je kvarcit orudnjen skoro u svim delovima, ali neravnomerno. Molibdenit sa piritom, vezan je za tanke žilice

hidrotermalnog kvarca, koje prožimaju masu kvarcita. U nekim partijama one su gušće, grade složenu mrežu i dobro su orudnjene (0,11-0,37% Mo), dok su u drugim retke i u tim partijama srednji sadržaj Mo je nizak 0,03-0,05% Mo (Milovanović & Ilić, 1953/54).



Sl. 57. *Geološki profil bušotine M-24 u Groznatovoj dolini*
1. Škriljci, 2. Kvarciti, 3. Daciti, 4. Mo-rudna tela
Fig. 57. *Geological cross section of M-24 drill hole in Groznatova dolina*
1. Schists, 2. Quartzites, 3. Dacites, 4. Mo-ore bodies.

U novije vreme (Simić, 1992, 1993a) u ovom domenu otkriveno je istražnim bušenjem više rudnih tela debljine od 20, pa do preko 80 m, sa srednjim sadržajem od 0,06 do 0,09% Mo (sl. 45, 57, 58).



Sl. 58. *Geološki profil bušotine M-25 u Groznatovoj dolini*
1. Kvarciti, 2. Daciti, 3. Mo-rudna tela
Fig. 58. *Geological cross section of M-25 drill hole in Groznatova dolina*
1. Quartzites, 2. Dacites, 3. Mo-ore bodies.

Rudne pojave u Malikinoj dolini

Malikina dolina je duboko usečen potok između Krivulje i Malikine mahale. Teren doline se sastoji od dacita, škriljaca i kvarcita. Registrovane rudne pojave slabo su istražene i izuzev pojedinačnih proba koje su uzete u fazi prospekcije nema detaljnih podataka o načinu pojavljivanja i sadržaju molibdenske rudne komponente. Uglavnom se radi o siromašnoj Mo-mineralizaciji (0,02-0,05%), sl. 45.

Ostale pojave molibdena i bakra u području Surduličkog eruptivnog masiva

Pored rudnog polja Mačkatica na području JI Srbije ili Surduličkog eruptivnog masiva, idući od severa prema jugu, pojava molibdena i bakra ima na Brodu, Ruplju, zatim na prostoru Surdulica - Masurička reka, Krive Feje i Starog i Novog Gloga, sl. 59.

Područje Broda nalazi se 5 km severno od Crne Trave. Rudne pojave molibdena i bakra javljaju se u domenu sela Rašane. Teren izgrađuju kristalasti škriljci Vlasinske serije i dacitoidne stene, odnosno manje mase dacita, dacitskih mikrobreča i kvarcdioritporfirita (sl. 60).

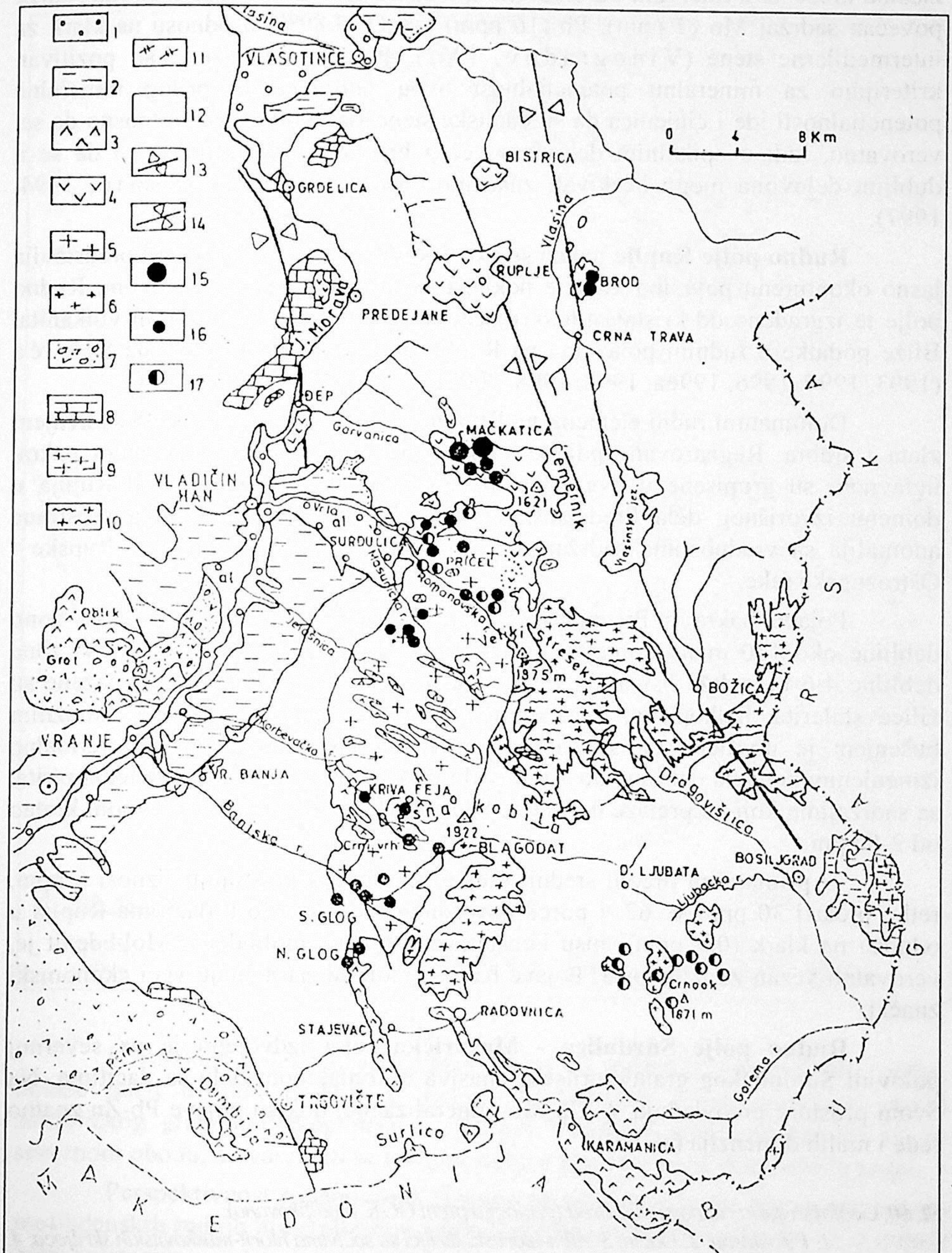
Pojave molibdenita na Brodu prvi put se pominju u radovima Cisarc-a (1947) i Milovanovića (1947), ali bez bližih podataka o njihovoj tačnoj lokalizaciji i dimenzijama. Prilikom regionalne geohemijske prospekcije (Pokrajac & Cukućan, 1973) ove pojave su potvrđene anomalnim sadržajima ne samo Mo, već i Cu, Zn, Pb u "strim" sedimentima. Detaljnim geohemijskim i geofizičkim ispitivanjima (Cukućan, 1976b) izdvojena je u Belčinskom potoku jedna manja anomalna površina sa indikacijama Cu (do 1.000 ppm) i Mo (do 150 ppm) mineralizacija. Po severnom i istočnom obodu ove anomalije jasno se izdvaja jedna zona sa anomalnim sadržajima Pb-Zn (do 1.400 ppm).

***Sl. 59**. Pregledna geološka karta Surduličkog granodioritskog masiva sa Mo i W rudnim pojavama i ležištima.*

1. Aluvium, 2. Miocensko-pliocenski sedimenti, 3. Kvarclatiti i latiti, 4. Daciti i andeziti, 5. granodioriti Surdulice, 6. graniti Crnooka, 7. Eocenski sedimenti, 8. Kredni sedimenti, 9. Trijaski sedimenti, 10. Graniti Doganice i Božice, 11. Gabro, 12. Metamorfiti Vlasinskog kompleksa, 13. Antiklinorijum, 14. Sinklinorijum, 15. Mo-ležište, 16. Mo rudne pojave 17. W rudne pojave.

***Fig. 59.** Geological sketch map of Surdulica granodiorite massive with Mo and W ore occurrences and deposits.*

Alluvial deposits, 2. Miocene-Pliocene deposits, 3. Quartzlatites and latites, 4. Dacites and andezites, 5. Surdulica granodiorites, 6. Crnook granites, 7. Eocene deposits, 8. Creataceous deposits, 9. Triassic sediments, 10. Doganica nad Božica granitic rocks, 11. Gabbro, 12. Vlasina Complex netamorphic rocks, 13. Anticlinorium, 14. Synclinorium, 15. Mo-deposit, 16. Mo-ore occurrences, 17. W-ore occurrences.



Rudna pojava Mo u Belčinskom potoku (selo Rašane) nalazi se u zoni intenzivno silifikovanih, sericitisanih i kaolinisanih dacita u vidu retkih kvarcnih žica debljine 5 - 10 cm. Kvarcne žice se sastoje od krupnokristalastog kvarca, pirita, ljuspastog molibdenita i ređe halkopirita. Sadržaj molibdena u kvarcnim

žicama kreće se u intervalu od 0.02-0.8%, a bakra 0.01-0.1%. Daciti Broda sadrže povećan sadržaj Mo (2 ppm), Pb (16 ppm) i K_2O (3.89%) u odnosu na klark za intermedijarne stene (Vinogradov, 1962), što se može uzeti kao pozitivan kriterijum za mineralnu potencijalnost ovog područja. U prilog mineralne potencijalnosti ide i činjenica da su dacitske stene slabo otkrivene, odnosno da se, verovatno, radi o apikalnim delovima većeg hipoabisalnog intruziva i da se u dubljim delovima mogu očekivati značajnije Mo mineralizacije (Simić, 1994, 1997).

Rudno polje Ruplje nalazi se oko 6 km istočno od Predejana i predstavlja jasno okonturenu površinu koja se poklapa sa rupskim dacitskim štokom. Rudno polje je izgrađeno od kristalastih škriljaca Vlasinske serije i tercijarnih vulkanita. Bliže podatke o rudnim pojavama na Ruplju mogu se naći u radovima Simića (1993, 1994, 1996, 1996a, 1997, 1998, 2002).

Dominantni rudni elementi na Ruplju su olovo i cink sa znatnim sadržajem zlata i srebra. Registrovane pojave i anomalije sa povećanim sadržajem bakra, uglavnom su grupisane u dve odvojene zone: jedna jugozapadno od Ruplja u domenu izvorišnog dela Predejanske reke i Crvenog Brega i druga prostrana anomalija sa vrednostima sadržaja od 5 - 5.300 ppm Cu u domenu Rupske i Oštrozupske reke.

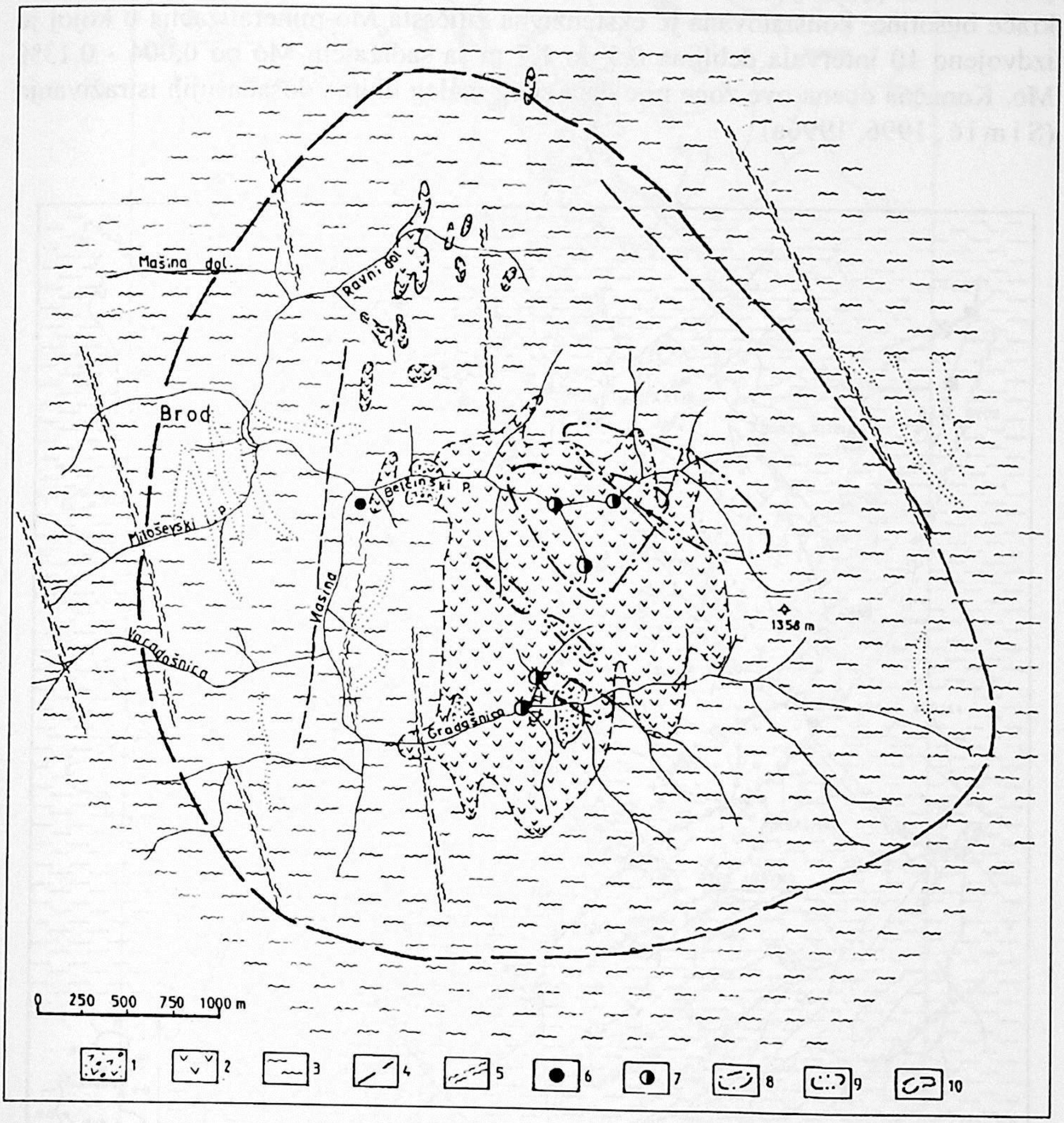
Pojave bakra u Predejanskoj reci vezane su za jednu tektonsku zonu debljine oko 150 m na kontaktu dacit-škriljac. Pojedini oprobavani delovi zone debljine 4-6 m sadrže 0,3-0,6% Cu. U tekstonskoj zoni pored pirita zapažene su žilice sfalerita, halkopirita, a mestimično zrna kovelina i halkozina. Istražnim bušenjem je utvrđeno da se Cu mineralizacija javlja u uskim hidrotermalno izmenjenim zonama debljine do 1 m u vidu tankih žilica i nagomilanja halkopirita, sa sadržajima koji ne prelaze 0,4% Cu. Sadržaj Mo u probama se uglavnom kretao od 2-8 ppm.

U primarnom oreolu srednji sadržaj molibdena na Ruplju iznosi 6 ppm, retko prelazi 30 ppm sl. 62. I pored povećanog sadržaja Mo u dacitima Ruplja u odnosu na klark (0.9 ppm), nisu konstatovane pojave molibdena. Molibdenit je, verovatno vezan za halkopirit. Pojave bakra i mollibdena nemaju veći ekonomski značaj.

Rudno polje Surdulica - Masurička reka izdvojeno je na severnoj polovini Surduličkog granodioritskog masiva u kontaktnom delu sa dacitima. Na ovom prostoru preovlađuju W-Cu-Mo-mineralizacije, dok su pojave Pb-Zn znatno ređe i malih dimenzija (sl. 63).

***Sl. 60**. Geološka karta rudnog polja Brod (geologija prem OGK. modifikovano).*
1. Piroklastiti, 2. Daciti, 3. Albit-hloritski škriljci sa sočivima hlorit-muskovitskih škriljaca, 4. Rasedi, 5. Rasedne zone, 6. Rudne pojave Pb-Zn, 7. Rudne pojave Mo-Cu, 8. Anomalije Mo-Cu, 9. Anomalije Pb-Zn, 10. Granica rudnog polja.

***Fig. 60**. Geologic map of Brod ore field (geology after base geological map, modified).*
1. Pyroclastic rocks, 2. Dacites, 3. Albite-chlorite schists with lenses of chlorite-muscovite schists, 4. Faults, 5. Fault zones, 6. Pb-Zn ore occurrences, 7. Mo ore occurrences, 8. Mo-Cu anomalies, 9. Pb-Zn anomalies, 10. Boundary of ore field.

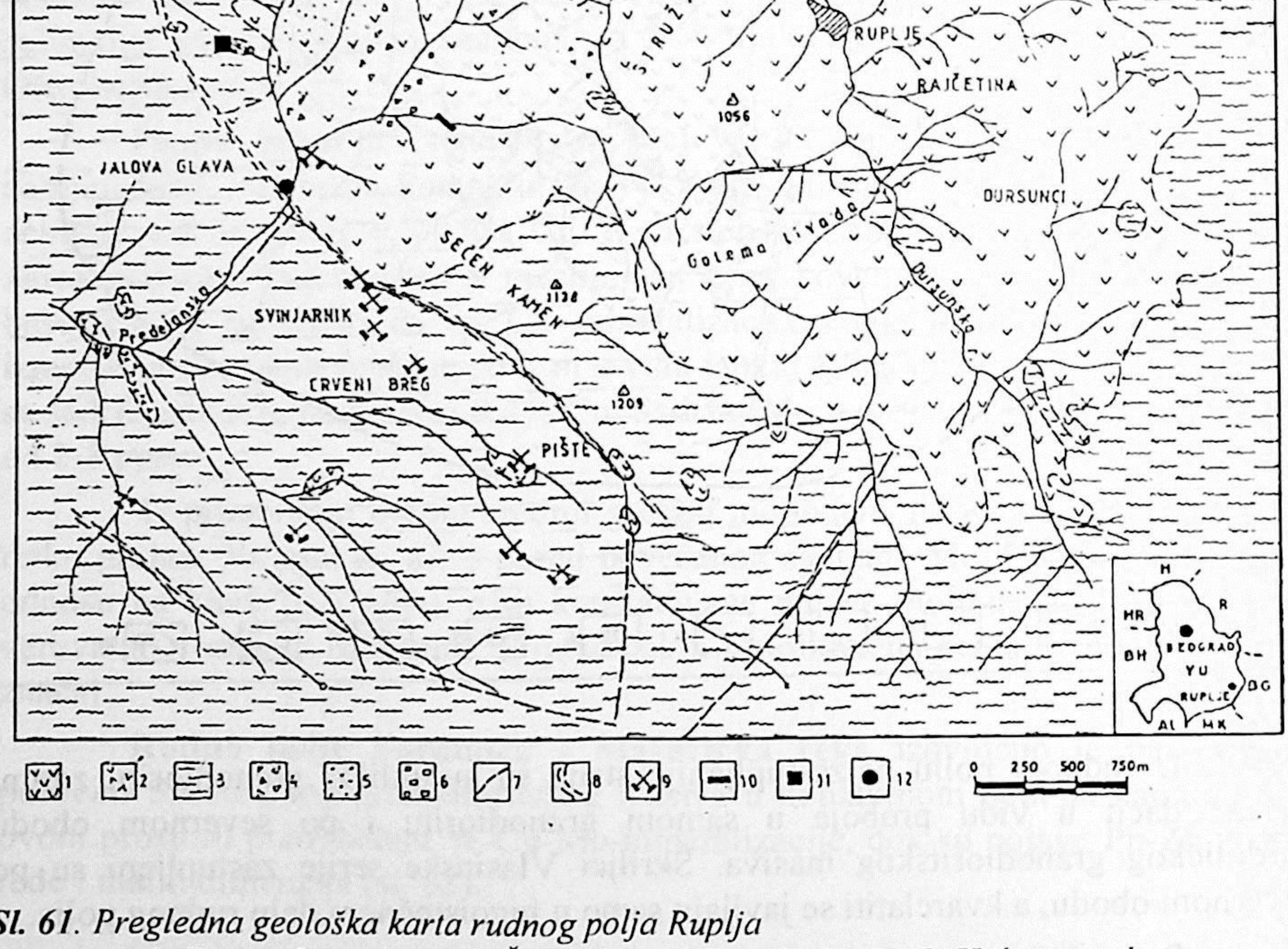


U rudnom polju najzastupljenije stene su surdulički granodioriti, zatim, dolaze dacit u vidu proboja u samom granodioritu i po severnom obodu surduličkog granodioritskog masiva. Škriljci Vlasinske serije zastupljeni su po severnom obodu, a kvarclatiti se javljaju samo u jugoistočnom delu rudnog polja.

Perspektivnost rudnog polja zasniva se na većem broju otkrivenih pojava molibdenskih rudnih mineralizacija, pojava volframa i nekoliko Pb-Zn i Cu rudnih mine-ralizacija.

Pojave Mo su brojne, ali su prema dosadašnjem poznavanju ovog područja najznačajnije na lokalnosti **Ćurkovica-Studenički potok i Masurička reka**. Veliki broj pojava molibdena (Srbinci, Pajkovci, Popov most, Ćurkovica) na lokalnosti **Ćurkovica-Studenički** potok vezane su za jednu široku tektonsku zonu

(100-200 m) pružanja ISI-ZJZ. Istraživanjem ove zone na jednom profilu, sa dve kraće bušotine, konstatovana je ekstenzivna žiličasta Mo-mineralizacija u kojoj je izdvojeno 10 intervala debljine 0,5 do 1,7 m sa sadržajem Mo od 0,004 - 0,13% Mo. Konačna ocena ove zone nije data zbog malog obima dosadašnjih istraživanja (Simić, 1996, 1996a).

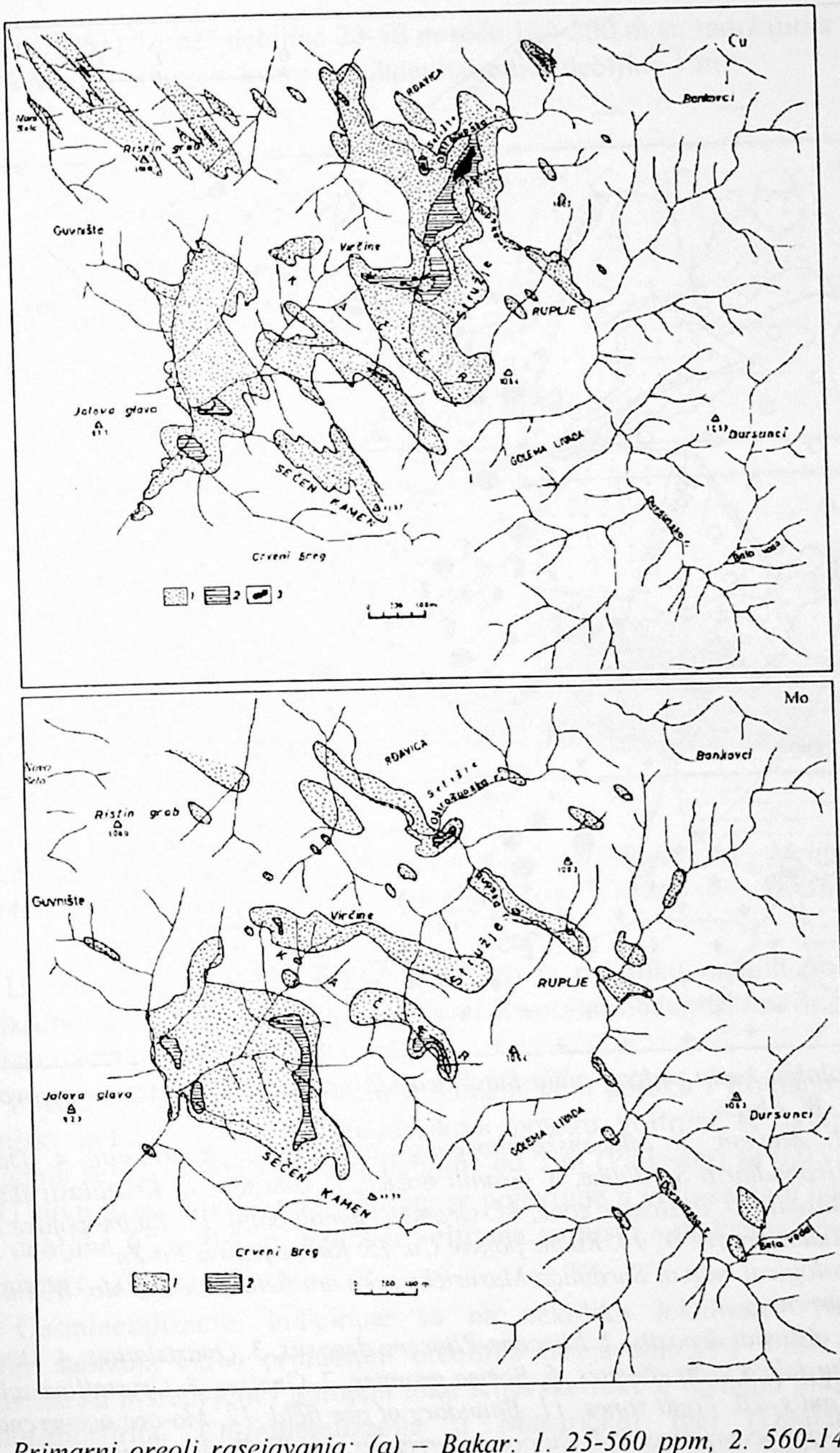


***Sl. 61**. Pregledna geološka karta rudnog polja Ruplja*

1. Daciti, 2. Andeziti, 3. Škriljci, 4. Vulkanske breče, 5. Hidrotermalne promene, 6. Piritizacija, 7. Rasedi, 8. Rasedne zone, 9. Stari radovi na Pb-Zn mineralizacijama, 10. Stara šljčišta, 11. Rudne pojave Pb-Zn, 12. Rudne pojace Cu.

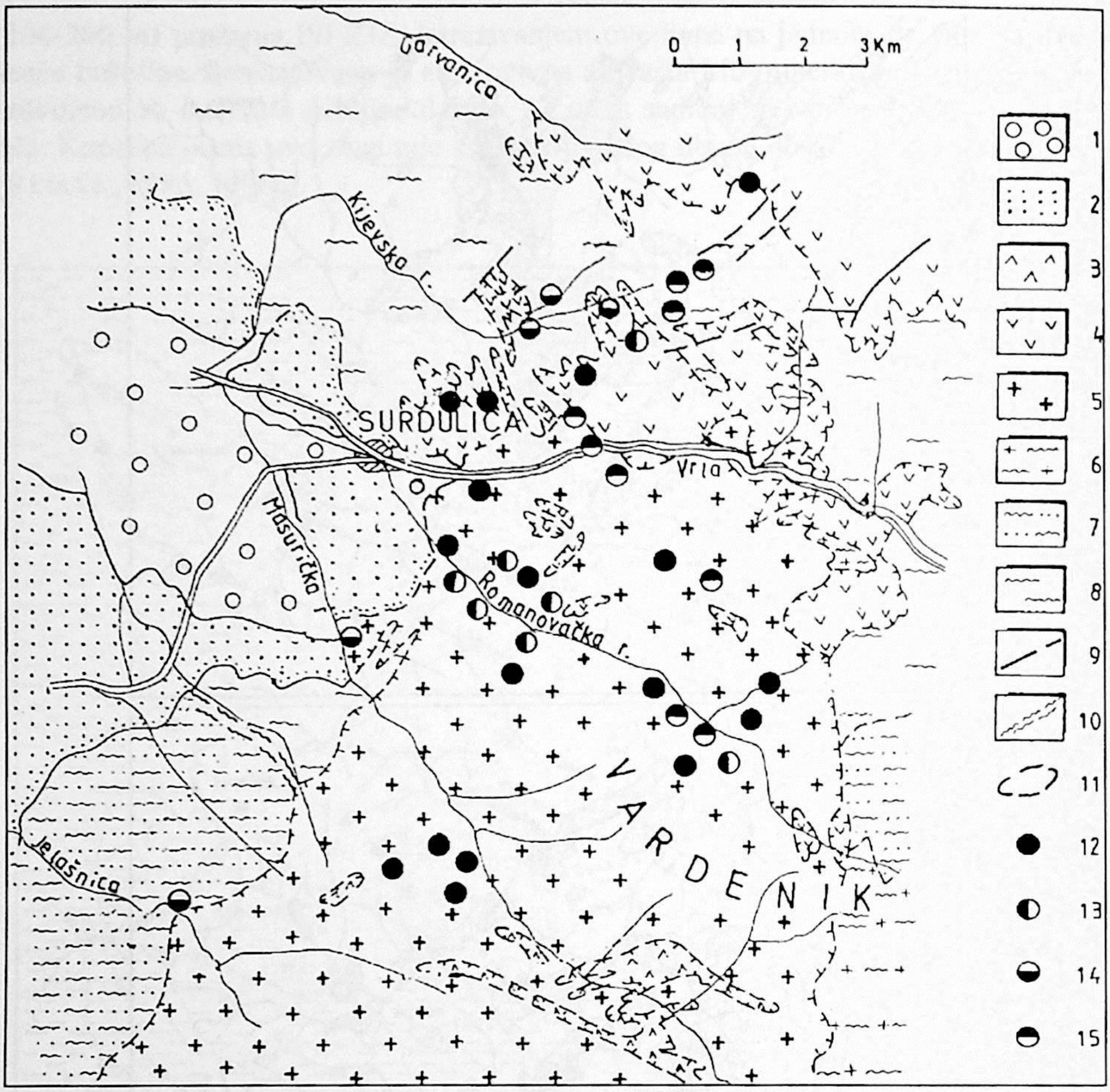
***Fig. 61**. Geological sketch map of Ruplje ore field*

1. Dacites, 2. Andezites, 3. Schists, 4. Volcanic breccia, 5. Hydrothermal alterations, 6. Pyritization, 7. Faults, 8. Fault zones, 9. Old mine operations on Pb-Zn mineralizations, 10. Old slag dumps, 11. Pb-Zn ore occurrences, 12. Cu ore occurrences.



Sl. 62. *Primarni oreoli rasejavanja: (a) – Bakar: 1. 25-560 ppm, 2. 560-1400 ppm, 3. >1400 ppm; (b) – Molibden: 1. 5-20 ppm, 2. >20 ppm.*

Fig 62. *Primary dispersion haloes of: (a) – Copper: 1. 25-560 ppm, 2. 560-1400 ppm, 3. > 1400 ppm; (b) – Molybdenum: 1. 5-20 ppm, 2. > 20 ppm.*



Sl. 63. *Geološka karta rudnog polja Surdulica-Masurička reka sa rudnim pojavama Cu, Mo, W, Pb-Zn.*

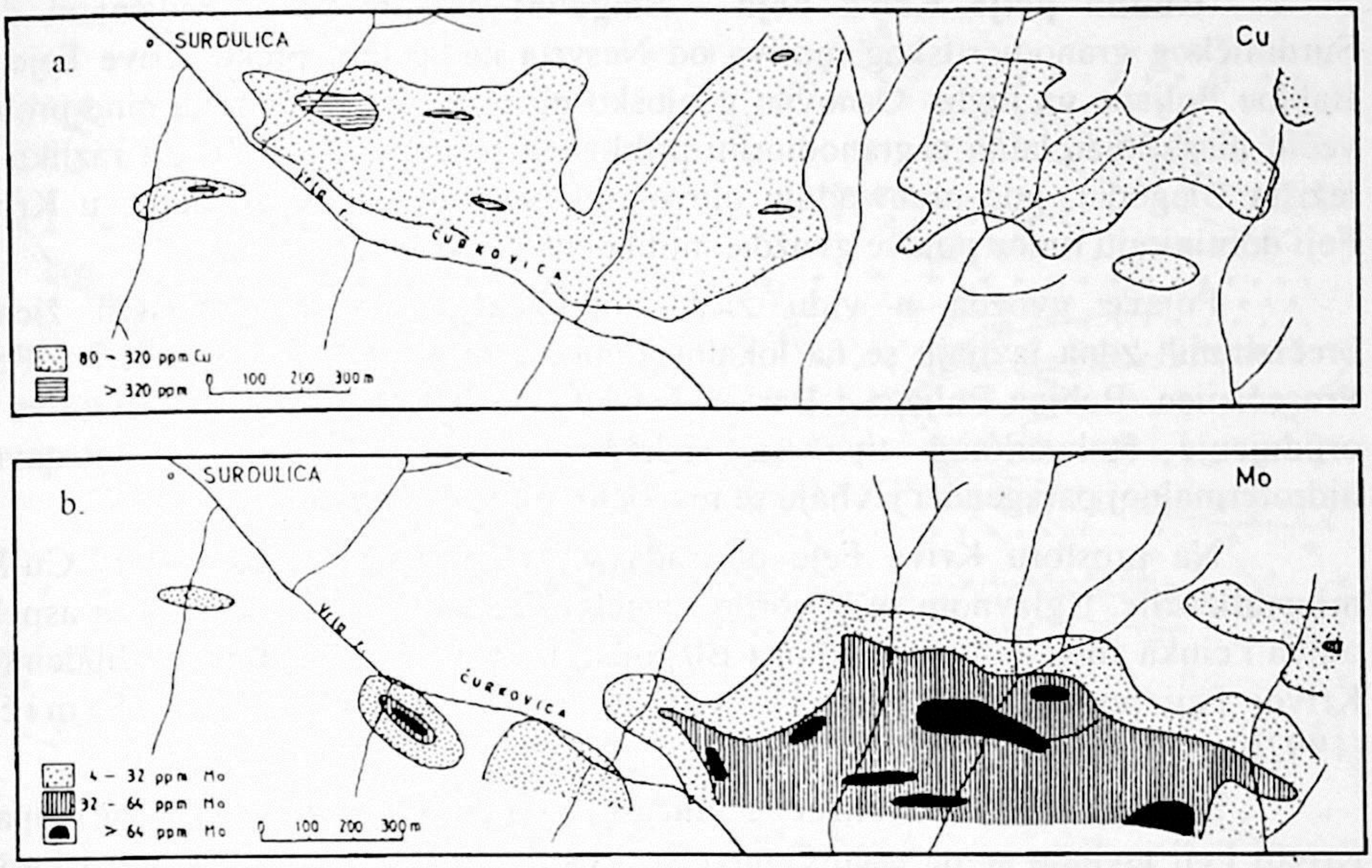
1. Aluvion, 2. Miocensko-pliocenski sedimenti, 3. Kvarclatiti, 4. Daciti, 5. Granodioriti Surdulice, 6. Graniti Božice, 7. Gnajsevi, 8. Kristalasti škriljci, 9. Rasedi, 10. Razlomne zone, 11. Granica rudnog polja, 12. Rudne pojave Mo, 13. Rudne pojave W, 14. Rudne pojave Cu, 15. Rudne pojave Pb-Zn.

Fig. 63. *Geological map of Surdulica Masurička reka ore field with Cu, Mo, W, Pb-Zn ore occurrences.*

1. Alluvial deposits, 2. Miocene-Pliocene deposits, 3. Quartzlatites, 4. Dacites, 5. Surdulica granodiorites, 6. Božica granites, 7. Gneises, 8. Crystalline schists, 9. Faults, 10. Fault zones, 11. Boundary of ore field, 12. Mo-ore occurrences, 13. W-ore occurrences, 14. Cu-ore occurrences, 15. Pb-Zn ore occurrences.

Mo-mineralizacija na lokalitetu Masurička reka (srednji tok ove reke) javlja se u izmenjenim granodioritima, u domenu malih dacitskih proboja. Podaci o ovim pojavama su kontradiktorni pa se ne mogu smatrati pouzdanim. Pominju se

(Cukućan, 1981) "zone" debljine 20-50 m ređe 100-200 m sa sadržajima Mo od 0,01-0,79% Mo kao i bogate kvarc-molibdenitske žice debljine 1 m.



Sl. 64. *Sekundarni oreoli rasejavanja u Ćurkovici: (a) – Bakar, (b) – Molibden*
Fig. 64. *Secondary dispersion haloes in Ćurkovica: (a) – Copper, (b) – Molybdenum.*

U slivu Romanovske reke registrovano je nekoliko manjih pojava Mo-mineralizacija. Radi se uglavnom o žičnim kvarc-molibdenitskim ili žiličastim mineralizacijama manjih dimenzija.

Pojave volframa otkrivene su u Studeničkom potoku i Romanovskoj reci (Lokvanjski potok, Pričel). U Studeničkom potoku volfram se javlja u vidu pojedinačnih šelitskih žilica ili zona debljine do 7 m (Pajkanci) sa 0,05 do 0,15% WO_3 . U slivu Romanovske reke volfram se pojavljuje u vidu šelita u hematitskim žicama debljine 0.2 – 0.8 m. Sadržaji volframa su niski - maksimalno do 0,07% WO_3 (Simić, 2001).

Cu-mineralizacije indicirane su na nekoliko lokalnosti. Najizrazitije anomalije sadržaja Cu u primarnim oreolima rasejavanja (od 300-2.400 ppm) registrovane su u srednjem i gornjem toku Kijevske reke u domenu malih proboja granodioritporfirita. Cu-mineralizacija u Masuričkoj reci (Opalenički rid) indicirana je kao jedna široka zona, oko 200 m, u kojoj povećan sadržaj Cu (200-1.000 ppm) prate anomalni sadržaji Mo, Zn i Pb. Verovatno se radi o jednoj polimetaličnoj mineralizaciji većih dimenzija. Detaljna istraživanja na lokalnosti Kijevska reka i Masurička reka nisu vršena (Simić 1996, 1996a).

U jugozapadnom delu rudnog polja na lokalnosti Filipski do, otkrivena je pojava Cu žičnog tipa. U kvarcnoj žici debljine 1,70 m javlja se žiličasta Cu

mineralizacija sa galenitom i sfaleritom. Sadržaj Cu u ovoj žici je 1,2%, a posebno je izdvojen interval od 0,2 m sa masivnom halkopiritskom rudom i sadržajem Cu od 7,2% Cu. Pojava je ocenjena kao interesantna indikacija Cu-mineralizacije.

Rudno polje Kriva Feja - Blagodat prostire se u središnjem delu Surduličkog granodioritskog masiva od Nesvrta na severu, preko Krive Feje do Babine Poljane na jugu. Osnovno geološko obeležje ovog područja čine proboji većih masa kvarclatita u granodioritu približnog pružanja ZSZ-IJI. Za razliku od ležišta Blagodat, gde preovlađuju olovo-cinkove rudne mineralizacije, u Krivoj Feji dominiraju rudne pojave gvožđa, molibdena i bakra.

Pojave gvožđa u vidu žica, impregnacija, kvarchematitskih žica i brečiziranih zona javljaju se na lokalnostima Nesvrte, Prešen prisoj, Kriva Feja-Prosečanica, Babina Poljana i Barice. Na lokalnosti Babina Poljana javlja se Fe orudnjenje štokverknog tipa sa sadržajem Fe 10-28%. U jednostavnoj hidrotermalnoj paragenezi javljaju se magnetit, pirotin, hematit i pirit.

Na prostoru Krive Feje do sada se malo pažnje obraćalo na Cu-Mo mineralizacije. Uglavnom se govorilo i pisalo o značaju ovog područja sa aspekta olova i cinka zbog aktivnog rudnika Blagodat. Izvesne informacije o molibdenu na Krivoj Feji potiču od Milovanović a & Ilić a (1953/54) i Simić a (1992b).

Molibdenske mineralizacije žiličasto-impregnacionog (porfirskog) tipa u Krivoj Feji javljaju se na ušću Crnovrške i Gornje reke, Gornjoj Mahali i Prešen prisoju (sl. 65).

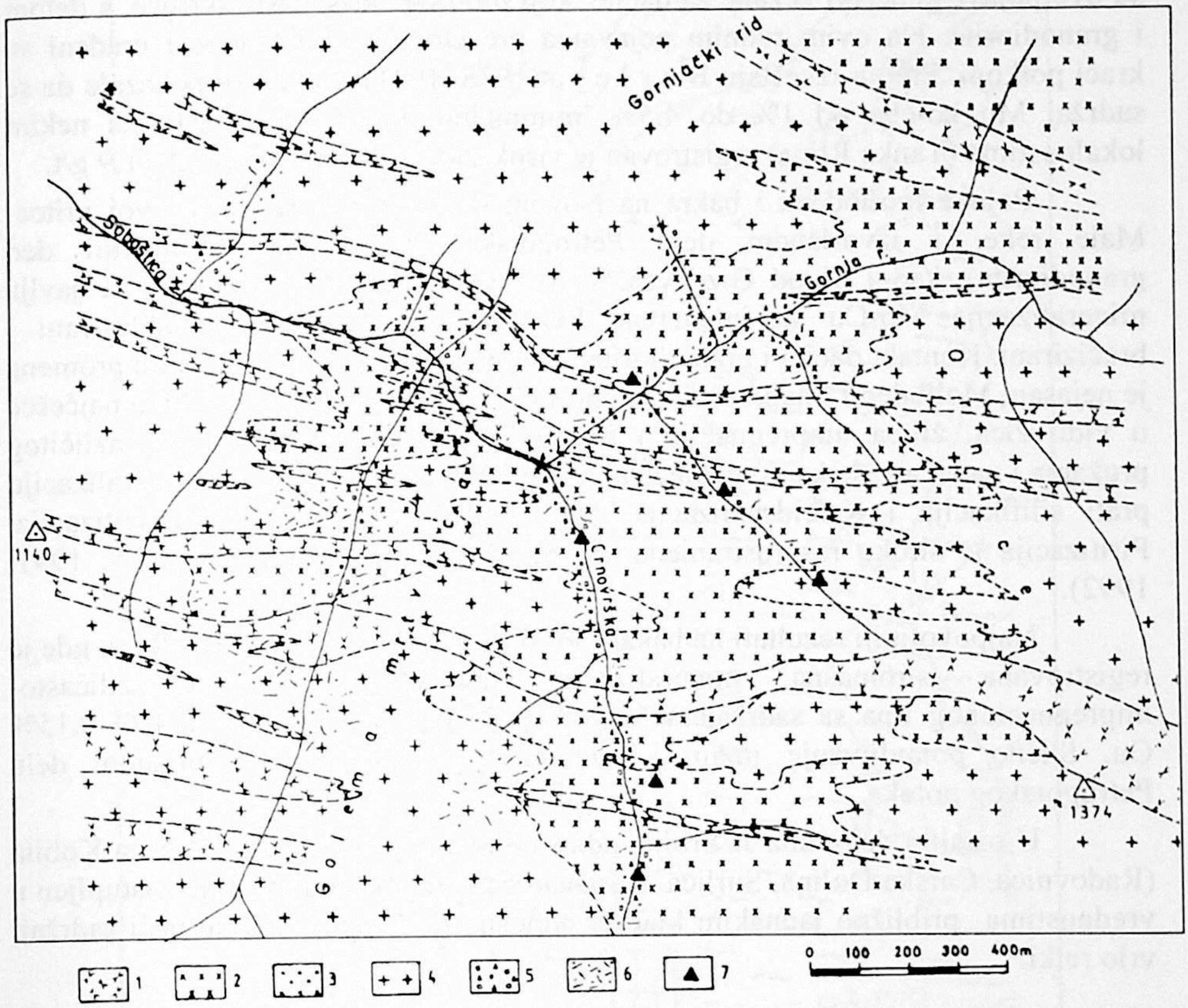
Mineralizacija Cu-Mo u domenu Crnovrške i Gornje reke vezana je za intenzivno hidrotermalno izmenjene porfirske stene kvarcmonconitporfirite, granodiorite, odnosno porfiroidne varijetete granitoidne magme. Cu-Mo mineralizacija se javlja u vidu impregnacija, odnosno u vidu žiličasto-impregnacionog tipa, a znatno ređe obrazuje šlire i gnezdasta nagomilanja. Mineralizacija je predstavljena tačkastim uprskanjima ili finim žicama izgrađenim od pirita, magnetita i ređe halkopirita i molibdenita. Zapažaju se i mlađe, jalove kvarcne i ređe kalcitske žice. Način pojavljivanja Cu-Mo mineralizacija, njihovo prostiranje, genetske karakteristike, kao i sadržaj pratećih i elemenata indikatora, ukazuje da se radi o porfirskom tipu mineralizacije, a ne o uskim zdrobljenim zonama, obogaćenim Cu-Mo kako se ranije predstavljalo.

Sadržaj bakra se kreće oko 0,1%, a molibdena 80 ppm. Sadržaji zlata i srebra, elemenata koji su karakteristični za porfirska ležišta kreću se u sledećim relacijama: Au: 0,02-1,31 g/t; Ag: 0,2-6 g/t.

Bakar se u rudnom polju Blagodat javlja kao prateća komponenta Pb-Zn mineralizacija. Srednji sadržaj bakra u rudi Blagodata je 0,15%. Na nekim lokalitetima (Široki dol, Strugalnica, Gornja Ljubata) konstatovani su i relativno visoki sadržaji bakra od 0,4-3,0% Cu.

Rudno pojave molibdena na području Starog i Novi Glog nalaze se na krajnjem jugu, odnosno na južnom obodu surduličkog granodioritskog masiva, sl. 66. Geološku osnovu terena čine kristalasti škriljci, granodioriti, daciti i ređe kvarclatiti. Daciti i kvarclatiti se javljaju duž jedne veće dislokacione zone pružanja

SSZ-JJI. U domenu Starog Gloga otkrivene su Mo mineralizacije žičnog tipa, a na prostoru Novog Gloga porfirskog tipa orudnjenja.



Sl. 65. *Geološka karta Crnovrške reke sa pojavama Cu-Mo (S i m i ć , 1992)*
1. Kvarclatiti, 2. Kvarcmonconitporfiriri, granodioritporfiriti, 3. Monconitgraniti, 4. Granodioriti Surdulice, 5. Piritizacija sa mineralizacijom Cu-Mo, 6. Hidrotermalne izmene (silifikacija, sericitizacija, argilitizacija i dr.), 7. Rudne pojave Cu-Mo.

Fig. 65. *Geological map of crnovrška reka with Cu-Mo ore occurrences (S i m i ć , 1992).*
1. Quartzlatites, 2. Quartzmontzoniteporphyrites, granodioriteporphyrites, 3. Montzonite granites, 4. Surdulica granodiorites, 5. Pyritization with Cu-Mo mineralization, 6. Hydrothermal alterations (silicification, sericitization, argilitization and other), 7. Cu-Mo ore occurrences.

Mo-rudne pojave žičnog tipa javljaju se na prostoru Starog Gloga u izvorišnom delu Banjske reke. Molibdenit se javlja u kvarcnim žicama čija debljina varira između 5 i 30 cm, maksimalno 40 cm. Na salbandama kvarcnih žica leže tanke prevlake molibdenita. Te su žice retke i usamljene i zbog toga malog

ekonomskog značaja. Najbolje otkrivene žice zapažene su u dva duboka potoka u Dubokom dolu i Zlubanji. Slične kvarcne žice sa molibdenitom nalaze se zapadno od Starog Gloga u predelu sela Prvoneka (Crna reka, potok Muštrenjak i dr.). Sve su ove pojave genetski vezane za dacite, koji probijaju kristalaste škriljce, a delom i granodiorite. Na ovim rudnim pojavama pre Drugog svetskog rata urađeni su kraći potkopi. Prema izveštaju B a r l e j a (1938, 1941) analize su pokazale da se sadržaj Mo koleba od 1% do 4,5%, minimalno 0,65%. Pored Mo na nekim lokalnostima (Tanka Rtina) registrovan je visok sadržaj zlata 3 g/t, i Ag-11,9 g/t.

Pojave molibdena i bakra na Novom Glogu zapažene su u levoj pritoci Male reke, i izvorišnom delu Petrogorskog potoka (egzokontaktni deo granodiorita), kao i SI od Gizdavca, sl. 67. Daciti i škriljci u kojima se javlja mineralizacija Mo-Cu su intenzivno hidrotermalno izmenjeni kataklazirani i brečizirani. Kontakt dacita i granodiorita, zbog intenzivnih hidrotermalnih promena je nejasan. Molibdenit i halkopirit zajedno sa kvarcom i piritom se javljaju najčešće u vidu žica, žilica, impregnacija i prevlaka duž pukotina i prslina različitog pružanja i pada, a ređe kao pojedinačna zrna ili nagomilanja. Cu-Mo mineralizaciju prati silifikacija i K-feldspatizacija, nešto slabije biotitizacija i sericitizacija. Piritizacija je široko rasprostranjena, ali nejednakog intenziteta (S i m i ć, 1991, 1992).

Najpovoljniji rezultati na bakar i molibden dobijeni su u Maloj Reci, gde je registrovana siromašna mineralizacija porfirskog, odnosno žiličasto-impregnacionog tipa sa sadržajem Mo od 0,025-0,07%, odnosno 0,047%-0,15% Cu. Slično pojavljivanje imaju i mineralizacije Mo-Cu u izvorišnom delu Petrogorskog potoka.

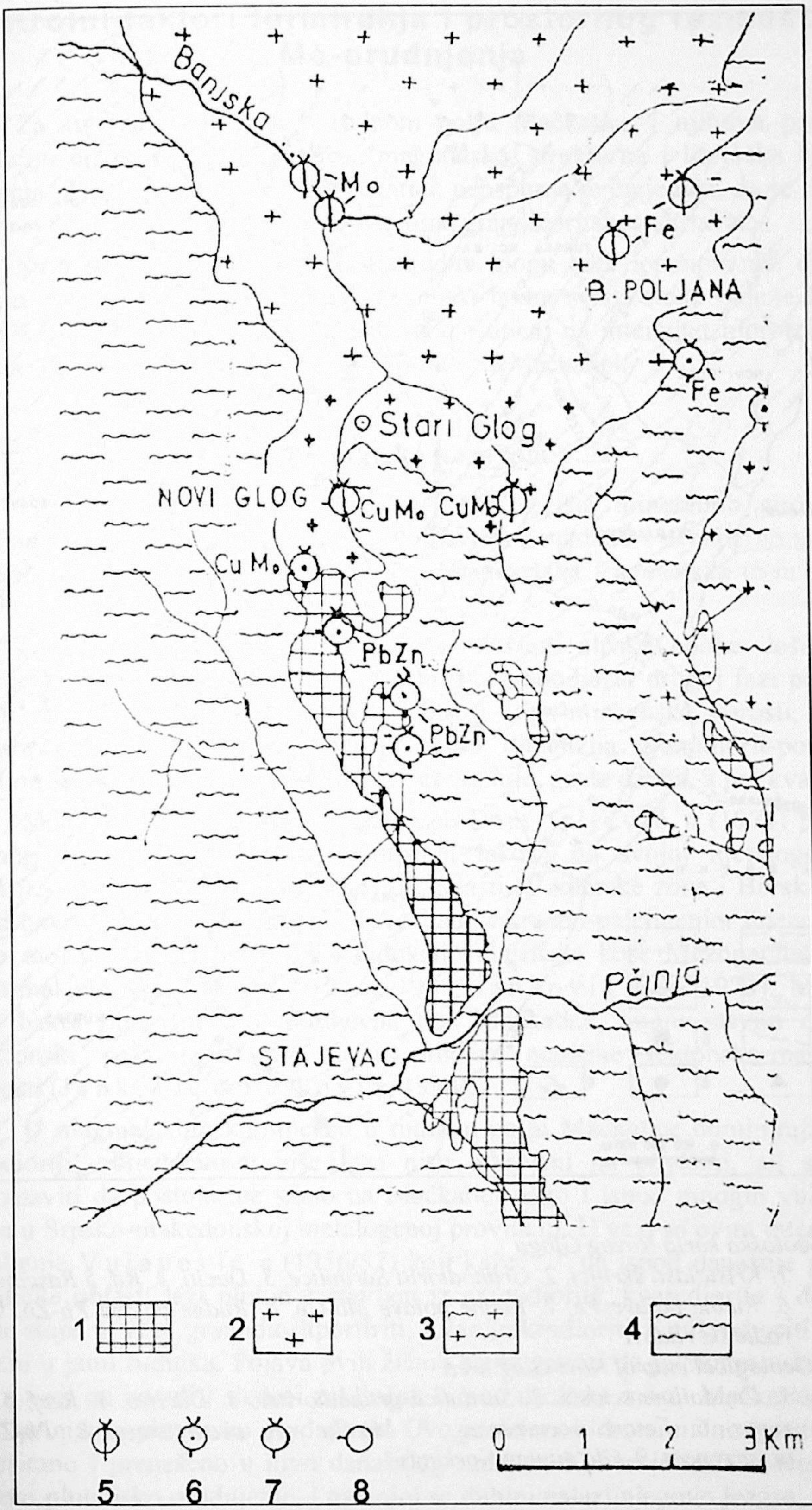
U ostalim delovima JI Srbije, odnosno metalogenetske zone Besna Kobila (Radovnica, Carska Dolina, Surlica. Karamanica, Crnook) molibden je zastupljen u vrednostima približno jadnakim klarku, odnosno do 2 ppm, dok su veći sadržaji vrlo retki.

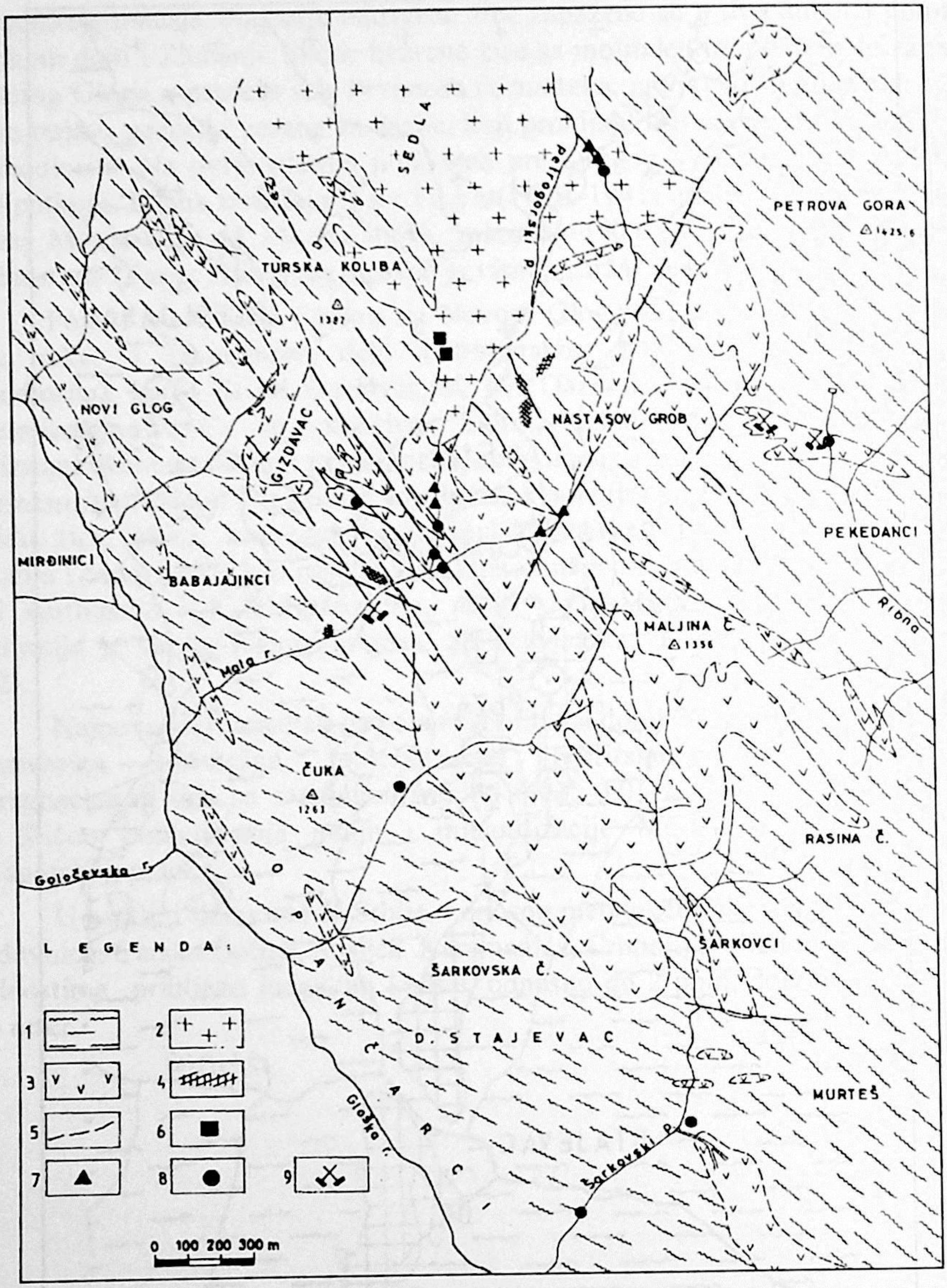
Sl. 66. *Geološka karta područja Stari Glog-Novi Glog*

1. Daciti, kvarclatiti, 2. Granodioriti Surdulice, 3. Graniti Doganice, 4. Metamorfiti Srpsko-makedonske mase, 5. Rudne žice, 6. Žiličaste rude, 7. Rudne pojave srednje temperature, 8. Rudne pojave kontrolisane razlomnim zonama.

Fig. 66. *Geological map of Stari Glog-Novi Glog area*

1. Dacites, quartzlatites, 2. Surdulica granodiorites, 3. Doganica granites, 4. Metamorphic rocks of Serbian-Macedonian Mass, 5. Ore veins, 6. Ore veinlets, 7. Mid temperature ore occurrences, 8. Ore occurrences controlled by fault zones.


Banjska
Mo
Fe
B. POLJANA
Fe
Stari Glog
NOVI GLOG
CuMo
CuMo
CuMo
PbZn
PbZn
Pčinja
STAJEVAC
1
2
3
4
5
6
7
8
0
1
2
3 Km



Sl. 67. *Geološka karta Novog Gloga*

1. Kristalasti škriljci, 2. Granodioriti Surdulice, 3. Daciti, 4. Rif, 5 Rasedne zone, 6. Rudne pojave Fe, 7. Rudne pojave Mo-Cu, 8. Rudne pojave Pb-Zn, 9. Stari rudarski radovi

Fig. 67. *Geological map of Novi Glog area*

1. Crystalline schists, 2. Surdulica granodiorites, 3. Dacites, 4. Reef, 5. Fault zones, 6. Fe-ore occurrences, 7. Mo-Cu -ore occurrences, 8. Pb-Zn -ore occurrences, 9. Old mining workings.

Kontrolni faktori formiranja i prostornog razmeštaja Mo-orudnjenja

Za stvaranje Mo-ruda u rudnom polju Mačkatice i njihovu prostornu lokalizaciju od posebnog su interesa magmatska, strukturna i litološka kontrola orudnjenja. Za Mo-orudnjenje na Mačkatici, neosporna je činjenica, da je u tesnoj prostornoj i paragenetskoj vezi sa vulkanitima granodioritskog sastava.

Strukturni kriterijum ima prvorazrednu ulogu kod deponovanja, odnosno prostorne lokalizacije Mo-orudnjenja. Litološki faktor (vrsta stene i njene fizičko-mehaničke osobenosti) imao je vidan značaj i uticaj na intenzitet hidrotermalnih promena i depoziciju i mineralni sastav Mo-rude na Mačkatici.

Magmatska kontrola

Uzajamna povezanost pojedinih tipova ležišta mineralnih sirovina sa određenim magmatskim kompleksima predstavlja pouzdanu i neosporno utvrđenu činjenicu. Ova veza može biti: genetska, paragenetska i agenetska (Smirnov, 1969; Petković, 1982).

Na širem području Mačkatice magmatizam alpske epohe došao je u najmanje tri faze. Prvoj fazi pripada Surdulički granodiorit, drugoj fazi pripadaju andeziti, daciti i kvarclatiti, odnosno vulkaniti oligo-miocenske starosti, i trećoj fazi, pripadale bi dajkovske intruzije malih dimenzija granodiorit-porfirita i kvarcdiorit-porfirita, koje su utisnute, najverovatnije, posle dacita, a pre kvarclatita.

Magmatizam Surduličkog masiva po Dimitrijević u (1974) potiče iz posebnog ognjišta, pa se kako prostorno, tako i po svojoj metalogenetskoj specijalizaciji bitno razlikuje od susednih oblasti (Vardarske zone i Borske zone). Ležišta bakra u Boru i Majdanpeku u vezi su sa kredno-paleogenim lineamentom, koji je mogao da nastane usled subdukcije okeanske kore Mezoparatetisa pod Srpsko-makedonsku masu (Grubić, 1974; Janković i dr. 1973). Međutim, ležišta bakra tipa Bučim i molibdena tipa Mačkatica, imaju sasvim drugačiji geotektonski položaj, nastala su u procesu neogene tektonsko-magmatske aktivnosti (Janković & Petković, 1974).

U magmatskom kompleksu u rudnom polju Mačkatice dominiraju daciti. Granodioriti, obrazovani u više faza nisu otkriveni na površini, ali se može predpostaviti da postoje, ne samo na Mačkatici nego i ispod mnogih vulkanskih centara u Srpsko-makedonskoj metalogenoj provinciji. U vezi sa ovim interesantno je mišljenje Vujanović a (1956/57) koji kaže: ..." da ispod današnje površine mačkatičke oblasti leži pluton sastavljen iz granodiorita, kvarcdiorita i diorita sa kojima stoje u vezi granodioritporfiriti, kvarcmikrodioriti i mikrodioriti koji su zapaženi u jami rudnika. Pojava ovih žičnih stena govori da je pluton vrlo plitak". S tim u vezi on izvodi i sledeći zaključak "ispod dacitske mase Mačkatice, dakle, postoji primarno plutonsko orudnjenje. Ovo je delom hidrotermalno (postdacitski) regenerirano i prenešeno u nivo današnjeg rudnika. Kakve je sada moćnosti ovo primarno plutonsko orudnjenje, i na kojoj se dubini nalazi njegovo jezgro, ne može

se sada pouzdano reći". O postojanju plutona u domenu rudnog polja Mačkatice govori i Vukašinović (1979) na osnovu rezultata aeromagnetskih ispitivanja. Do sličnih rezultata došli su Tasić & Vasković (1987, 1989) istraživanjem tercijarnog vulkanskog kompleksa na području Surdulice.

Drugoj fazi magmatizma pripadaju daciti, andeziti i kvarclatiti koji se javljaju najčešće u vidu izduženih uvek isto orijentisanih tela, a njihov oblik i položaj nesumnjivo je kontrolisan rupturnom tektonikom pružanja SZ-JI. Činjenica da su za ove magmatske tvorevine relativno malih dimenzija, vezane značajne Pb-Zn i Mo rudne mineralizacije u domenu Surduličkog eruptivnog masiva, ukazuje da iste nisu produkt magme ovih intruzija, već da potiču iz istih dubokih magmatskih ognjišta, odnosno da je veza magmatizma i orudnjenja paragenetska (Petković, 1982). Zapravo, magmatski rastop i rudni rastvori vode poreklo iz zajedničkog magmatskog ognjišta, pri čemu strukture kontrolišu prostorni razmeštaj magmatskog kompleksa i rudonosnih rastvora. Na osnovu dosadašnjih saznanja, ovi faktori se u rudnom polju Mačkatice odražavaju u zonalnom razmeštaju rudnih mineralizacija u oreoli tercijarnih intruziva (Mo-Cu-Zn-Pb), kao i intenzivnoj alteraciji okolnih stena za koje su obično i vezane Mo-mineralizacije. Slični odnosi mogu se uočiti i na Ruplju, Novom Glogu, Krivoj Feji i dr.

Trećoj fazi tektono-magmatske aktivnosti poklanja se poslednjih godina nešto više pažnje. To su nekoliko manjih intruzivnih tela dajkovskog tipa unutar Mačkatičkog dacitskog štoka, zatim na Ruplju, Krivoj Feji, Novom Glogu itd. Po svome sastavu to su pretežno granodiorit-porfiriti, ređe kvarcdioritporfiriti i mikrodioriti pružanja skoro istok-zapad do ZSZ-IJI. Za ove stene nije rešeno pitanje da li se radi o dubljim porfirskim facijama jedinstvenih dacitskih štokova ili posebnoj fazi magmatizma. Ima, međutim, vrlo ubedljivih razloga za postojanje posebne faze magmatizma, mlađe od glavne mase vulkanita. To su pre svega vrlo intenzivni metazomatski procesi u Mačkatičkom dacitskom štoku koji su praćeni tvorevinama hidrotermalnih rudnih mineralizacija. Po Iliću (1957) utiskivanje ovih magmata izvršeno je krajem miocena, što nije u saglasju sa novijim ispitivanjima starosti ovih stena K-Ar metodom (tabela 22).

Strukturna kontrola

Na području metalogenetske zone Besna Kobila je sredinom alpske orogeneze došlo do snažnih tektonomagmatskih procesa koji su se, verovatno odvijali određenim hronološkim redom.

Krajem krede, odnosno početkom paleogena došlo je do obnavljanja uzdužnih deformacija, pre svega dubinskih razloma koji su uslovili utiskivanje surduličkog granodioritskog plutona. Magmatizam ove etape javlja se duž jedne zone izdužene u pravcu sever-jug.

Prostor u koji se pluton utisnuo odgovara zoni sučeljavanja monoklinale Koćure sa zapada i brahistruktura konsolidovanih granitoidnim masama na istoku. Idući prema severu u domenu rudnog polja Mačkatice pluton je usmeravan nasleđenim strukturama Čemerničkog antiklinorijuma, tako da je čitav ovaj prostor

u periodu alpske orogeneze predstavljao jedan pozitivno izdignuti blok. Utiskivanjem plutona započinje i vulkanska aktivnost duž starih dislokacija na šta ukazuju eocenski pretaloženi piroklastiti u basenu Pčinje.

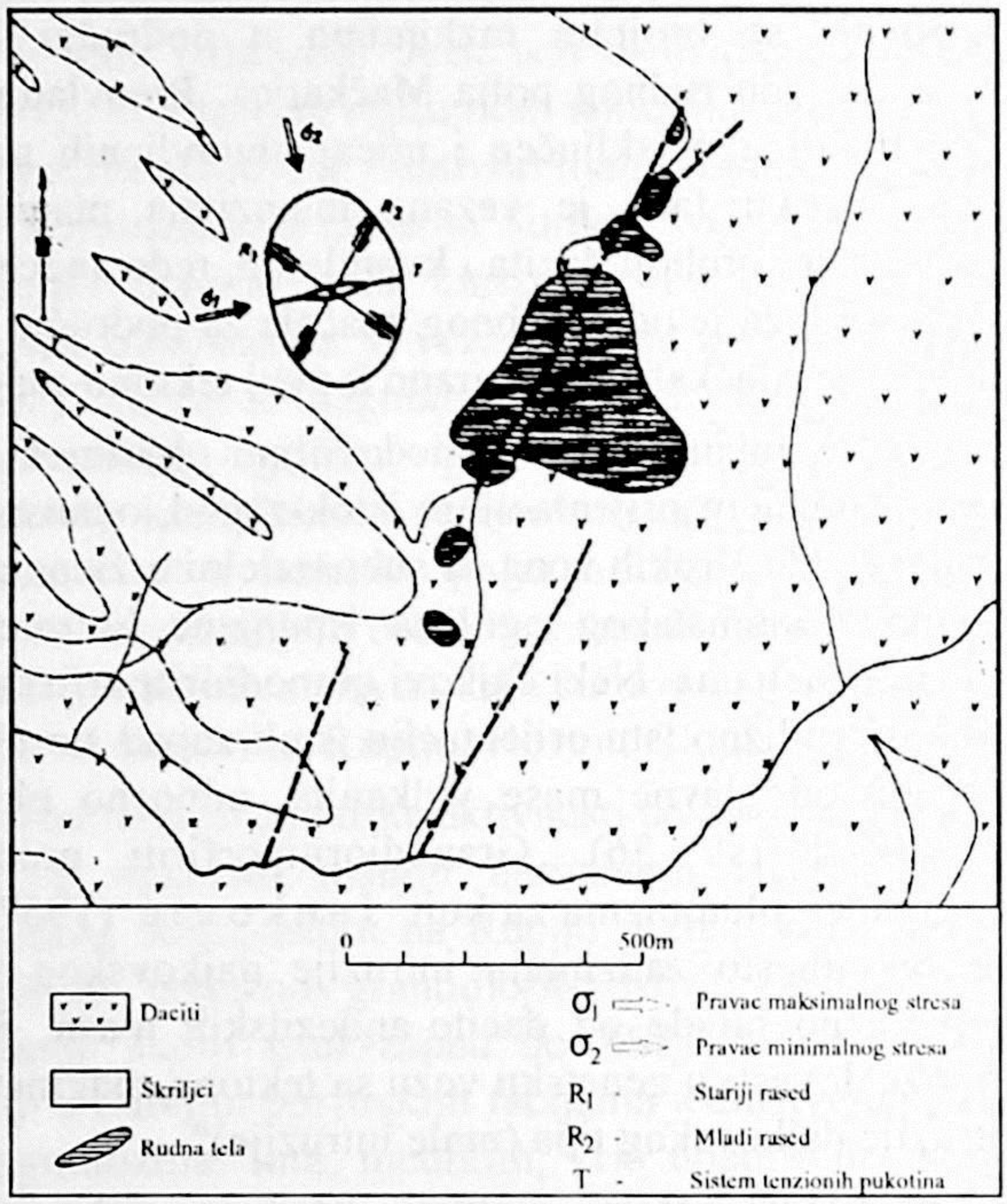
Sledeća značajna faza tektono-magmatskih procesa odigrala se u oligomiocenu. Ova, inače vrlo značajna faza u Srpsko-makedonskoj masi i Rodopima manifestovala se brojnim razlomima u području Besne Kobile i Osogova, odnosno u domenu rudnog polja Mačkatica. Preovlađujuća orijentacija ovih razloma je SZ-JI, ali nije isključen i uticaj obnovljenih uzdužnih razloma pružanja sever-jug. Za ovu fazu je vezana intenzivna magmatska aktivnost područja, a potvrđuju brojni proboji dacita i kvarclatita, ređe andezita sa osnovnom orijentacijom SZ-JI. Ova faza je od posebnog značaja za područje Mačkatice jer je najverovatnije rudno polje Mačkatica formirano u ovoj tektono-magmatskoj fazi.

Posebno je interesantan i do sada nedovoljno objašnjen položaj i vreme stvaranja sistema sa približnom orijentacijom istok-zapad, odnosno ZSZ-IJI. Ovaj sistem se manifestuje u vidu širokih zona sa subparalelnim žicama i žilicama koje su u domenu glavnog magmatskog ognjišta ispunjene hidrotermalnim kvarc-molibdenitskim mineralizacijama. Neki dajkovi granodioritporfirita unutar dacitske mase Mačkatice imaju približno istu orijentaciju istok-zapad što ukazuje da je ova faza razlamanja mlađa od glavne mase vulkanita, odnosno glavnog stadijuma stvaranja sistema SZ-JI (sl. 36). Granodioritiporfiriti predstavljaju žične ekvivalente jednog mlađeg plutonizma za koji Jankovi ć (1967, 1974), u širem smislu kaže: "Posebno mesto zauzimaju intruzije dajkovskog tipa (ili u vidu štokova) koje su pretežno mlađe od dacito-andezitskih masa. Stvaranje većine alpskih ležišta se može dovesti u genetsku vezu sa tektono-magmatskim procesima koji su dali ove intruzije dajkovskog tipa (male intruzije)".

Poslednji, najmlađi sistem ruptura, koji je uglavnom konstatovan daljinskom detekcijom na skanogramima ima regionalni karakter i orijentaciju SI-JZ do ISI-ZJZ (Tasić & Vasković, 1987, 1989; Marković & Komarnicki, 1977). Ove rupture predstavljaju mlađe dislokacije čija se aktivnost produžavala i kroz kvartar. Može se, takođe, uočiti da se neki vulkanski centri (nekovi i kaldere) nalaze na preseku starijih (SZ-JI) i mlađih SI-JZ ruptura, što ukazuje da je vulkanska aktivnost obavljena i u najmlađim kinematskim fazama. Pored lineamenata, daljinskom detekcijom utvrđene su i prstenaste strukture tipične i za ostale slične zone u svetu (Marković & Komar-nicki, 1977).

Nesumnjivo, dominantan značaj za rudno polje Mačkatice ima sistem razlomnih struktura, odnosno ruptura. Od njih su, po učestanosti i orudnjenju koje je za njih vezano, najznačajniji sistemi pukotina i prslina sa srednjim elementima pada 343/76° i 165/80°. Elementi pružanja ovih ruptura variraju u nešto širim granicama od 57-100° i imaju strme padove 65-90° ka severu i severozapadu, ređe jugu i jugoistoku. Za ove rupture su usko povezane brojne žice sa piritom, kvarcom i molibdenitom. Sistemi ovih ruptura grade uže ili šire zone u dacitima i u prikontaktnim delovima škriljaca i u samim škriljcima, i od njihove učestalosti zavisi kvalitet orudnjenja u rudnim telima ili njihovim delovima. Prsline i pukotine, odnosno žiličasto-žična punjenja najčešće su milimetarskih debljina, a izuzetno

dosežu debljinu i od 1 cm. U elipsoidu deformacija pomenuti sistem pukotina odgovarao bi tenzionim pukotinama. Pukotine tenzionog porekla predstavljaju izuzetno otvorene i učestale strukture pogodne za cirkulaciju hidrotermalnih rastvora. Duž ovakvih pukotina, naročito onih sa padom prema severu i severozapadu često idu kontakti škriljaca i dacita (sl. 68).



***Sl. 68**. Kinematski model strukturne kontrole orudnjenja na ležištu Mo Mačkatica (Cukućan, 1981, modifikovano).*

***Fig. 68**. Kynematic model of structural ore control in Mačkatica Mo-deposit (Cukućan, 1981, modified).*

Navedene strukture razlamanja služile su kao dovodni kanali i slobodni prostori za odlaganje mineralne materije. Od njih je polazio i proces hidrotermalnih promena i metasomatskog potiskivanja u dacitskim i drugim stenama u rudnom polju Mačkatice.

Iz napred rečenog možemo zaključiti da su molibdenska orudnjenja u rudnom polju Mačkatice vezana za jednu strukturnu zonu pružanja skoro istok-zapad. Širina ove zone je relativno mala, a po pružanju se sa prekidima može pratiti nekoliko kilometara. Očigledno je da se radi o strukturi nižega reda.

Litološka kontrola

Fizičko-mehanička i hemijska svojstva stena imala su vidan uticaj na depoziciju i mineralni sastav rude, kao i na morfologiju rudnih tela.

Molibdenske mineralizacije na Mačkatici tesno asociraju sa hidrotermalno promenjenim dacitima, škriljcima i kvarcitima. Hidrotermalne promene su veoma ekstenzivne, a njihov intenzitet se povećava u zonama jačih mehaničkih deformacija i rasedanja, gde su hidrotermalni rastvori lakše cirkulisali.

Karakteristično je da su se hidrotermalni procesi različito manifestovali u različitim stenama. Najslabije promene izvršene su u kvarcitima. Koncentracija molibdenita u kvarcitnoj osnovi uslovljena je skoro isključivo stepenom polomljenosti stene pre mineralizacije. To je i razlog što se ovde na malim rastojanjima i odstojanjima jasno ističu velike razlike u koncentraciji rude. Pri tom su naročito bogate koncentracije vezane za šupljikavije i poroznije delove kvarcita.

Mineralizacija u kristalastim škriljcima različito se ispoljava i zavisna je od mnogih pojedinosti. Ona je uglavnom vezana za pukotine i prsline u steni, kao i kod kvarcita. Mestimično ima i pojava tipskih impregnacija. Najjače koncentracije ostvarene su u delovima gde su postojali uslovi za ispunjavanje većih pukotina ili deponovanje duž prethodnih površina slojevitosti ili škriljavosti. Treba, međutim, napomenuti da se koncentracije vezane za međuslojne pukotine javljaju samo na većim rastojanjima, te je rude u odnosu na masu stene malo. Impregnacije molibdenita postoje u svim delovima škriljave stene i, izgleda, isključivo zavise od prvobitne poroznosti škriljaca.

Udaljavanjem od kontakata sa dacitima, sadržaj molibdena u škriljcima po pravilu naglo opada i mineralisana masa škriljaca brzo prelazi u jalovu stenu. Nešto je povoljniji slučaj kod uklopljenih škriljaca. Zbog toga delovi rudnih tela zastupljeni u škriljcima pokazuju znatno slabiji prosečan sadržaj Mo nego oni koji leže u dacitima.

Daciti su bili najmanje otporni prema hidrotermalnim procesima i, prema tome, predstavljaju najpovoljniju sredinu za koncentraciju molibdenita i njegovih pratilaca. Hidrotermalni rastvori su, uz donošenje novih minerala, u nekim slučajevima, istovremeno izvršili i duboke promene u prvobitnom mineraloškom sastavu dacita (silifikovanje, sericitisanje, itd.).

Koncentracije molibdenita naročito su značajne u onim kvarcnim žicama i žilicama koje leže u dacitu kao gust, često nepravilan splet. Njihova debljina najčešće varira između 2 mm i 1 cm. Retko se javljaju žice debljine od 1 cm, a izuzetno žice debele 0,5 m. Nije dovoljno jasno da li su i ove izuzetno debele žice singenetske sa molibdenitom, ili su starije od glavne faze mineralizacije pa su docnije orudnjene zajedno sa dacitom.

Najmlađe žične stene granodioritporfiriti, kvarcdioritporfiriti i druge, su relativno sveže stene i nisu mineralizovane.

Iz svega gore navedenog proizilazi da su rudonosni rastvori koristili određene puteve kao što su prsline, pukotine, međufolijacijske površine kod škriljaca, poroznost i šupljikavost kod stena i najzad kontakte i rasedne površine. U zavisnosti od učestalosti ovih struktura na određenom prostoru zavisi i intenzitet Mo-mineralizacija.

Morfogenetski tipovi orudnjenja molibdena i oblici rudnih tela u rudnom polju Mačkatice

Prema mineralnom sastavu, uslovima stvaranja i načinu razmeštaja rudne mineralizacije u okolnim stenama u rudnom polju Mačkatice dominantan je hidrotermalno štokverkno-impregnacioni, odnosno porfirski tip Mo-orudnjenja.

Hidrotermalno štokverkno-impregnacioni - porfirski tip orudnjenja. - Ovaj tip orudnjenja nastao je ispunjavanjem sistema pukotina i prslina u vulkanitima, kristalastim škriljcima ili u kontaktnom delu zahvatajući jednu i drugu sredinu. Povezan je sa zonama razlamanja i kataklaziranja najčešće pružanja SZ-JI do ZSZ-IJI. Kod ovog tipa orudnjenja, treba naglasiti, postoji širok stepen variranja, odnosno prelaza od štokverkno-impregnacionog, preko žiličasto-impregnacionog do impregnacionog tipa orudnjenja.

Mo-orudnjenje štokverkno-impregnacionog i impregnacionog tipa ima velike razmere u ležištu Mačkatica i Borovika. Orudnjenje je prostorno vezano za kontakt dacit-škriljac i hidrotermalno izmenjene dacite i škriljce. Od hidrotermalnih izmena najčešća je silifikacija, K-feldspatizacija, sericitizacija i piritizacija, znatno slabija hloritizacija i epidotizacija. Mo-orudnjenje je u tesnoj vezi sa silifikacijom i K-feldspatizacijom što je karakteristika mnogih ležišta ovog tipa u svetu.

Mineralna parageneza je relativno prosta. Kvarc, pirit i molibdenit se najčešće javljaju pojedinačno ili udruženo. Pored ova tri minerala javljaju se još: magnetit, hematit, halkopirit, šelit, volframit, sfalerit i dr., (V u j a n o v i ć , 1959).

Rudna tela su različitih dimenzija od nekoliko stotina hiljada tona rude do više miliona tona rude. Svojom razmerom ističe se rudno telo "C" u starom rudištu u Popovoj dolini (17.362.000 t rude) i rudno telo "7" na Boroviku (18.000.000 t rude). Sadržaji Mo obično su niski (0,06-0,08%), mada ima rudnih tela sa preko 0,14% Mo (M i l o v a n o v i ć & I l i ć 1953/54; S i m i ć 1994, 1996b, 1996).

Šire gledano u području surduličkog eruptivnog masiva, odnosno metalogenetske zone Besna Kobila, zastupljeni su još: hidrotermalno žični i porfirski tip orudnjenja.

Hidrotermalna žična ležišta i pojave, nisu tako česta u području Surduličkog granodioritskog masiva. Neposredno su vezana za rupture (rasede, pukotine) kako u vulkanskom kompleksu tako i za strukture u kristalastim škriljcima. Prema mineralnom sastavu to su pretežno **kvarcno-molibdenitske i molibdenitsko-šelitske žice** u kojima se kao prateći minerali zapažaju raznovrsni sulfidi, najčešće pirit, halkopirit ređe pirotin.

Najbolje otkrivene **kvarcno-molibdenitske žice** zapažene su u južnom delu surduličkog granodioritskog masiva na prostoru Starog Gloga (Duboki dol, Zlubanja) i Prvoneka (Crna reka, potok Muštrenjak). Genetski ove pojave su vezane za dacite koji probijaju kristalaste škriljce, delom i granodiorite, a javljaju se, pretežno, kao individualne žice. Njihova moćnost je najčešće od 0,1 do 0,3 m, maksimalno 0,4, pa su im rudne rezerve i pored relativno visokog sadržaja molibdena (1-4,5%) male i ekonomski neinteresantne (S i m i ć 1996, 2001).

- **Molibdeniitsko-šelitska mineralizacija** koju čine pretežno kvarcne žice u kojima se javljaju promenljive koncentracije molibdenita, šelita, halkopirita, pirita i hematita, ređe sfalerita, retko je zastupljena u okolini Surdulice (Romanovska reka) i nema ekonomski značaj.

Porfirski Cu-Mo tip orudnjenja na području Surduličkog granodioritskog masiva registrovan je na Krivoj Feji i Novom Glogu (Simić, 1991, 1992, 1996).

Mineralizacija Cu-Mo u domenu **Crnovrške i Gornje reke** na Krivoj Feji vezana je za intenzivno hidrotermalno izmenjene kvarcmonconitporfirite i granodioritporfirite, odnosno, porfiroidne varijatete granitoidne magme. Cu-Mo mineralizacija se javlja u vidu žiličasto-impregnacionog i impregnacionog tipa orudnjenja. Od minerala, pored halkopirita i molibdenita, zastupljeni su kvarc, magnetit, pirit, halkopirita i ređe kalcit. Od hidrotermalnih promena najčešće su silifikacija sericitizacija, argilitizacija i piritizacija.

Pojave Mo i Cu na **Novom Glogu** zapažene su u levoj pritoci Male reke u egzokontaktnom delu granodiorita. Daciti i škriljci u kojima se javlja mineralizacija su intenzivno hidrotermalno izmenjeni, kataklazirani i brečizirani. Pirit, halkopirit i molibdenit zajedno sa kvarcom se javljaju, najčešće u vidu žica, žilica i prevlaka duž pukotina i prslina različitog pružanja i pada, a ređe kao pojedinačna zrna i nagomilanja. Cu-Mo mineralizaciju prati silifikacija, K-feldspatizacija, nešto slabija biotitizacija i sericitizacija.

Oblik rudnih tela zavisio je od sredine u kojoj je izvršena mineralizacija u **rudnom polju Mačkatice.** Tako na primer rudna tela u dacitima imaju pretežno izduženo sočivast oblik i pružaju se mahom istok-zapad do IJI-ZSZ. To nesumnjivo ukazuje da su rudna tela vezana za određene zone pravca istok-zapad u kojima su daciti pre orudnjavanja bili izloženi jačim mehaničkim uticajima. Kroz te zone lako su prodirali hidrotermalni rastvori i odlagali Mo-mineralizaciju.

Na oblik rudnih tela koja su nastala na kontaktu dacita i škriljaca izvestan uticaj ima nepravilnost kontakta ovih stena, kao što je prstasto zavlačenje dacita u okolne škriljce. Oblik preseka ovakvih rudnih tela je, najčešće, nepravilan. Izvesna izduženja istok-zapad zavise od opšteg pružanja kontakta ili od sistema pukotina, kao i u dacitu. Najveće koncentracije molibdenita su u blizini kontakta, a sa udaljavanjem od kontakta, sadržaj molibdenita opada i u dacitima i u škriljcima.

Rudna tela u manjim ili većim uklopljenim masama škriljaca ili kvarcita u dacitima različitih su oblika i dimenzija. Granične površine ovih uklopljenih blokova, slična su ostalim kontaktima dacita i škriljaca. Razlika je, međutim, u tome što su ova tela, pošto su bila sa svih strana obuhvaćena magmatskim rastopom (naročito ako su manjih dimenzija) intenzivnije izmenjena i u većem stepenu pokazuju polomljenost i ispucalost. Zbog toga su ona pružala povoljnije preduslove za orudnjavanje. Pružanje ovih tela je istok-zapad do ZSZ-IJI i imaju oblik izduženih sočiva.

Rudna tela u Mo-ležištu Mačkatica po dubini se stubasto pružaju, sa slabije naglašenom tendencijom pada prema severu i SSI (sl. 46, 47). Jamskim radovima i bušenjem praćena su po padu preko 250 m. Pružanje varira od 100-350 m, a

maksimalna debljina oko 250 m (rudno telo "C"). Zbog velike pokrivenosti terena, često se na površini ne mogu kontinualno pratiti.

Mo-mineralizacija u rudnom polju Mačkatice, javlja se u svim orudnjenim zonama i rudnim telima, skoro na isti način. Gusti spletovi vrlo tankih žica i žilica kvarca sa piritom i molibdenitom, provlače se kroz tektonski predisponirane zone pružanja skoro istok-zapad. Ukoliko je prerudna tektonika više i potpunije polomila stensku masu utoliko je ona bila povoljnija sredina za orudnjavanje. Stepen mineralisanosti u raznim delovima rudnih tela značajno varira po dubini i po pravcu pružanja. Po pravilu najveće koncentracije molibdenita nalaze se u centralnim delovima rudnih tela, a idući prema periferiji - opadaju. Granice rudnih tela prema okolnim stenama često su nejasne pa su izvučene na osnovu hemijskih analiza. Međutim, treba naglasiti da je ona u nekim slučajevima sasvim oštra, tektonska. Na pojedinim mestima su stariji orudnjeni i hidrotermalno promenjeni daciti probijeni mlađim dajkovima granodioritporfirita.

Mineralni sastav i parageneza

Molibdenit sa svojim manje više redovnim pratiocima, kvarcom i piritom je dominantan rudni mineral. Nastupa u tanjim (ispod 1 mm) i debljim (2-3 mm), mineralizovanim pukotinama i prslinama čije dimenzije po pružanju i padu variraju od nekoliko dm do nekoliko m. Izuzetno su zastupljene još deblje (cm – dm razmere) uglavnom kvarcno-piritske žice u kojima je takođe sa različitim intenzitetom zastupljen i molibdenit.

Molibdenski oker je dosta čest i utoliko značajan što u površinskim, raspadnutim delovima terena (oksidaciona zona) olakšava istraživanje molibdenitskih pojava, jer svojom upadljivom bojom i karakterističnim sjajem spada u lako uočljive minerale. Boje je mrko žućkaste ili žute kao slama, a sjajnosti svilaste. Obrazuje mrlje, ali i šire vrlo tanke prevlake na površinama ili u šupljinama oksidnih orudnjenih stena. Redovno prati limonit, kao i druge produkte u oksidacionoj zoni. U oksidacionoj zoni javlja se i malahit, kao pratilac bakronosnih pirita, dok se halkozin, bornit i kovelin, kao produkti transformacije halkopirita javljaju samo u tragovima.

Molibdenit sadrži približno 185 g/t renijuma (Arsenijević, 1962). Ispitivanja koja je obavio Vujanović (1956/57), pokazuju nešto niži sadržaj renijuma u molibdenitskom koncentratu Mačkatice - 150 g/t. Zapravo pojedinačne analize molibdenitskog koncentrata iz jame i šire okoline dale su sledeće sadržaje renijuma: međuhorizont – 121 i 84 g/t, III horizont (halda) – 133 g/t, dnevni kop – 281 g/t. U reviru rudnika dobijeni su sledeći rezultati: Groznatova dolina – 125 g/t, istočno od Gajdarskog rida – 44 i 208 g/t, Đokanova dolina – 120 g/t, Meča dolina – 79 g/t, Troskačka reka – 44 g/t, Garvanica – 52, 145 i 154 g/t, leva pritoka Garvanice – 147 g/t; a u okolini Surdulice: Popov most – 610 g/t, Masurica – 59 g/t, Romanovska reka – 42 g/t.

U rudnom polju Mačkatice, pored gore pomenutih do sada je konstatovan veći broj primarnih minerala (preko 70 po Vujanoviću, 1956/57, 1959) koji,

bar prema dosadašnjem poznavanju grade donekle izdvojene i posebne parageneze. Pored magnetita i titanomagnetita i prudukata njihovog preobražaja koji se javljaju kao sporedni sastojci u biotitskim škriljcima, ovde će biti prikazani minerali drugih rudnih parageneza.

Redukovani ljuspasti hematiti (spekulariti) javljaju se po Vujanoviću (1959) u biotitskim škriljcima i kvarcdioritskim ksenolitima uklopljenim u dacite u vidu tankih žilica praćeni sa nešto pirita i halkopirita. Po navedenom autoru ovo su kontaktno-metasomatski produkti.

U piritima Mačkatice mestimično se zapažaju relikti veličine 10-20 mikrona sa kubanitom, valeritom i halkopiritom. Vujanović (1959) navodi da se mestimično zapažaju sitni ostaci halkopirotina iz kojega je ova parageneza uglavnom i nastala. Mada je pomenuta parageneza skoro potpuno uništena, nije teško zaključiti da je ova i pre potiskivanja bila količinski vrlo oskudna. Ona nam govori o jednoj visokotemperaturnoj akciji na širem frontu.

Šelit u rudnom polju Mačkatice po Vanđelu (1955) i Vujanoviću (1956/57, 1959) pojavljuje se dosta ekstenzivno ali je intenzitet njegovog pojavljivanja vrlo mali. Analogno molibdenitu, šelit se pojavljuje u prslinama i pukotinama u obliku nekontinuiranih traka u blizini salbandi, kao i duž folijacije, i u vidu impregnacija. Pri tome je zapaženo da se šelit retko javlja u žicama sa molibdenitom i da je njegovo nastupanje ekstenzivnije u škriljcima nego u dacitima. Maksimalan sadržaj šelita u ležištu Mačkatica iznosi 0,026%. Vujanović (1954/55) u nekim svojim nepublikovanim radovima daje još i sledeće podatke: srednja proba koja je uzeta sa halde u Belom Polju, u težini od 300 kg dala je 0,02% WO_3. Neki uzorci uzeti iz jame, verovatno 1956, dali su sledeće rezultate: sa III-eg horizonta – 0,03%, I-og horizonta – 0,04% i sa dnevnog kopa- 0,06 i 0,04% WO_3. Uopšte uzev, izvesna odstupanja u sadržaju WO_3 na Mačkatici i okolini koje daju pojedini istraživači, verovatno, je posledica metode oprobavanja i analiza u različitim laboratorijama.

Prema mikroskopskom ispitivanju šelit je nastao iz volframita čiji su relikti samo lokalno sačuvani. Obično nastupa u kataklazama pirita zajedno sa kvarcom i pojedinačnim ljuspicama hematita. Sa njim još asociraju magnetit, pirit i kvarc.

Najmlađoj fazi orudnjavanja u rudnom polju Mačkatice, pripada jedna parageneza sa sfaleritom, galenitom, piritom, halkopiritom, bornitom i tenantitom. Javlja se u tankim žicama koje kontrolišu isti strukturni elementi kao i molibdenitske (žice moćne par santimetara). U sfaleritu se ponekad zapažaju vrlo sitna izdvajanja halkopirita. Od minerala pratioca u ovoj paragenezi zastupljeni su kvarc, kalcit i hlorit. U više lokalnosti primećeni su bizmutovi minerali i to bizmutoplagionit u kome se nekad nalaze jako izdužene igle telurida i bizmuta. Pored minerala bizmuta primećen je nekad i samorodni bizmut. Prema literaturnim podacima (Vujanović, 1959) bizmutoplagionit (galenobizmutit) je karakterističan za visoke temperature, iz čega proizilazi da je temperatura prilikom izlučivanja Pb-Zn parageneze opadala sporo.

Način pojavljivanja i raspodela molibdenita u rudnim telima

Kvarc, pirit i molibdenit javljaju se ili udruženi u složenim žicama ili se isključuju obrazujući monomineralne žice.

Relativno je česta pojava da su pojedine žice ili žilice izgrađene isključivo od jednog od ova tri minerala (monomineralne žice). Njihova debljina, kao i opšta debljina žičnih tvorevina u rudnom polju, varira od 2-3 mm, ređe do 1 cm. Deblje žice sastoje se pretežno od pirita i kvarca. Čiste molibdenitske žice većinom su tanje od 1 mm. One su istovremeno i najređe. Preovlađuju kvarcne žice.

Pored monomineralnih žica, kombinacije kvarca i molibdenita, nešto ređe kvarca i pirita, a znatno ređe pirita i molibdenita su mnogo češće u rudnim telima. U prvom i trećem slučaju molibdenit leži na salbandama u veoma tankim skramcima i prevlakama, dok je sav unutrašnji prostor žice ispunjen kvarcom, odnosno piritom. Na osnovu toga jasno je da je molibdenit prvi izlučen i da je raspored minerala simetričan. U drugom slučaju, tj. kod žica izgrađenih od kvarca i pirita, simetričnost se ogleda u tome što pirit leži u unutrašnjem delu žice, dok su obodi izgrađeni od kvarca.

Pojava žica sa kvarcom, piritom i molibdenitom je veoma česta. U njima je najviše zastupljen kvarc, zatim, dolazi pirit, a najmanje ima molibdenita, koji se po pravilu javlja na salbandama. I ovde on gradi tanke skramice i prevlake na graničnim površinama prema steni i prevlači samo zidove nekadašnjih pukotina i prslina u stenama. Ostali deo ispunjen je kvarcom i piritom i to bilo po nekom redu (molibdenit, kvarc, pirit) u lučenju ili bez ikakvog vidljivog reda u tom smislu, zbog čega postoje simetrične i asimetrične žice. Simetrične većinom imaju sledeći sastav: molibdenit na bokovima, zatim dolazi kvarc, a u sredini se nalazi pirit.

Kod nesimetričnih žica prostorni odnosi između kvarca i pirita nisu pravilni ni određeni jer se ne drže ustaljenosti slojeva u žici, već grade mlazeve, gnezda, trake ili se javljaju u obliku zrna kvarca u piritu i pirita u kvarcu.

Kao specijalni slučaj plasiranja molibdenita u orudnjenim dacitima i stvaranja novih produkata pod dejstvom hidrotermalnih procesa, treba navesti sunđeraste kvarcne mase i šupljikave prostore u dacitima koji su redovno potpuno silifikovani (Milovanović & Ilić, 1953/54). Ove tvorevine su mestimično dosta česte, naročito u najintenzivnije orudnjenim delovima. U suštini ove mase predstavljaju ekstremno silifikovane dacite gde je dacit izgubio sve prvobitne sastojke i na njihovim mestima izlučena je bigroliko šupljikava kvarcna masa.

Sunđeraste kvarcne žice su pravi žični ulošci sa oštrim graničnim površinama, prema dacitima. Njihova moćnost jako varira, ali se obično koleba između nekoliko milimetara i 2-3 cm. Sastoji se od bigroliko šupljikaste kvarcne mase u kojoj su gušće ili ređe uprskana zrna molibdenita. Najsitnije šupljike većinom su sasvim ispunjene molibdenitom, dok su krupnije samo delimično prevučene ovim mineralom. U ovim masama pirit je veoma redak.

Strukturni oblici molibdenita

Iz svih pojedinačno opisanih slučajeva može se zaključiti da se molibdenit u rudnim telima Mačkatice javlja na četiri načina (Milovanović & Ilić,1953/54):

- Molibdenit leži u steni u obliku vrlo tankih isključivo molibdenskih žica. Takve žice su dosta retke, ali sadrže veće količine čistog molibdenita.
- Molibdenit je koncentrisan na salbandama mešovitih žica u vidu ljuspica moćnosti, najčešće, ispod 1 mm. Molibdenit većinom prati kvarc, dok se sa piritskim žicama javlja samo izuzetno. Najveća količina molibdenita na Mačkatici javlja se u ovom obliku.
- Molibdenit je mestimično prodro dublje u stenu u vidu gušće ili ređe uprskanih zrna -impregnacija. Zrnasti molibdenit prati šupljikave i grubozrne delove stena. I mada ovaj način plasiranja molibdenita nije ni zamašan ni čest, ipak, u kombinacijama sa sličnim pojavama, znatno povećava opšti procenat molibdena u mnogim delovima rudnih tela.
- Molibdenit oblaže i delimično ispunjava šupljine sunđerastih kvarcnih žica i intenzivno silifikovanih delova u dacitima. Molibdenit je ovde mahom zrnast, mada se mestimično nalazi u vidu prevlaka i skrama. Koncentracija molibdenita često je znatna ali je sama pojava manjeg prostranstva i pretežno sporadična.

Ovako različiti načini plasiranja molibdenita u orudnjenim stenama imaju uticaj i na sam oblik i druge osobine ovog minerala. Valja odmah istaći da su ove pojedinosti (strukturni oblici) od velikog uticaja na kvalitet rude, jer od njih umnogome zavisi procenat iskorišćenja pri flotiranju.

Zrnasti molibdenit koji obrazuje usamljena zrna, omanja gnezda ili prostranije zrnaste agregate je praktično najbolja ruda, jer pri flotiranju daje najveće iskorišćenje.

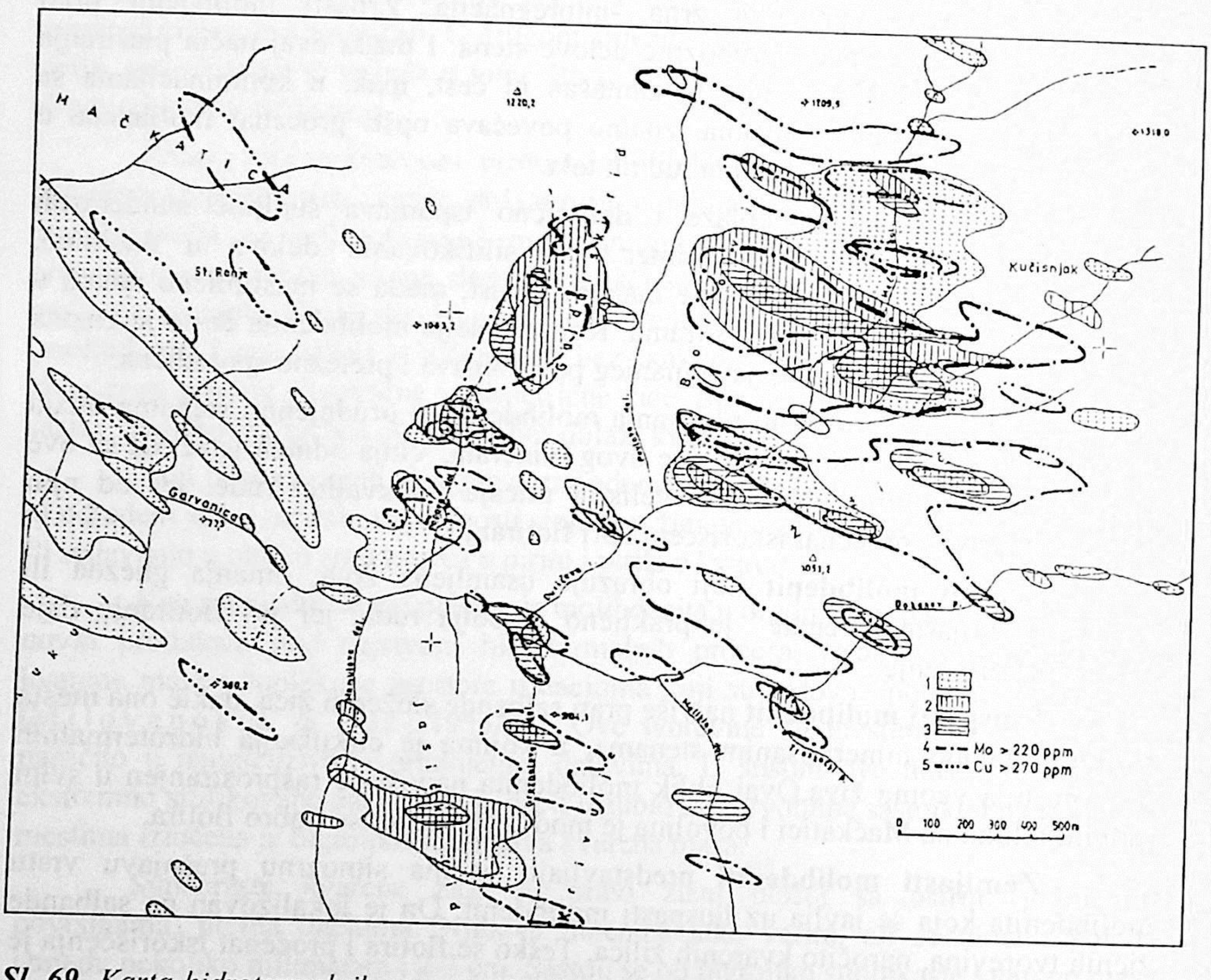
Ljuspasti molibdenit najviše prati salbande složenih žica, dakle ona mesta u hidrotermalno mineralisanim stenama, u kojima je cirkulacija hidrotermalnih rastvora bila veoma živa.Ovaj oblik molibdenita najviše je rasprostranjen u svim rudnim telima na Mačkatici i povoljna je modifikacija, jer se dobro flotira.

Zemljasti molibdeniti predstavljaju veoma sitnozrnu prašnjavu vrstu molibdenita koja se javlja uz ljuspasti molibdenit. On je lokalizovan na salbande žičnih tvorevina, naročito kvarcnih žilica. Teško se flotira i procenat iskorišćenja je nizak.

"Vezani" molibdenit prati salbande kvarcnih žilica, ali ne u vidu slojića ili prevlaka na kvarcu, nego kao najfinija supstanca ili "prah" prodire u samo masu kvarca i bojadiše ga bojom molibdenita. Vezani molibdenit predstavlja takvu mešavinu sa žičnim kvarcem da se iz ove može izdvojiti tek najsitnijim mlevenjem. Sasvim je razumljivo da je vezani molibdenit, ukoliko prati rudu vrlo nepovoljan za flotiranje.

Geohemijska zonalnost i korelacija hidrotermalnih promena i Mo-orudnjenja

Istraživanja hidrotermalnih alteracija u rudnom polju Mačkatice, u novije vreme, iako se mogu smatrati obimnim, nisu potpuna, jer su promene praćene isključivo lateralno, na savremenom erozionom nivou. Većina istraživača (Milovanović & Ilić, 1953/54; Vujanović, 1956/57, 1959; Simić, 1979, 1993; Cukućan, 1981), ukazuju da je Mo-orudnjenju prethodila jedna alkalna metasomatoza, odnosno mineralizacija predstavljena kvarc-feldspatima i kvarcnim žilicama sa retkim uprskanjima pirita i molibdenita. Rudna faza hidrotermalnih promena praćena je pretežno silifikacijom (žiličasti kvarc) i nešto slabije izraženom K-feldspatizacijom koje prate najznačajnije količine molibdenita i pirita. Molibdenit se javlja najčešće u žilicama, ređe impregnacijama.



***Sl. 69**. Karta hidrotermalnih promena i primarnih oreola rasejavanja Mo i Cu u rudnom polju Mačkatice (Simić, 1993a).*

1. Sericitizacija, 2. Silifikacija, 3. K - feldspatizacija, 4. Primarni oreoli rasejavanja Mo > 220 ppm, 5. Primarni oreoli rasejavanja Cu > 270 ppm.

***Fig. 69**. Map of hydrothermal alterations and primary Mo and Cu dispersion haloes in Mačkatica ore field (Simić, 1993a).*

1. Sericitization, 2. Silicification, 3. K-feldspar, 4. Primary dispersion haloes of Mo > 220 ppm, 5. Primary dispersion haloes of Cu > 270 ppm.

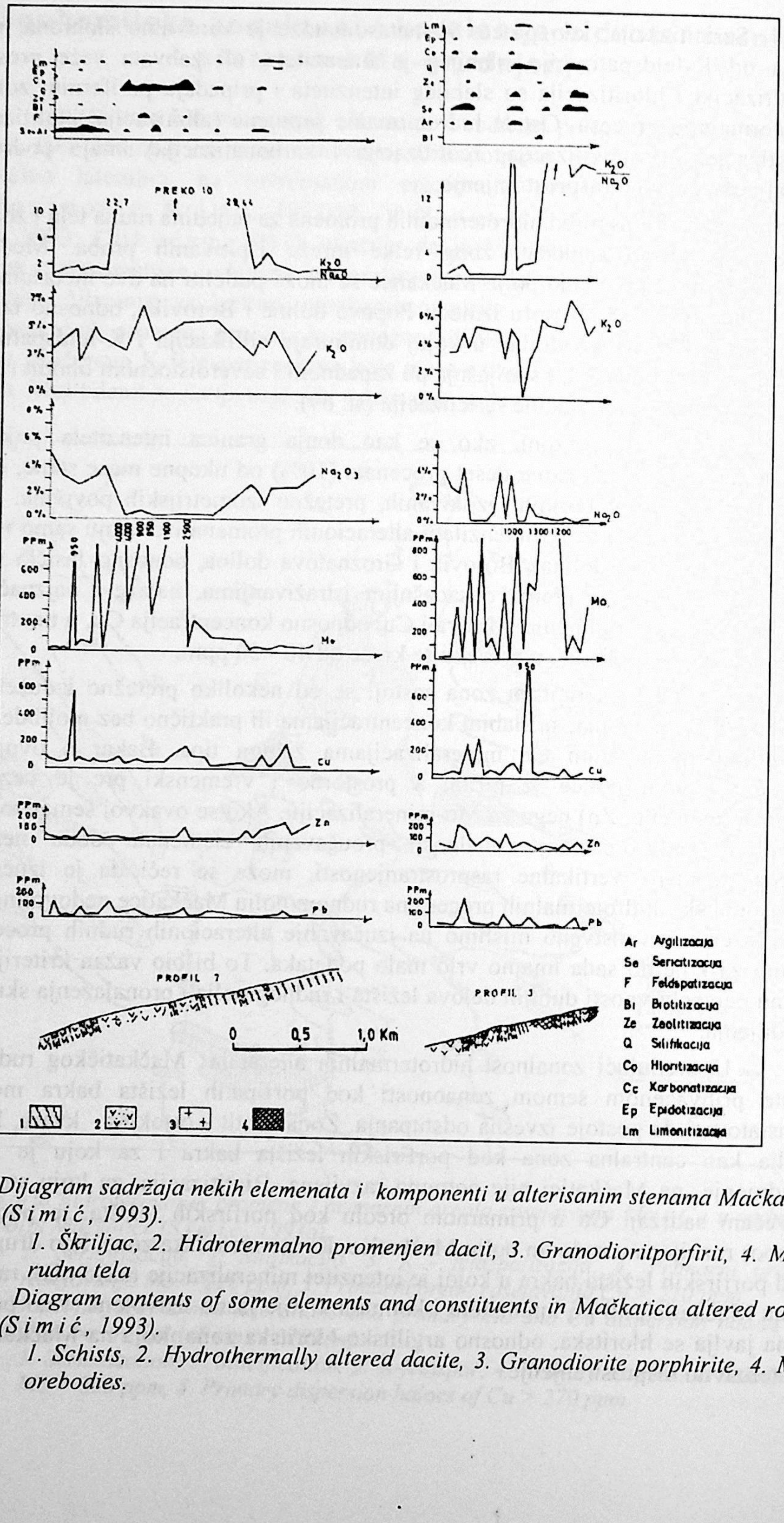
Sericitizacija, kao proces K-metasomatoze je verovatno sinhrona, nešto starija od K-feldspatizacije, slabijeg je intenziteta, ali zahvata veće prostore. Argilitizacija i hloritizacija su slabijeg intenziteta i pripadaju perifernim zonama hidrotermalnog procesa. Ostale hidrotermalne promene (albitizacija, biotitizacija, epidotizacija, muskovitizacija, zeolitizacija i karbonatizacija) imaju podređeni značaj i ekstenzivno rasprostranjenje.

Prostorni raspored hidrotermalnih promena za pojedina rudna tela i zone ne može se detaljno sagledati zbog retke mreže ispitivanih proba. Međutim, posmatrano u celini rudno polje Mačkatice se može podeliti na dve metasomatske zone. Unutrašnja, na prostoru između Popove doline i Borovika, odnosno između Borovika i Groznatove doline u kojoj dominiraju silifikacija i K-feldspatizacija podređeno sericiitizacija, i spoljašnja po zapadnom i severoistočnom obodu rudnog polja gde izrazito preovlađuje sericitzacija (sl. 69).

U unutrašnjoj zoni, ako se kao donja granica intenziteta pojedinih hidrotermalnih izmena uzme deset procenata (10%) od ukupne mase stene, dobija se jedan mozaik od brojnih izolovanih, pretežno izometrijskih površina. Među njima se po dimenzijama i intenzitetu alteracionih promena izdvajaju samo rudište Mačkatica (Popova dolina), Borovik i Groznatova dolina, odnosno Jasički rid. U ovim lokalitetima se, prema dosadašnjim istraživanjima, nalaze i najznačajnije koncentacije Mo-orudnjenja. Minerali Cu, odnosno koncentracija Cu, u unutrašnjoj zoni je slabo zastupljena i u proseku se kreće od 40 - 50 ppm.

Spoljašnja, sericitska zona sastoji se od nekoliko pretežno izduženih (u pravcu SZ-JI) površina, sa slabim koncentracijama ili praktično bez molibdena, ali sa retkim sporadičnim Cu mineralizacijama žičnog tipa. Bakar u ovoj zoni najvećim delom potiče iz pirita, a prostorno i vremenski pre je vezan za polimetaličnu (Pb, Zn) nego za Mo-mineralizaciju. Ako se ovakvoj šematizovanoj, lateralnoj metasomatskoj zonalnosti proučavanih elemenata doda neznatna izučenosti njene vertikalne rasprostranjenosti, može se reći da je izučavanje metasomatsko-hidrotermalnih procesa na rudnom polju Mačkatice nedovoljno. Kad ovo kažemo prvenstveno mislimo na izučavanje alteracionih rudnih procesa po dubini za koje do sada imamo vrlo malo podataka. To bi bio važan kriterijum za ocenu perspektivnosti dubljih delova ležišta i rudnog polja i pronalaženja skrivenih orudnjenja.

Upoređujući zonalnost hidrotermalnih alteracija Mačkatičkog rudišta sa opšte prihvaćenom šemom zonaonosti kod porfirskih ležišta bakra može se konstatovati da postoje izvesna odstupanja. Zona biotit - ortoklas - kvarc, koja se javlja kao centralna zona kod porfiriskih ležišta bakra i za koju je vezano orudnjenje, na Mačkatici nije potpuno razvijena. Biotitizacija, za koju su vezani povećani sadržaji Cu u primarnom oreolu kod porfirskih ležišta, je podređeno (slabo) razvijena u rudnom polju Mačkatice. Kvarc-sericitska zona, kao druga zona kod porfirskih ležišta bakra u kojoj je intenzitet mineralizacije nešto niži, razvijena je na Mačkatici, ali po intenzitetu i konturama nije jasno izdvojena. Kao periferna zona javlja se hloritska, odnosno argilitsko-hloritska zona, koja na Mačkatici ima ekstenzivno rasprostranjenje.



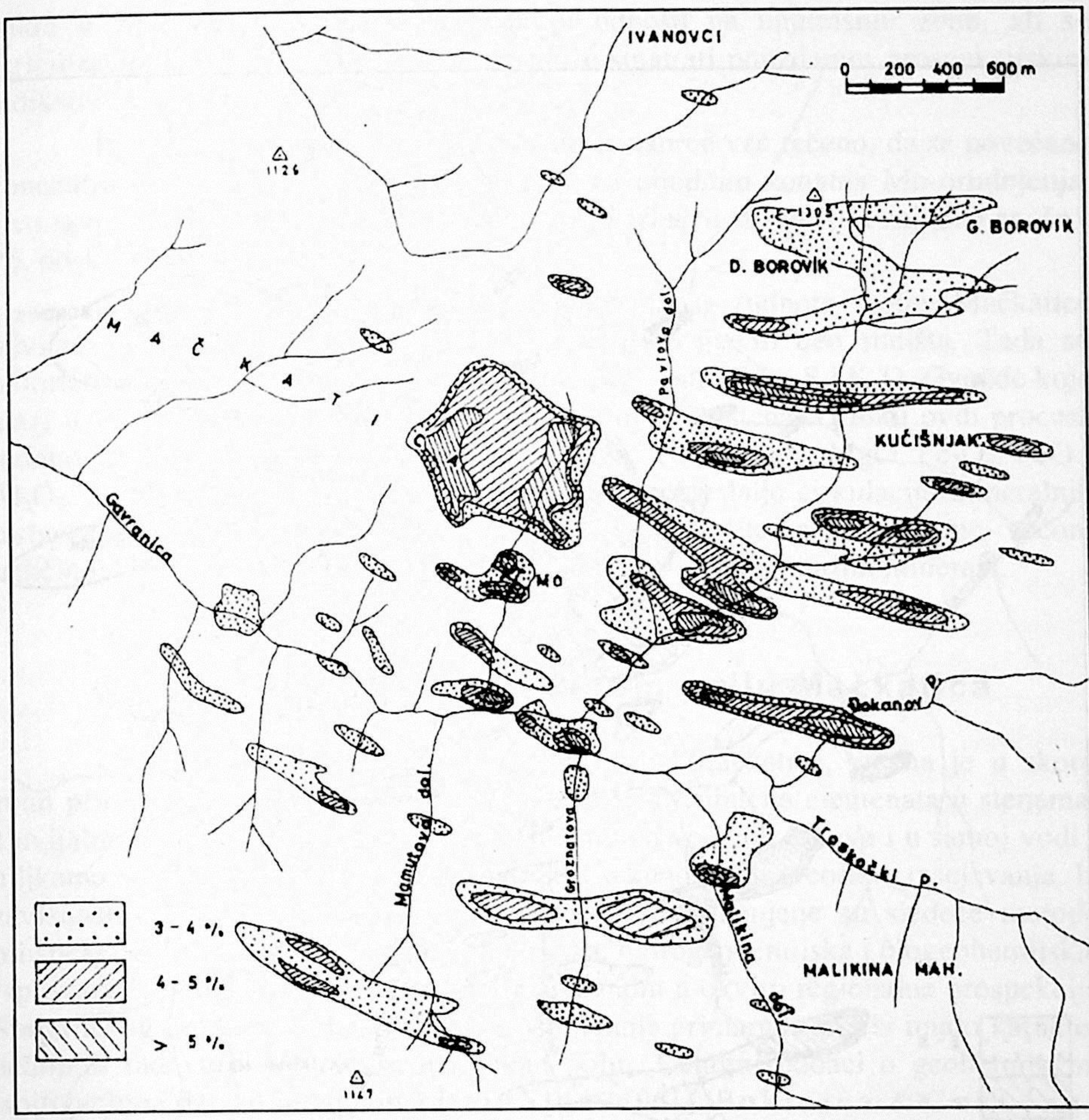
Sl. 70. *Dijagram sadržaja nekih elemenata i komponenti u alterisanim stenama Mačkatice (S i m i ć , 1993).*

1. Škriljac, 2. Hidrotermalno promenjen dacit, 3. Granodioritporfirit, 4. Mo - rudna tela

Fig. 70. *Diagram contents of some elements and constituents in Mačkatica altered rocks (S i m i ć , 1993).*

1. Schists, 2. Hydrothermally altered dacite, 3. Granodiorite porphirite, 4. Mo-orebodies.

Prema gore navedenim činjenicama, može se sa velikom verovatnoćom tvrditi, da je veza između hidrotermalnih metazomatskih promena i Mo, odnosno Cu, Zn, Pb rudnih mineralizacija neosporna i uniformna za celo rudno polje Mačkatice.

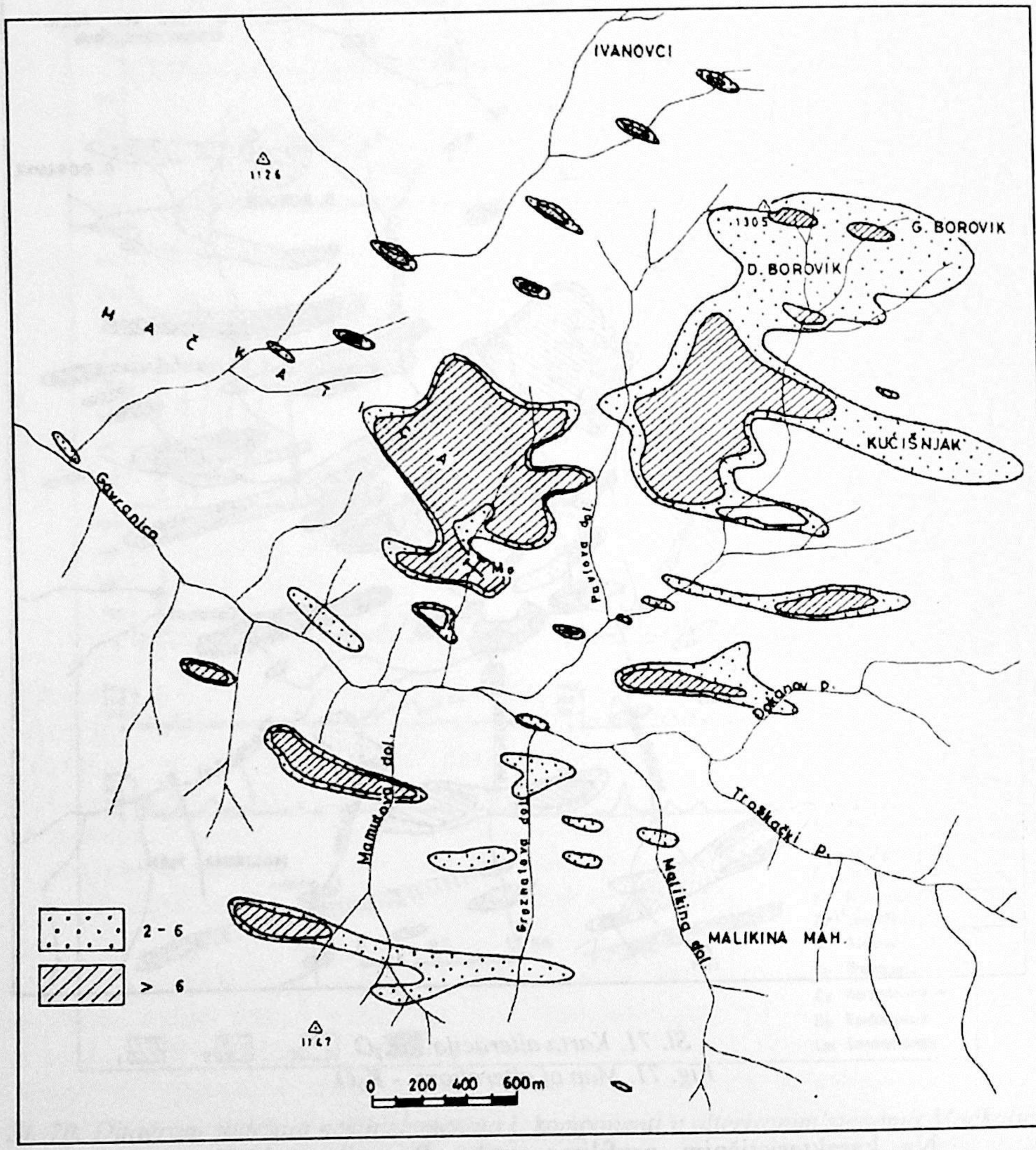


Sl. 71. Karta alteracija. - K_2O

***Fig. 71.** Map of alterations. - K_2O.*

Na karakterističnim profilima preko Borovika (sl. 70) prikazana je korelacija sadržaja glavnih elemenata (Mo, Cu, Zn, Pb) sa metasomatskim promenama (K_2O, Na_2O i K_2O/Na_2O), odnosno produktima hidrotermalnih alteracija. Kao što se iz priloženog dijagrama može videti, jasno izražena molibdenonosna zona, sa sadržajem Mo u primarnim oreolima rasejavanja od 200-4000 ppm, dobro se koreliše sa područjem vrlo intenzivne silifikacije i K-feldspatizacije. Alkalna metasomatoza se manifestuje u prinosu K (sadržaj K_2O je

povećan za oko dva puta i kreće se od 4 - 6%), i velikom ispiranju Na (sadržaj Na_2O ispod 0,5%). Molibdensku rudonosnu zonu, pored visokog K_2O i niskog Na_2O, još markantnije indicira odnos K_2O/Na_2O, koji u svežim stenama iznosi oko 0,05, a u domenu zone oštro raste i kreće se od 10-30, (Simić, 1979, 1993), sl. 71, 72.



Sl. 72. Karta alteracija. - K_2O/Na_2O
Fig. 72. Map of alterations. - K_2O/Na_2O

Silifikacija unutar rudne zone je vrlo intenzivna i ide i preko 80%, kada se orudnjene stene mogu determinisati kao sekundarni kvarciti. Silifikacija (sa piritizacijom i Mo-mineralizacijom) kao proces, zbog svoje dominantne

zastupljenosti i karakterističnog načina pojavljivanja, makroskopski se na terenu lako uočava i čini važan prospekcijski kriterijum za izdvajanje Mo-orudnjenih zona.

U spoljašnjoj, zoni sericitizacije i hloritizacije, Mo se javlja u znatno nižim koncentracijama i prostorno nezavisno od indiciranih Cu-mineralizacija. Sadržaji bakra u zoni sericitizacije su povećani u odnosu na unutrašnju zonu, ali se sericitizacija kao jedan širi fenomen ne može smatrati pouzdanim prospekcijskim indikatorom Cu-orudnjenja.

Iz dijagrama se zapravo vidi, ono što je napred već rečeno, da se povećane koncentracije sadržaja Cu, Zn i Pb javljaju na obodnim zonama Mo-orudnjenja. Ovo upućuje na činjenicu da je najveći deo Cu izlučen iz rastvora zajedno sa Zn i Pb, posle izdvajanja Mo.

Generalno gledano, proces orudnjavanja u rudnom polju Mačkatice odvijao se u dve faze. U prvoj fazi formiran je glavni deo rudišta. Tada su hidrotermalni rastvori doneli veliku količinu SiO_2, zatim Mo, S i K_2O. Gvožđe koje ulazi u sastav pirita najvećim delom potiče iz okolnih stena. U toku ovih procesa rudonosni rastvori eliminisali su iz okolnih stena Na_2O, CaO, MgO, Fe_2O_3, FeO i Al_2O_3. U drugoj fazi posle formiranja rudišta, u toku dalje cirkulacije mineralnih rastvora, postale su kvarcne žice sa malo molibdenita, ali sa znatno većom količinom halkopirita, sfalerita, galenita i drugih nižetemperaturnih minerala.

Geohemijski oreoli u rudnom polju Mačkatica

Geohemijska prospekcija u rudnom polju Mačkatice, vršena je u skoro svim prirodnim sredinama. Naime, ispitivana je distribucija elemenata u stenama, eluvijalno-deluvijalnom pokrivaču, u sedimentima vodenih tokova i u samoj vodi i biljkama (vegetaciji), odnosno u primarnim i sekundarnim oreolima rasejavanja. U zavisnosti od sredine gde je vršeno ispitivanje, primenjene su sledeće metode prospekcije: litogeohemijska, metalometrijska, hidrogeohemijska i biogeohemijska. Ispitivanje sekundarnih oreola vršeno je uglavnom u okviru regionalne prospekcije Surduličkog eruptivnog masiva, dok je ispitivanje primarnih oreola imalo karakter detaljnih radova i odvijalo se u rudnom polju. Detaljni podaci o geohemijskim ispitivanjima dati su u radovima Pokrajca (1961); Pokrajca & Cukućana (1972/73); Milovanovića (1962); Maksimovića i dr., (1964); Cukućana (1982); Omaljeva (1985) i Simića (1979, 1993, 1997).

Anomalije Mo u rudnom polu Mačkatice, registrovane su u svim ispitivanim sredinama, što je pozitivan kriterijum za mineralnu potencijalnost ovog rudnog polja. Najbolje rezultate dala su ispitivanja primarnih oreola rasejavanja (litogeohemija). Ova geohemijska ispitivanja su omogućila vrlo precizna izdvajanja perspektivnih površina u pogledu Mo orudnjenja i ukazala na zakonomernost razmeštaja Mo-mineralizacija i njihovu prostornu i genetsku vezu sa okolorudnim alteracijama.

Primarni oreoli rasejavanja

. Primarni oreoli endogenih ležišta obrazuju se u rudnim strukturama i okolnim stenama, gde elementi dospevaju difuzijom ili infiltracijom. Razmere primarnih oreola variraju u širokim granicama i zavise od: stepena migrativnosti određenog elementa, odnosno jedinjenja, hemijskih osobina okolnih stena i stepena poroznosti okolnih stena. Oblik primarnih oroeola zavisi od istih struktura koje su kontrolisale lokalizaciju i same rude. Morfološki primarni oreoli podržavaju oblik rudnih tela, veći su od njih, jednostavniji i sa nižim sadržajem ispitivanih elemenata. U rudnom polju Mačkatice, najčešće imaju elipsast oblik, zatim nepravilan - ameboidan i sasvim retko izometričan.

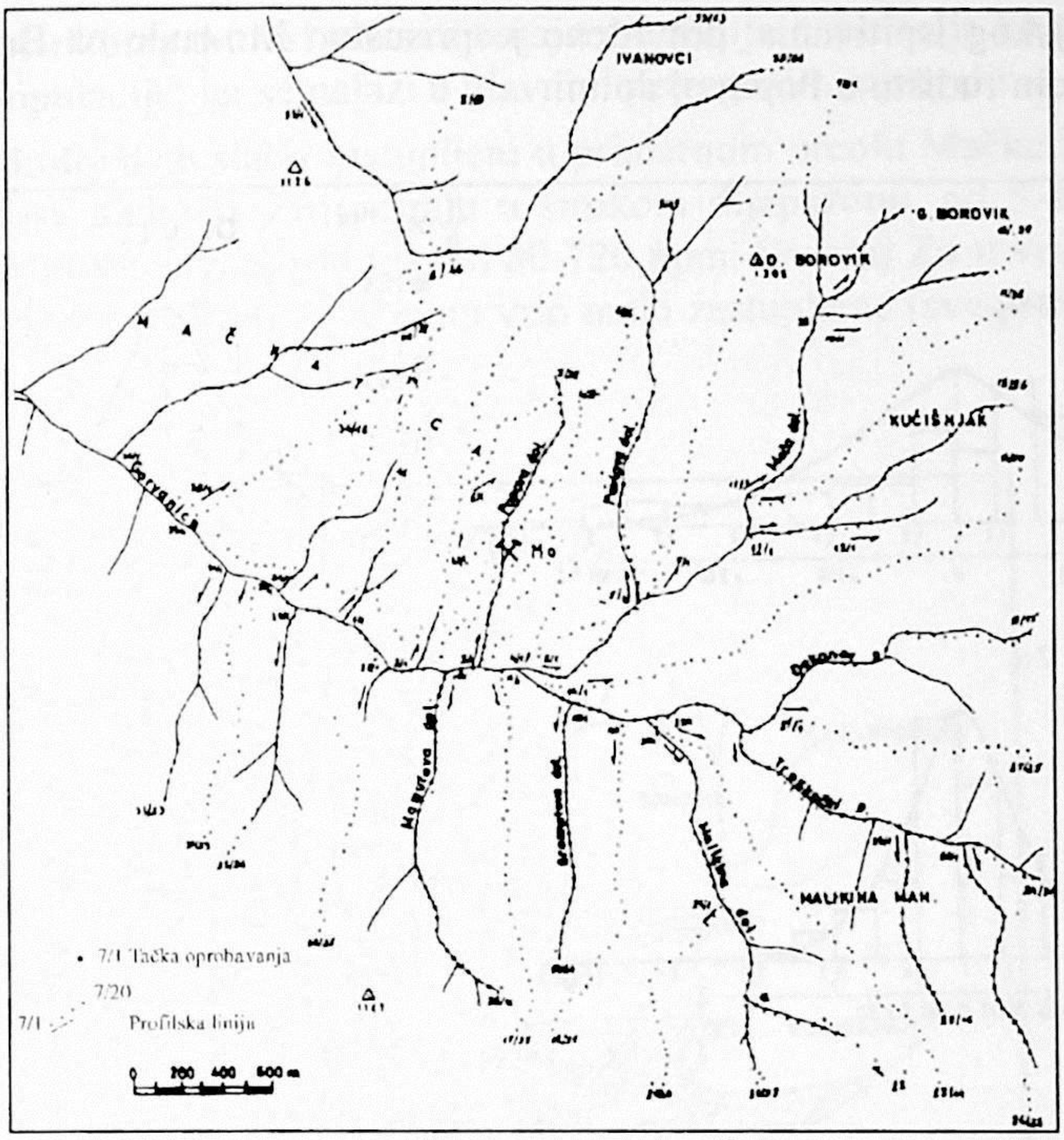
Primenom litogeohemijske metode prospekcije proučavana je distribucija Mo, Cu, Zn, Pb i Hg u stenama i utvrđene površine povećane koncentracije u rudnom polju Mačkatice. Zapravo cilj litogeohemijske prospekcije bio je da otkrije i okonturi primarne oreole rasejavanja pomenutih elemenata, kako oko poznatih, tako i oko nepoznatih rudnih tela i mineralizacija radi njihovog daljeg istraživanja.

Litogeohemijskom prospekcijom obuhvaćeno je na Mačkatici, područje izvorišnog dela reke Garvanice, površine oko 12 km^2, odnosno područje koje je na osnovu predhodnih radova, ocenjeno kao najperspektivnije u pogledu Mo-rude.

Uzimanje proba je izvršeno približno po mreži 300-500x50 m, odnosno oprobavanje nije izvršeno po pravilnoj mreži, već su profili postavljeni prvenstveno duž korita reka i potoka, kao i duž grebena, gde su izdanci, najčešće, erozijom dobro otkriveni (sl. 73). Ukupno je oprobano, po profilima, oko 50 km', odnosno uzeto 829 proba za ispitivanje primarnih oreola rasejavanja. Posle mehaničke i hemijske pripreme, određivanje sadržaja Mo, Cu, Zn, Pb i Hg, izvršeno je metodom atomske spektrofotometrije na spektrometru firme Perkin-Elmer M-306. Podaci o sadržaju Mo, Cu, Zn, Pb i Hg u litogeohemijskim probama sa Mačkatice obrađeno su statistički po metodi B e u s & G r i g o r j a n - a (1975). Primena Gaus-Laplasove funkcije verovatnoće omogućila je izradu prognoznih karata, odnosno izdvajanje anomalija. Histogram intervalne distribucije i Gausova kriva raspodela dati su na slici 74.

Primenjeni model statističke obrade podataka, obezbeđuje vrlo precizno određivanje klasa sa anomalnim sadržajima. Zato određivanje još uvek spornog fona i nekadašnji postupci određivanja praga anomalija nemaju više značaja za izdvajanje anomalija.

Srednji sadržaj ispitivanih elemenata u primarnom oreolu u rudnom polju Mačkatice iznosi za Mo = 134 ppm, Cu = 70 ppm, Zn = 73 ppm, Pb = 56 ppm i Hg = 50 ppb. Upoređujući ove vrednosti sadržaja sa klarkom Zemljine kore (Mo = 1.1, Cu = 47, Zn = 83, Pb = 16 ppm i Hg = 80 ppb, možemo zaključiti da je koeficijent koncentracije (Kc = lokalni fon/klark), odnosno obogaćenje najveće u molibdenu (122), zatim olovu (3.5), a najniže u bakru (1.5), dok je sadržaj cinka i žive manji od jedan, što znači niži od prosečnog sadržaja u Zemljinoj kori.



Sl. 73. Karta proba - primarni oreoli rasejavanja
***Fig. 73.** Sample map – primary dispersion haloes*

Primarni oreoli rasejavanja molibdena u rudnom polju Mačkatice variraju od 2 do 4.000 ppm, a prve anomalne probe pojavljuju se u klasi od 55 do 85 ppm (S i m i ć , 1979, 1993, 1997). Najveći deo proba ima vrednosti sadržaja do 20 ppm, dok su probe sa višim sadržajima znatno manje zastupljene. Distribucija sadržaja Mo, posle statističke obrade, prikazana je izolinijama (sl. 75).

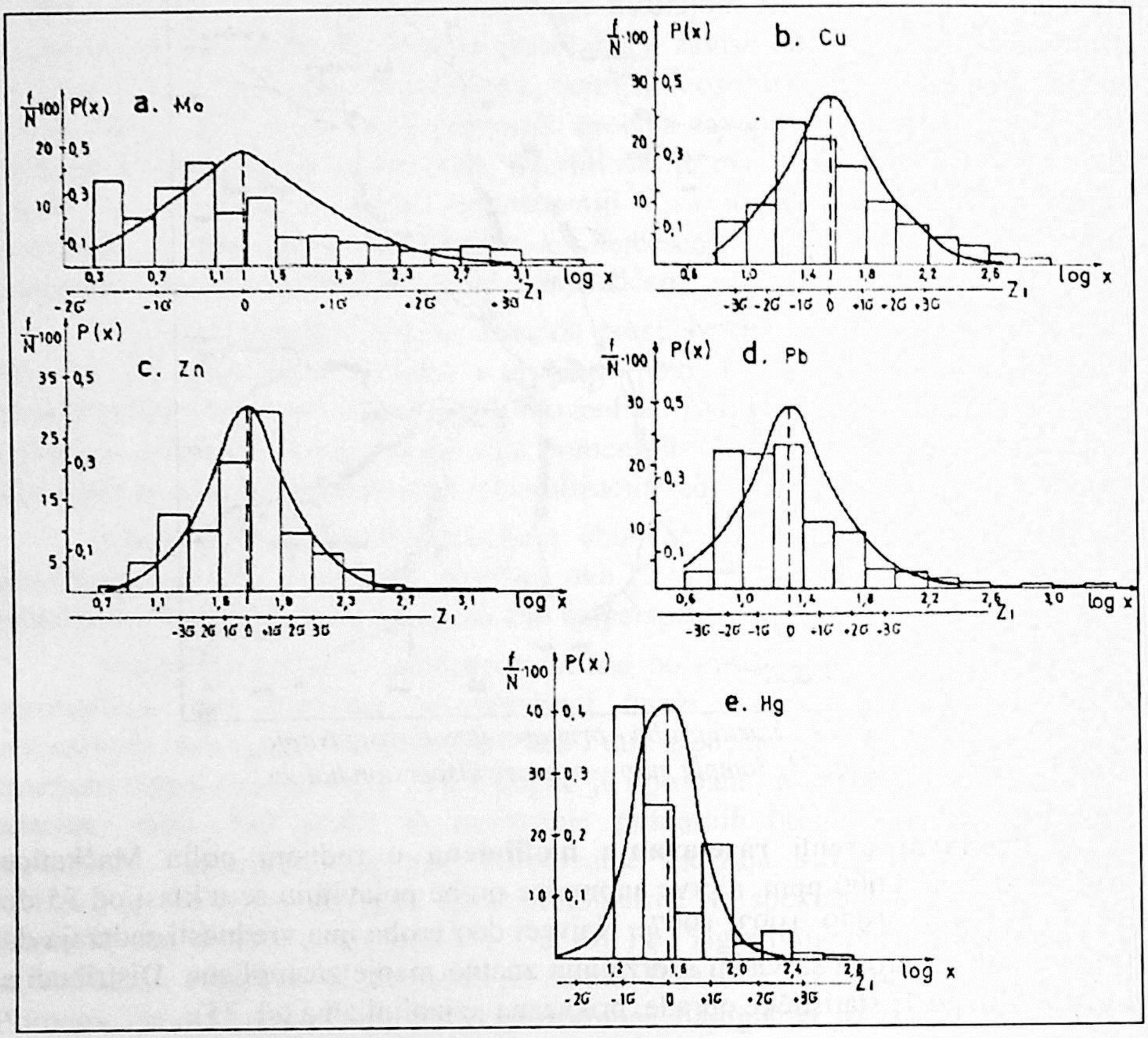
Anomalna polja sa maksimalnim vrednostima sadržaja Mo, pored toga što se izdvajaju u domenu već poznatih rudnih tela (Popova dolina), imaju široko rasprostranjenje i znatne koncentracije i u drugim delovima rudnog polja, Borovik, Kućišnjak, Groznatova dolina i dr.

Dobijene anomalije imaju izduženo elipsast do ameboidni oblik sa pružanjem istok - zapad, odnosno ZSZ-IJI. Podlogu ovih anomalija čine, uglavnom hidrotermalno izmenjeni daciti i škriljci. U domenu Malikina - Mamutova dolina, geološku podlogu anomalija čine i kvarciti takođe hidrotermalno izmenjeni.

Primetna je izvesna zonalnost u lateralnom smislu. Naime, na prostoru gde su anomalije molibdena, bakar, cink i olovo skoro izostaju, odnosno, ovi elementi "beže" u spoljne zone molibdenskih anomalija. Raspored elemenata je Mo-Cu-Zn-Pb.

Anomalije koje se prostiru istočno od Mačkatice i pretežno se nalaze u ataru sela Kućišnjak i D. Borovik, predstavljaju neposredan nastavak molibdenskog rudišta u Popovoj dolini. Istražnim bušenjem koje je usledilo nakon

litogeohemijskog ispitivanja, potvrđeno je prisustvo Mo-rude na Boroviku slično onom u starom rudištu u Popovoj dolini.



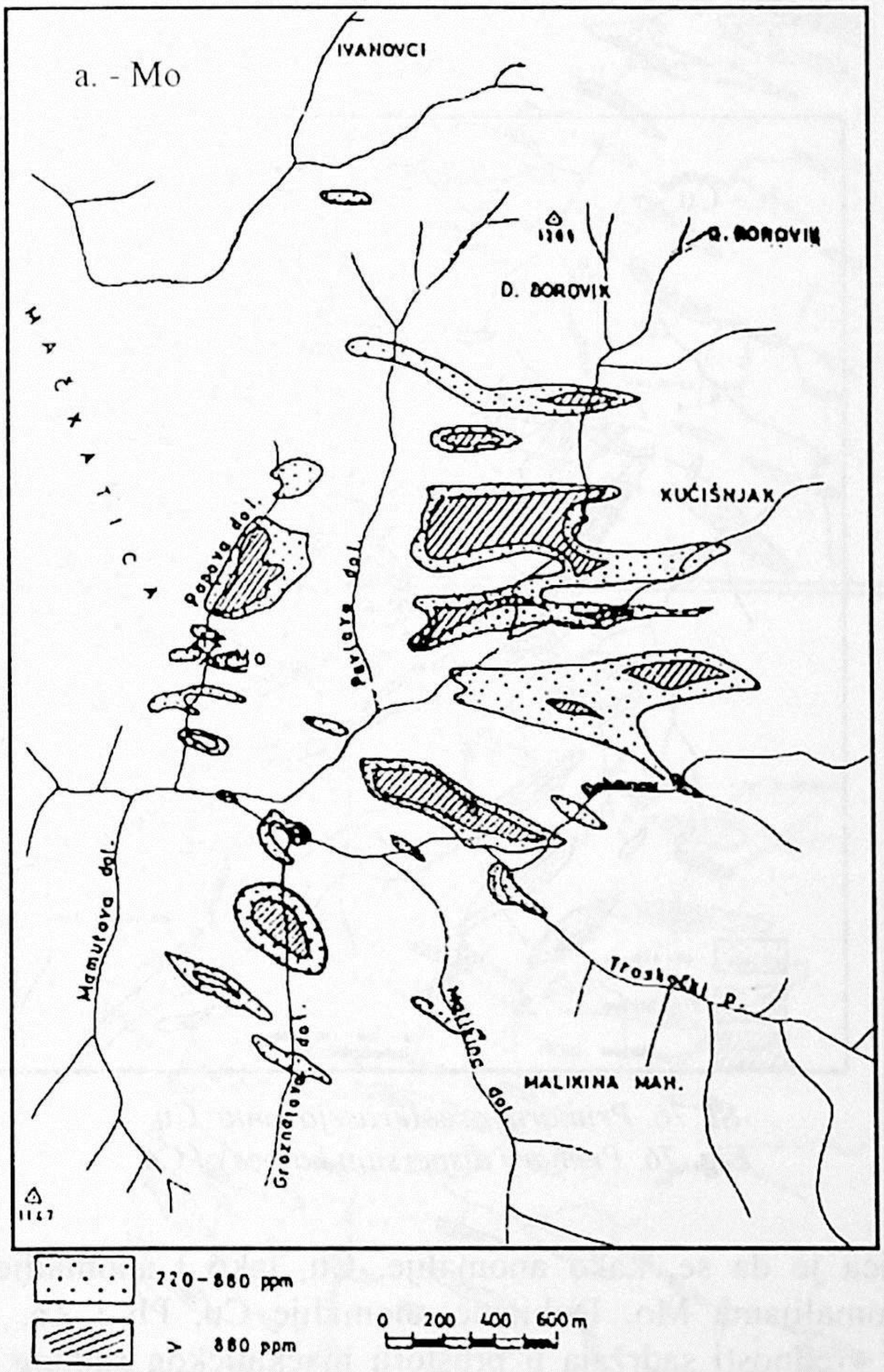
***Sl. 74**. Histogram intervalne distribucije frekvencija i Gausova kriva raspodele*
***Fig. 74**. Interval distribution of frequencies histogram and Gauss distribution curve.*

Primetno je da su anomalije molibdena uvek u asocijaciji sa silifikacijom, K-feldspatizacijom i sericitizacijom, odnosno K-metasomatozom i silifikacijom. Povećane sadržaje molibdena skoro uvek prati nizak sadržaj Na_2O i povećan sadržaj K_2O, kao i visok koeficijent odnosa K_2O/Na_2O (sl. 71, 75). Ove hidrotermalne promene koje su još ranije dovođene u vezu sa molibdenskom mineralizacijom i koje su karakteristične za porfirska ležišta bakra i molibdena, nesumnjivo su potvrđene i dokazane najnovijim istraživanjem.

Bakar je, u primarnom oreolu, na Mačkatici zastupljen niskim koncentracijama. Vrednosti sadržaja Cu variraju od 7 do 1250 ppm. Prve anomalne probe pojavljuju se u intervalu od 41 do 70 ppm (sl. 76). Najveći deo proba ima sadržaj od 7 do 110 ppm (701 od ukupno 829), a vrlo mali broj proba prelazi 500 ppm,

zapravo, najveću kompaktnost pokazuje najsiromašnija populacija koja je zaostala od primarne populacije, jer se nalazi u glavnim petrogenim mineralima.

Cink i olovo su slabo zastupljeni u primarnom oreolu Mačkatice. Tako na primer, vrednosti sadržaja Zn variraju u širokom dijapazonu, od 5-4600 ppm, a prve anomalne probe javljaju se u klasi 80-120 ppm. Sadržaj Zn u većini proba je nizak, dok su probe sa 1000 i više ppm vrlo malo zastupljene (svega tri od ukupno 829 proba).

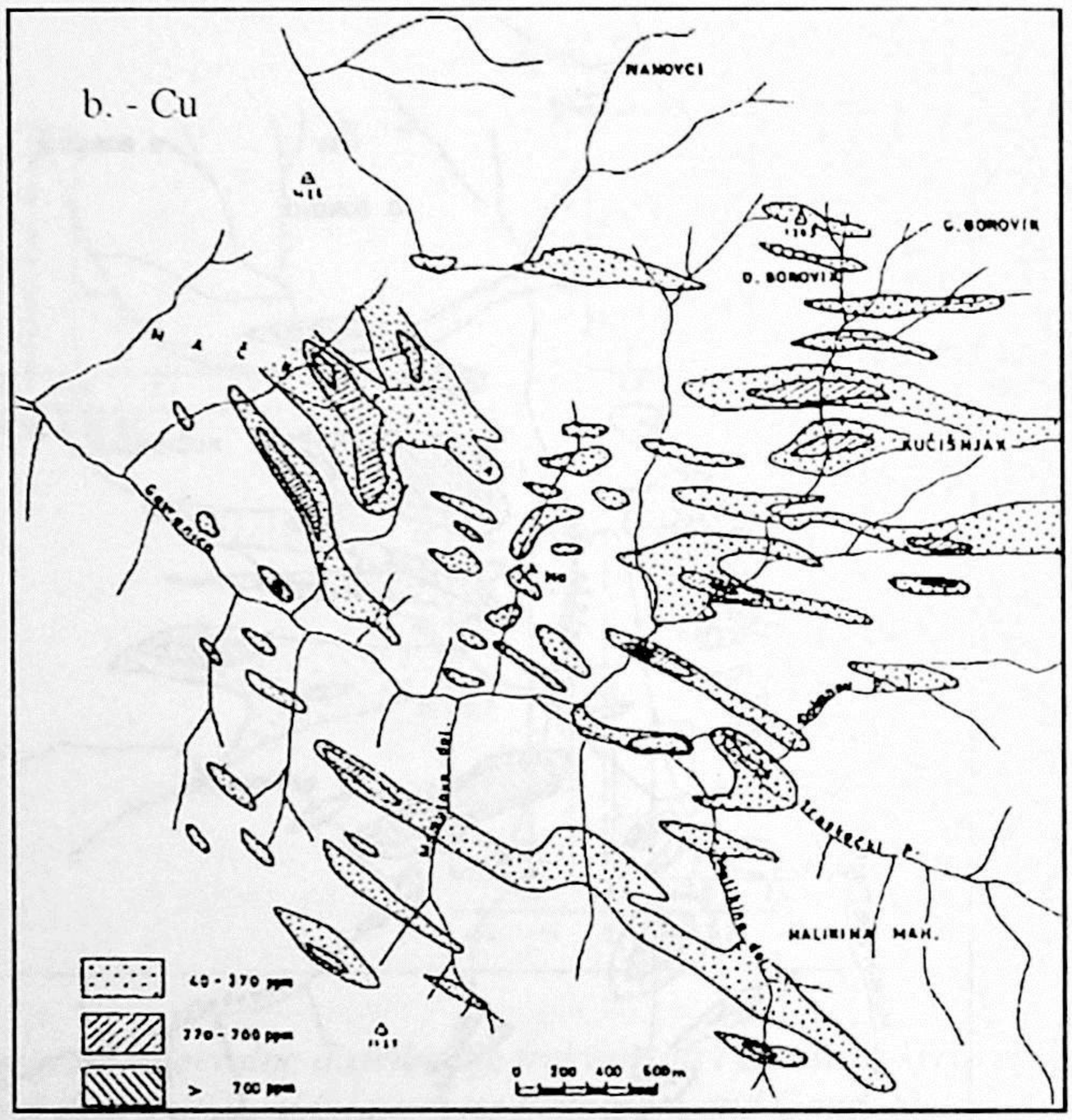


Sl. 75. Primarni oreoli rasejavanja Mo
***Fig. 75.** Primary dispersion haloes of Mo*

Prve anomalne probe Pb na Mačkatici javljaju se u intervalu od 40-70 ppm. Vrednosti sadržaja variraju od 4-2000 ppm. Međutim, najveći deo proba

kreće se do 70 ppm. Sadržaj iznad 1000 ppm prelazi samo 8 proba (S i m i ć, 1979, 1997).

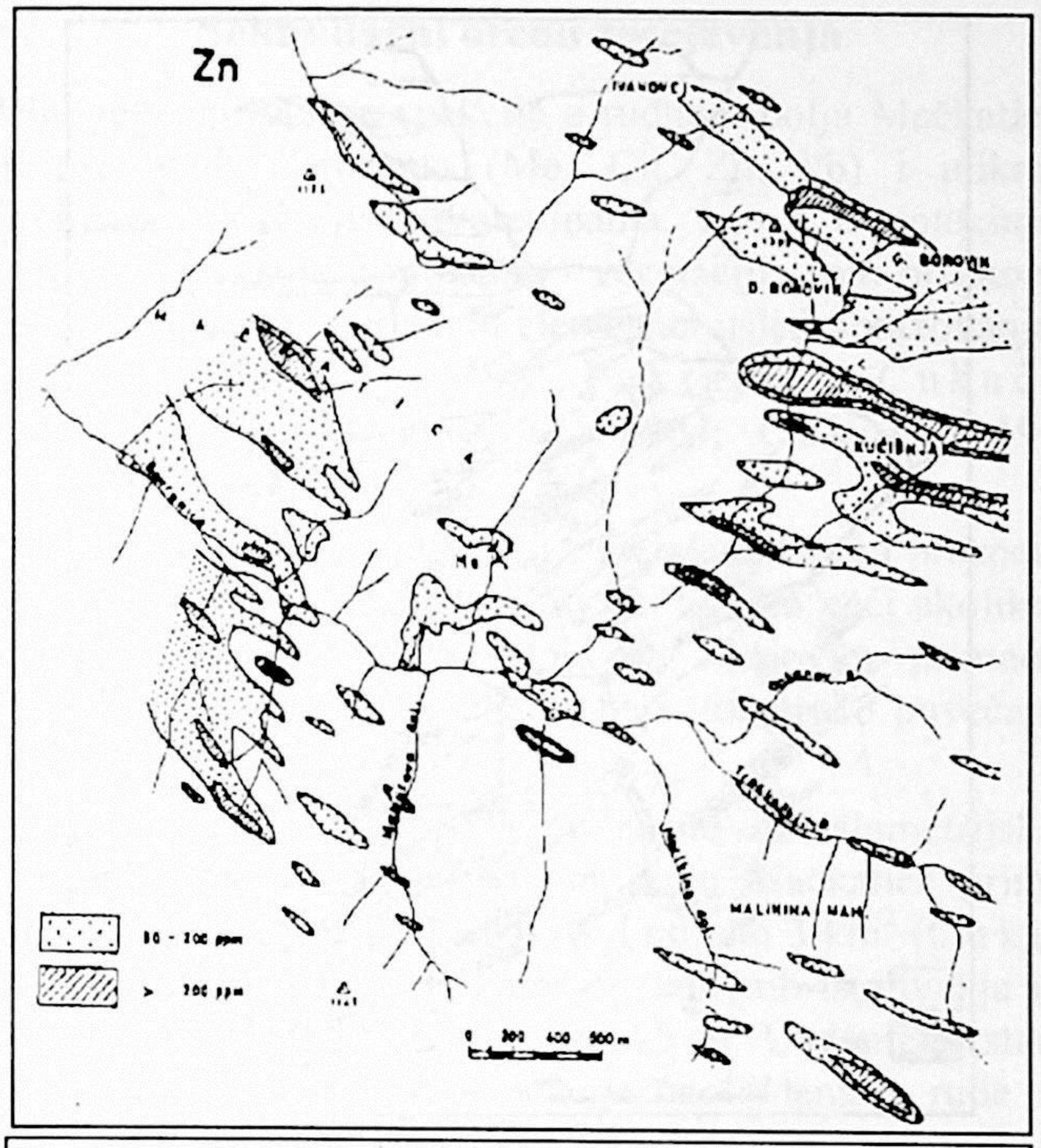
Anomalije Cu, Zn i Pb imaju najveće rasprostranjenje u severoistočnom (Borovik, Kućišnjak), zapadnom i jugozapadnom delu rudnog polja (sl. 76, 77). Anomalije imaju najčešće, elipsast, nepravilan i retko izometričan oblik. Pružanje po dužoj osi najčešće je SZ-JI do ZSZ-IJI. Podlogu anomalija čine kristalasti škriljci, odnosno prikontaktni delovi škriljaca i dacita. U dacitima, anomalije su retke i pretežno se radi o niskim vrednostima sadržaja Cu, Zn i Pb. Anomalna polja Cu, Zn, Pb su saglasna sa litološko-strukturnim karakteristikama i uglavnom se korelišu.

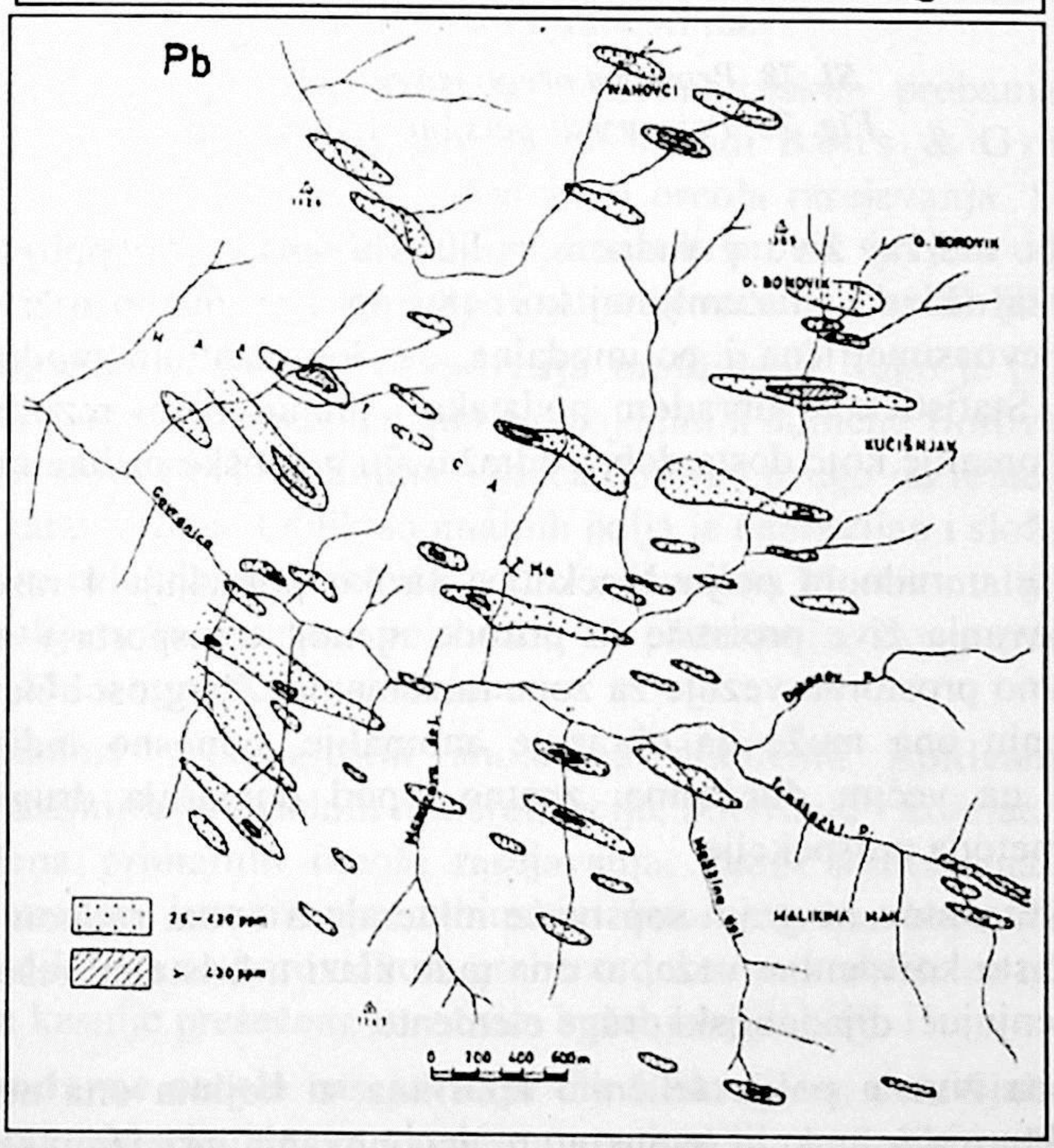


***Sl.** 76. Primarni oreoli rasejavanja Cu*
***Fig. 76**. Primary dispersion haloes of Cu*

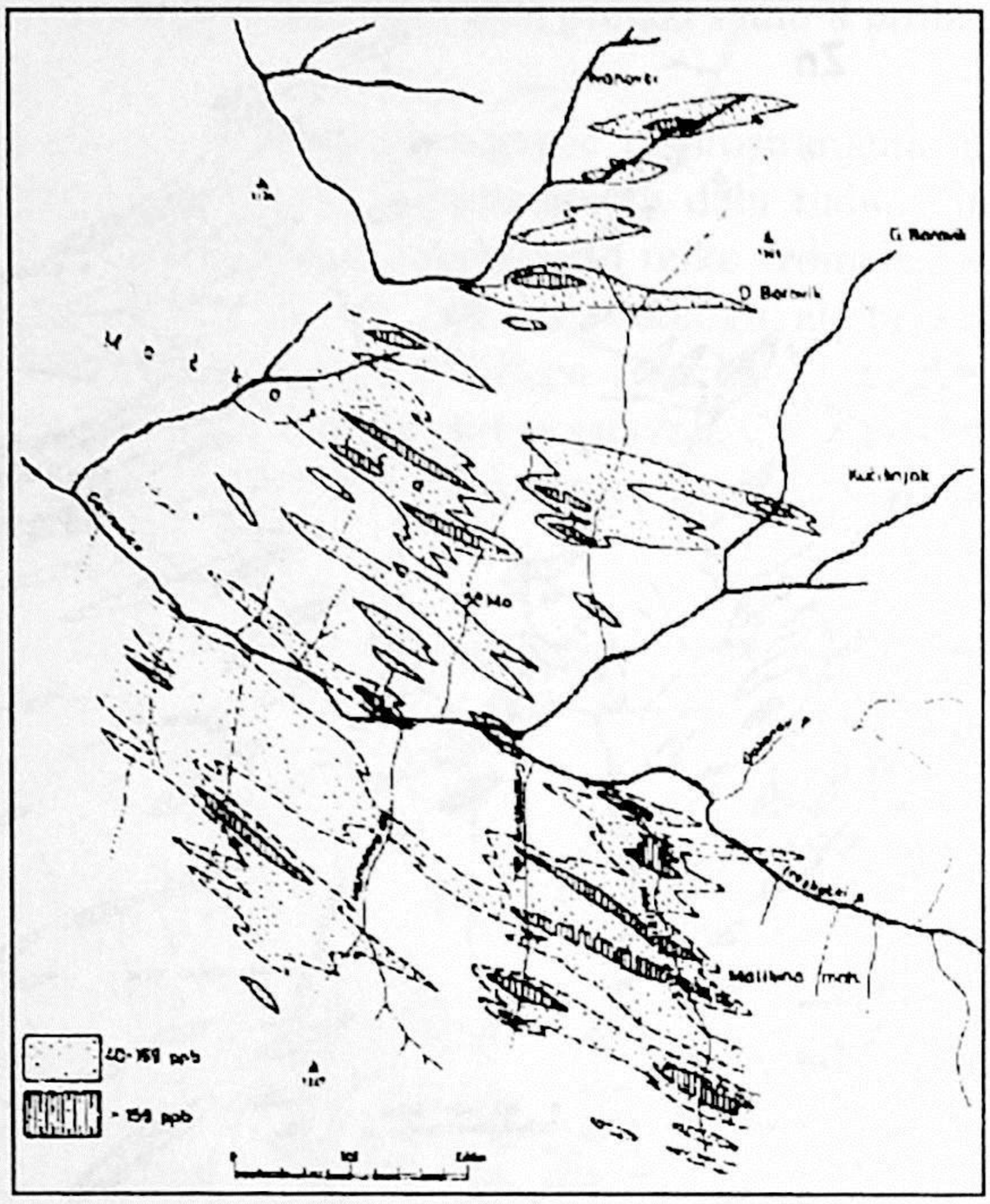
Činjenica je da se, kako anomalije, Cu, tako i anomalije Zn i Pb, ne korelišu sa anomalijama Mo. Dobijene anomalije Cu, Pb i Zn, s obzirom na relativno niske vrednosti sadržaja u prostoru mačkatičkog rudnog polja, nemaju ekonomski značaj.

Primarni oreoli rasejavanja žive. - Litogeohemijske probe su pored Mo, Cu, Zn i Pb, analizirane i na Hg, samo u nešto manjem broju (520 proba). Određivanje sadržaja Hg vršeno je na aparatu SV-20 koji radi na principu atomske apsorpcije. Ispitivanjem proba na Hg konstatovan je sadržaj koji se kreće od 20-448 ppb. Prve anomalne probe dobijene su u intervalu od 40-63 ppb, sl. 78





***Sl.** 77. Primarni oreoli rasejavanja Zn i Pb.*
***Fig.** 77. Primary dispersion haloes of Zn and Pb*



Sl. 78. Primarni oreoli rasejavanja Hg
***Fig. 78.** Primary dispersion haloes of Hg*

Srednji sadržaj žive u rudnom polju Mačkatice (50 ppb) u odnosu na prosečan sadržaj (klark), u Zemljinoj kori (80 ppb) je znatno niži. Forma krive raspodele je levoasimetrična i polimodalna, sa dominantnim modusom u prvoj klasi (sl. 74). Statističkom obradom podataka i prenošenjem rezultata na oleatu dobijene su anomalije koje dosta dobro odražavaju geološke prilike na ispitivanom terenu.

Živa se u rudnom polju Mačkatice široko pojavljuje i rasejava. Takvo obeležje rasejavanja žive proističe iz prirode njenog transporta i migracije, pri čemu se redovno prostorno vezuje za zone razlamanja. Zbog osobine da migrira u gasovitom stanju ona može da obrazuje anomalije, odnosno indicira skrivene mineralizacije na većim dubinama, znatno ispod domašaja drugih elemenata indikatora ili metoda prospekcije.

Živa verovatno ne gradi sopstvene minerale u ovom rudnom polju. Pošto teži da gradi čisto kovalentne veze, to ona rado ulazi u kristalnu rešetku sulfidnih minerala, zamenjujući dijadohijski druge elemente.

Količina žive u polimetaličnim ležištima, u kojima ona ne gradi svoje minerale, direktno je u funkciji temperature deponovanja, pri čemu se najviše žive izdvaja u epitermalnim uslovima, a najmanje u hipotermalnim. Koncentracije i rasejavanje Hg u Mačkatici sasvim su u skladu sa karakterom mineralizacije ovog subvulkanskog hidrotermalnog ležišta.

Sekundarni oreoli rasejavanja

Pored litogeohemijske prospekcije u rudnom polju Mačkatice proučavana je, distribucija osnovnih elemenata (Mo, Cu, Zn, Pb) i mikroelemenata u rastresitim eluvijalno-deluvijalnim tvorevinama, kao i u potocima rasejavanja ("strim" sedimentima), vodama i biljkama - vegetaciji. Tom prilikom utvrđena su polja povećane koncentracije ispitivanih elemenata usled obrazovanja sekundarnih oreola u rudnom polju (Pokrajac, 1961; Pokrajac & Cukućan, 1972/73; Milovanović, 1962; Maksimović, 1964; Cukućan,1982; Simić, 1993).

Osnovni princip na kome se zasniva metalometrijska prospekcija je, da će sadržaj rudnih i indikatornih elemenata u tlu biti utoliko veći ukoliko je u korenoj steni veći. To znači, nad rudnim telom ili njegovim primarnim oreolom rasejavanja, sadržaj u zemljištu i u biljkama biće višestruko povećan u odnosu na delove gde nema mineralizacije.

Geohemijska prospekcija tla, odnosno metalometrijska pospekcija eluvijalno-deluvijalnog pokrivača u rudnom polju Mačkatice primenjena je na relativno malom prostoru, odnosno na površini od oko 3 km^2 (Cukućan, 1982). Metalometrijska prospekcija imala je karakter detaljnih ispitivanja i rađena je na karti razmere 1:2.500 po mreži 50x25 i 100x25 m. U domenu starog rudišta, u Popovoj dolini, gde je vršena eksploatacija molibdenske rude nije izvršeno metalometrijsko ispitivanje zbog kontaminiranosti tla.

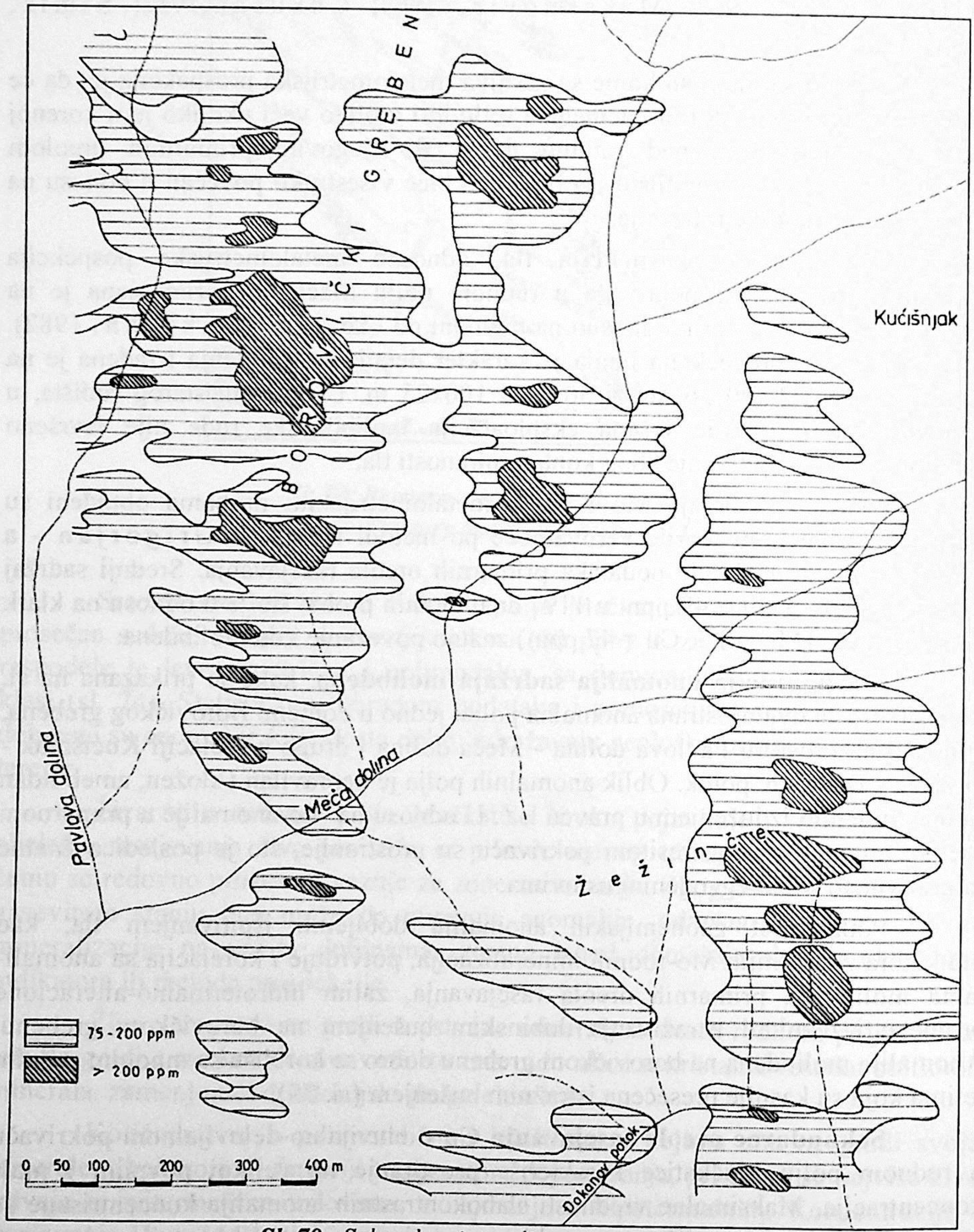
Podaci o sadržaja Mo i Cu u metalometrijskim probama obrađeni su statistički, primenom teorije verovatnoće po metodi Beus & Grigorjan - a (1975), kao i kod obrade podataka primarnih oreola rasejavanja. Srednji sadržaj Mo u tlu je 96, a Cu = 49 ppm u 1197 analiziranih proba, što je u odnosu na klark Zemljine kore (Mo = 1.1, Cu = 47 ppm) znatno povećanje kod molibdena.

Konfiguracija anomalija sadržaja molibdena, kako je prikazana na sl. 79, ukazuje na dva prostrana anomalna polja, jedno u domenu Borovičkog grebena, odnosno na prostoru Pavlova dolina - Meča dolina i drugo na relaciji Kućišnjak - Žežinče - Đokanov potok. Oblik anomalnih polja je nepravilan i složen, ameboidan sa mestimičnim izduženjem u pravcu I-Z. U odnosu na Mo-anomalije u primarnom oreolu, anomalije u rastresitom pokrivaču su prostranije, što je posledica znatne migrativnosti Mo u egzogenim uslovima.

Pouzdanost geohemijskih anomalija dobijenih ispitivanjem tla, kao indikatora značajnijih Mo-rudnih mineralizacija, potvrđuje i korelacija sa anomalijama molibdena primarnih oreola rasejavanja, zatim hidrotermalno-alteracione promene i rezultati istraživanja dubinskim bušenjem na borovičkom grebenu. Anomalije molibdena na borovičkom grebenu dobro se korelišu sa mnogim rudnim telima koja su kasnije presečena istražnim bušenjem (sl. 79).

Sekundarne oreole rasejavanja Cu u eluvijalno-deluvijalnom pokrivaču u rudnom polju Mačkatice karakteriše prostiranje na velikoj površini i mala koncentracija. Maksimalne vrednosti slabokontrastnih anomalija koncentrisane su u predelu Kućišnjaka, slično anomalijama u primarnom oreolu rasejavanja, samo što su ove znatno prostranije (sl. 80). Geološku podlogu anomalija na ovom delu

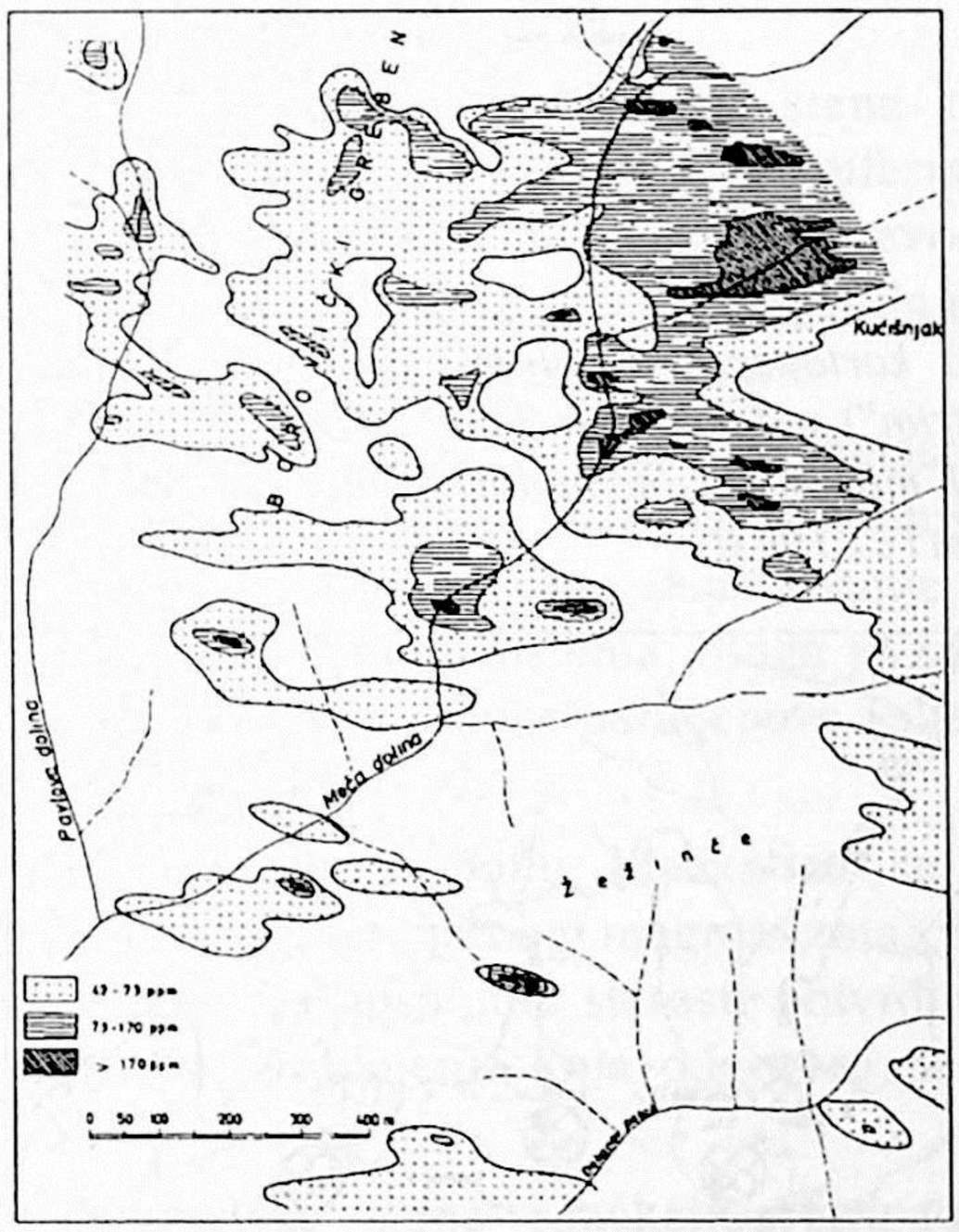
terena čine pretežno kristalasti škriljci i daciti, ređe granodioritporfiriti. Kontaktne površine dacitskih dajkova i okolnih škriljaca zahvaćene su brečiziranjem i intenzivnom piritizacijom sa pratećim siromašnim halkopiritiskim mineralizacijama. Položaj i koncentracija Cu u sekundarnim oreolima rasejavanja, ukazuju da je najveći deo Cu na ovim prostorima u egzogenim uslovima izlužen iz bakronosnih pirita, znatno manje iz halkopirita, s obzirom da je zastupljenost ovog Cu-minerala neznatna (S i m i ć, 1993).



Sl. 79. Sekundarni oreoli rasejavanja Mo
Fig. 79. Secondary dispersion haloes of Mo

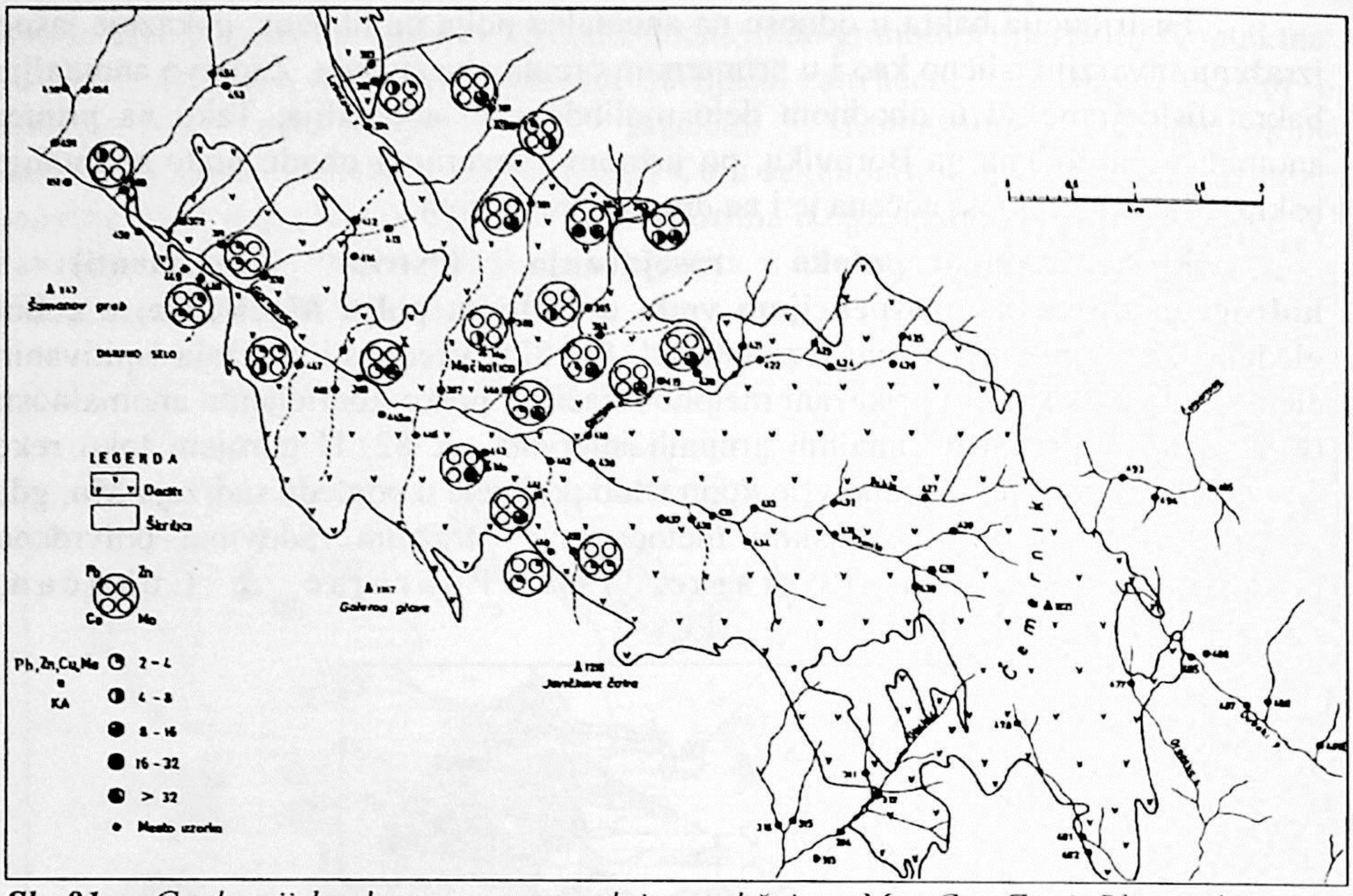
Distribucija bakra u odnosu na anomalna polja molibdena, pokazuje jasno izraženu inverziju, slično kao i u primarnom oreolu rasejavanja. Zapravo anomalije bakra dislocirane su u obodnom delu molibdenskih anomalija. Tako na primer anomaliju molibdena na Boroviku, po južnom i severnom obodu prate anomalije bakra. Slična zonalnost uočena je i na drugim prostorima.

Prospekcijom **potoka rasejavanja ("strim" sedimenti) i hidrogeohemijskom prospekcijom voda u rudnom polju Mačkatice,** u celini gledano, dobijeni su povoljni rezultati, (sl. 81, 82). Vrednosti sadržaja ispitivanih elemenata su klasirani i prikazani metodom tačaka, preko koeficijenta anomalnosti (KA, sl 81) i putem decimalnih grupnih intervala, sl. 82. U gornjem toku reke Garvanice, izdvojeno je jedno vrlo kontrastno područje u pogledu sadržaja Mo, gde je kasnije drugim prospekcijskim metodama i istražnim radovima potvrđeno prisustvo Mo-orudnjenja (Pokrajac, 1961; Pokrajac & Cukućan, 1972/73; Simić,1993)



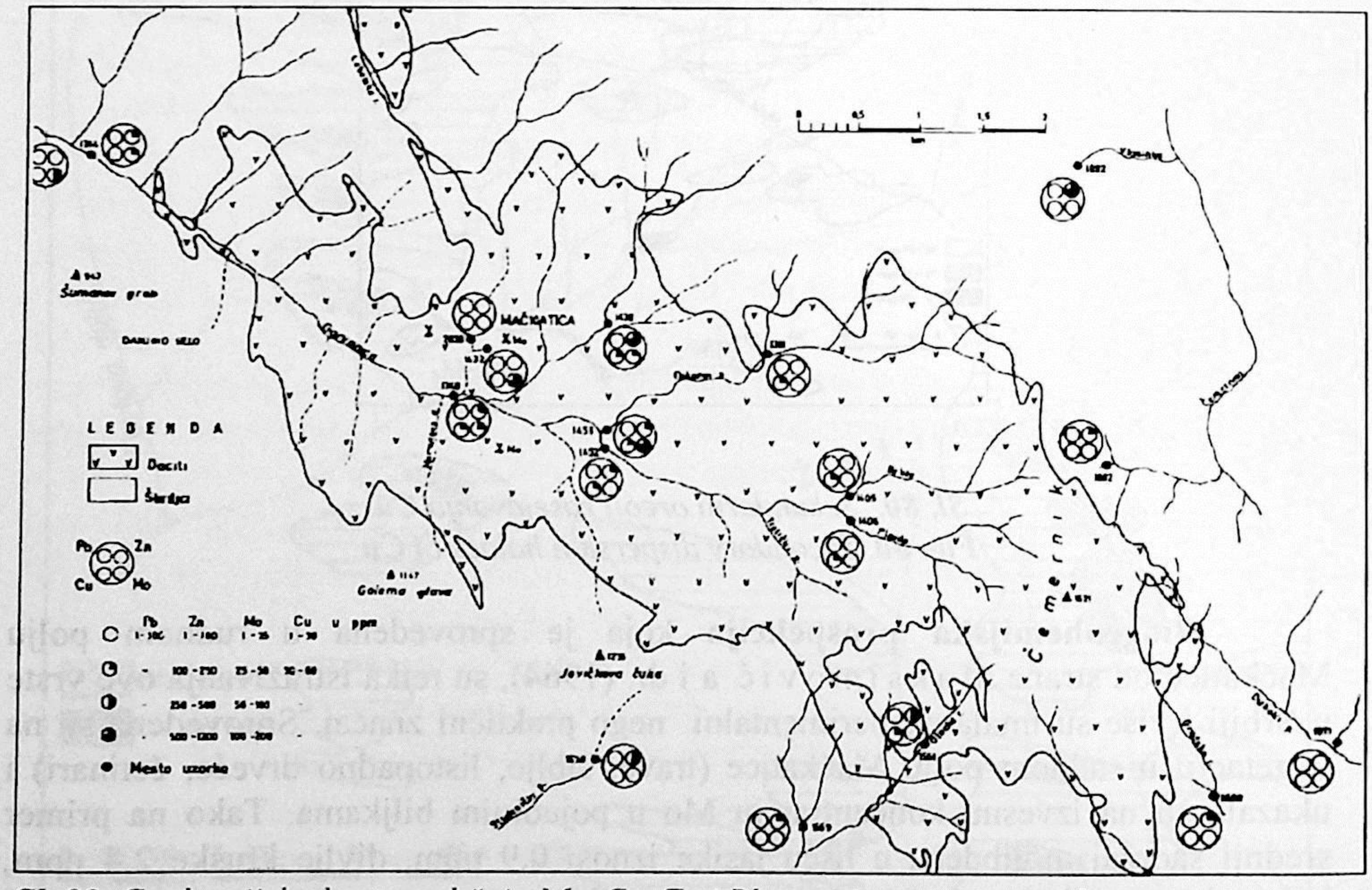
Sl. 80. *Sekundarni oreoli rasejavanja Cu*
Fig. 80*. Secondary dispersion haloes of Cu*

Biogeohemijska prospekcija koja je sprovedena u rudnom polju Mačkatice od strane Maksimović a i dr. (1964), su retka istraživanja ove vrste u Srbiji i više su imala eksperimentalni nego praktični značaj. Sprovedena su na vegetaciji u rudnom polju Mačkatice (trave, šiblje, listopadno drveće, četinari) i ukazala su na izvesnu koncentraciju Mo u pojedinim biljkama. Tako na primer srednji sadržaj molibdena u lišću jasike iznosi 0.9 ppm, divlje kruške 2.4 ppm, bukve iznad rudnog tela "A" 15 ppm, paprati 22 ppm, trave 34 ppm i četinara 5 ppm.



Sl. 81 *- Geohemijska karta sa anomalnim sadržajem Mo, Cu, Zn i Pb u glinovito-peskovitim ("strim") sedimentima (Simić, 1993).*

Fig. 81*. Geochemical map with anomalous content of Mo, Cu, Zn and Pb in stream sediments (Simić, 1993).*



Sl. 82*. Geohemijska karta sadržaja Mo, Cu, Zn i Pb u suvim ostacima voda.*

Fig. 82*. Geochemical map with anomalous content of Mo, Cu, Zn and Pb in dry water residue.*

Na kraju bi mogli reći da su ispitivanja geohenmijskih oreola rasejavanja od biogeohemijskih, kao eksperimentalnih ispitivanja, preko hidrogeohemijskih, metalometrijskih i litogeohemijskih ispitivanja dala dobre rezultate i omogućila jasno izdvajanje perspektivnih površina Mo-orudnjenja u rudnom polju Mačkatice. Proverom dobijenih anomalija, pogotovu primarnih oreola rasejavanja, otkrivene su nove rezerve Mo-rude na Boroviku, Kućišnjaku, Groznatovoj dolini i drugim lokalitetima (S i m i ć , 1990).

Geohemijski uslovi stvaranja i razmeštaja Mo-orudnjenja u rudnom polju Mačkatice

Geohemijski procesi u hidrotermalnim rudno-alteracionim sistemima zavisili su od sastava rastvora, sastava okolne stene i fizičko-hemijskih uslova sistema pre svega temperature i pritiska.

Deponovanje rudnih parageneza i alteracija stena su međusobno tesno povezani, zapravo predstavljaju različite manifestacije jedinstvenog hidrotermalnog procesa. Oba fenomena su vezana za evoluciju geohemijskih procesa pri hidrotermalnim aktivnostima, bilo u dovodnim kanalima bilo u bokovima u interakciji sa okolnom geološkom sredinom.

Proces alteracija stena, koji je u osnovi metasomatskog karaktera, započinje sa formiranjem hidrotermalnog sistema i kontuinirano se odvija u prerudnoj, rudnoj i postrudnoj fazi. Prema tome, deponovanje rude vezano je samo za jedan deo egzistencije hidrotermalnog sistema. Stoga je za potpuno definisanje ovih procesa, neophodno da se prouče i rudne parageneze i alteracije stena oko njih i posmatraju kao jedinstvena celina.

Mo-mineralizacije u rudnom polju Mačkatice su produkt endogenih procesa vezanih za rudne izvore tercijarnog magmatizma. Dosadašnja geološka proučavanja i pojedina ispitivanja apsolutne starosti potvrđuju u najvećem broju primera starost magmatizma i orudnjenja koja odgovara periodu oligo-miocenu (S i m i ć , 1997, 2001).

Petrohemijski magmatske stene Mačkatice pripadaju grupi silicijom prezasićenih stena, relativno bogatih alkalijama, a siromašne kalcijom. Ovakav karakter magmatizma prema K a r a m a t i (1974) ukazuje da su magme koje su dale ove stene nastale stapanjem dubokih nivoa kontinentalne sialične kore i delova gornjeg omotača.

Mo-orudnjenja u rudnom polju Mačkatice lokalizovana su u hidrotermalno izmenjenim dacitima, na kontaktu dacit-škriljac i u škriljcima, odnosno u alterisanim škriljcima koji su uklopljeni u dacitima. Kao rudonosne strukture, koje su obnavljane više puta, poslužile su zone razlamanja pružanja SZ-JI i ZSZ-IJI, a sredine deponovanja Mo-orudnjenja bile su rasedi, pukotine, prsline, kontaktne ravni, ravni škriljavosti i međuslojne površine. Ispitivanja su pokazala da je intenzitet hidrotermalnih promena i stepen orudnjavanja veći ukoliko je učestalost pukotina u prslinama u stenama veća. Takođe, evidentna je činjenica da su

povećane koncentracije Mo, odnosno molibdenita, uvek u asocijaciji sa silifikacijom i K-feldspatizacijom. Povećane sadržaje Mo skoro uvek prati nizak sadržaj Na_2O i povećan sadržaj K_2O, kao i visok koeficijent K_2O/Na_2O. Ovaj proces odnošenja Na_2O i privođenja K_2O, čiji se intenzitet odražava u parametru K_2O/Na_2O, je značajna geohemijska karakteristika u rudnom polju Mačkatice i tesno je povezana sa Mo-mineralizacijama.

Mada se određene parageneze izlučuju, zavisno od tektonike koja im je predhodila i koja je omogućila dovođenje hidrotermalnih rastvora, izvesni minerali koriste nekad, delimično, prsline duž kojih se već izlučila (u prethodnoj fazi) parageneza, vršeći pri tome skoro potpuno uništavanje iste. Karakterističan primer je pirita, koji predvodi paragenezu prslinskog volframita i koji je skoro potpuno uništio kubanitsko-valeritsku paragenezu (Vujanović, 1959).

Tektonski poremećaji, događali su se i u toku izlučivanja određene parageneze, što je dovodilo do prekida dovoda materijala. Tako je dobar deo pirita iz Pb-Zn parageneze presovan, čak potpuno zdrobljen i cementovan mlađim mineralima.

Neki minerali u rudnom polju Mačkatice prate sve, ili skoro sve, mineralne parageneze u većem ili manjem obimu. Takav je slučaj sa piritom, koji nikada ne izostaje, zatim sa kvarcom i delom ljuspastim hematitom (spekularitom).

Prema literaturnim podacima (Smirnov i dr., 1968; Jelenković, 1999) transport Mo- rudnih fluida odvijao se putem gasnohidrotermalnih rastvora, pri čemu su vodeću ulogu agensa prenosa, najverovatnije, imali hidroksilni kompleksi, zatim kompleksi tipa $Na_8/Si(Mo_2O_7)_6/$ i $/(Mo_6O_{20})^{4-}/^{6-}$ i B-Mo kompleksi. Ne isključuju se, međutim, i druge forme prenosa na što ukazuje prisustvo Cl, F i CO_2. Tako na primer, u relativno kiseloj sredini pri koncentraciji fluora od 10^{-3} mola/dm^3 rastvora, molibden može da se prenosi i u vidu fluoridnih i oksifluoridnih kompleksnih jona tipa MoO_3F^-. Sa povećanjem alkalnosti rastvora primat nad ovim jonima preuzimaju molibdat joni tipa MoO_4^{2-}.U zavisnosti od karakteristika geološke sredine u kojoj se proces odvija i fizičko-hemijskih osobenosti rudonosnih sistema, molibden može da se prenosi i u vidu tio- i oksimolibdata, zatim hidrosulfidmolibdatnih, oksihaloidnomolibdatnih, uranil-molibdatnih, silikomolibdatnih i brojnih drugih jedinjenja. Molibdati i oksitiomolibdati su najzastupljeniji oblici prenosa molibdena u sredinama koje su karakteristične za ležišta čije je stvaranje praćeno procesima K-metasomatoze i silifikovanja. Kristalizacija MoS_2 i njegovih primesa odvijala se u većim dubinama (od nekoliko stotina do 1.500 m) gde prema literaturnim podacima (Smirnov, 1972) vladaju pritisci od nekoliko desetina do preko 300 MPa, pri čemu su to u osnovi bili zatvoreni ili poluzatvoreni sistemi.

Na endogeno poreklo rudnih rastvora ukazuje više činjenica, a pre svega tesna prostorna i paragenetska povezanost sa vulkanitima granodioritskog sastava, izražena horizontalna i delom vertikalna zonalnost razmeštaja Mo, Cu, Zn, Pb, kao i izotopni sastav sumpora i olova. Njihova geohemijska povezanost izražena je ne samo preko zajedničke paragenetske veze sa tercijarnim magmatizmom, nego i preko mineralnih asocijacija i izgradnje zajedničkih minerala, pojedinih

mikroelemenata i oreola rasejavanja. To takođe svedoči ne samo o bliskim i istim putevima migracije nego i zajedničkim rudnim izvorima (S i m i ć , 1997, 2001).

U većini Mo – štokverkno-impregnacionih ležišta u svetu, prema F r o l o v u (1978) i P o k a l o v u (1982), najranije mineralizacije predstavljene su kvarc-feldspatskim i kvarcnim žilicama i sočivima sa retkim uprskanjima pirita, molibdenita i epidota. Smatra se, da su to produkti dorudne etape hidrotermalne delatnosti i nemaju praktičnog značaja. Temperatura obrazovanja ranog molibdenita kreće se u intervalu 730-450 °C.

Molibdenska orudnjenja obrazovala su se u drugoj (rudnoj) hidrotermalnoj fazi, koja se kod većine ležišta u svetu deli na dva do tri stadijuma. Prvi stadijum se karakteriše obrazovanjem žica i žilica krupnokristalastog kvarca sa krupnim pločastim molibdenitom i podređenom količinom volframita, pirita, halkopirita, pirotina, rutila, ponekad kubanita i valerita koje uklapa pirit. Osnovni deo molibdenita u rudnim telima, obično je predstavljen sitnozrnijim varijatetima obrazovanim u drugom stadijumu molibdenove etape izlučivanja. Temperatura obrazovanja molibdenita u ovoj fazi kreće se od 300-370 °C (F r o l o v , 1978; P o k a l o v , 1982). Volframova mineralizacija se razvila odmah iza molibdenove, a kvarcne žilice sa piritom i halkopiritom presecaju kvarc sa Mo-mineralizacijom.

Sa Pb-Zn mineralizacijom i kvarc-karbonatnim žilicama završava se rudni proces na molibdenovim ležištima. Za nju je karakteristična asocijacija: sfalerit, pirit, galenit, halkopirit, enargit, bornit, minerali bizmuta i srebra. Žični minerali predstavljeni su kvarcom, muskovitom, kalcitom, sideritom i dr. Temperatura obrazovanja polimetalične asocijacije je 150-250 °C.

U rudnom polju Mačkatice, prema do sada utvrđenim činjenicama, su se odigrali slični procesi lokalizacije Mo orudnjenja. M i l o v a n o v i ć & I l i ć (1953/54) razlikuju dva osnovna tipa mineralizacije, različite po starosti, po produktima koje su dale i po obimu prostiranja:

- Prva je kontaktno-pneumatolitska, sinhronična sa intruzijom dacita i vezana je za okolne stene, kristalaste škriljce i kvarcite i dala je ljuspasti hematit (spekularit) i pirit, a podređeno molibdenit i to uvek u koncentracijama koje nisu od praktičnog značaja.
- Druga glavna hidrotermalna, izvršena je posle konsolidacije dacita, i dala je glavni deo molibdenita u ovom rudnom polju. Za nju je vezano intenzivno silifikovanje i druge pojave hidrotermalne alteracije. Ona je zahvatila sve vrste stena dacite, kristalaste škriljce i kvarcite u obimu dacitske intruzije i predstavlja završnu fazu magmatskih zbivanja na ovom prostoru. Ti su procesi bili ograničeni na određene, pretežno tektonski uslovljene zone, zbog toga je i obim prostiranja hidrotermalnih produkata veći od obima kontaktno-metamorfnih produkata

Mo-orudnjenja u rudnom polju Mačkatice obrazovana su u dva stadijuma. Prvi stadijum karakteriše obrazovanje žica i žilica krupnokristalastog kvarca sa zrnastim molibdenitom, koji obrazuje usamljena zrna, ređe žilice, omanja gnezda ili prostranije zrnaste agregate u kojima su pojedina zrna sitna. Naročito

(molibdenit) je dobro razvijen u sunđerastim žicama i šupljikavim silifikovanim dacitima, zatim u škriljcima i krupnijim porama svih hidrotermalno mineralisanih stena. Ove okolnosti ukazuju da je zrnasti molibdenit stvaran u geohemijskoj sredini u kojoj je luženje mineralnih parageneza bilo usporeno i neometano živom cirkulacijom rastvora u glavnim dovodnim kanalima. Koncentracija molibdena često je znatna, ali je sama pojava manjeg prostranstva, a time i ekonomskog značaja.

Osnovni deo molibdenita, praćen kvarcom i piritom u rudnim telima na Mačkatici, predstavljen je ljuspastim, sitnozrnim varijetetima obrazovanim u drugom stadijumu molibdenove etape izlučivanja. Ljuspasti molibdenit najviše prati salbande složenih žica, dakle ona mesta u hidrotermalno mineralisanim stenama u kojima je cirkulacija hidrotermalnih rastvora bila veoma živa. Prema tome lučenje je ovde bilo osetno brže i što je naročito karakteristično, upravljeno u jednom određenom smeru. Ovaj oblik molibdenita najviše je rasprostranjen u svim rudnim telima u rudnom polju Mačkatice. Koncentracije molibdenita naročito su značajne u onim kvarcnim žicama koje leže u dacitu kao gust, često nepravilan splet. Njuhova debljina najčešće se kreće između 2 mm i 1 cm, retko se javljaju žice deblje od 1 cm, a izuzetno žice od 0.5 m. Pored kvarca i pirita u ovom stadijumu obilno je izlučen i K-feldspat i nešto slabije sericit.

Kod molibdenitskih parageneza u rudnom polju Mačkatice najverovatnije, posle izlučivanja glavne mase molibdenita, kvarca i pirita, usled tektonskih poremećaja dolazi do pritiska i do mešanja sva tri minerala, što često otežava njihovo paragenetsko raščlanjavanje. Pri tom molibdenit je često prekristalisao u sitnozrnu masu zajedno sa kvarcom ili potpuno samleven tako da se dobija utisak kao da je u amorfnom stanju. U ovim izmenjenim uslovima geohemijske sredine verovatno su nastali zemljast i "vezani" oblik molibdenita na Mačkatici.

U završnoj fazi hidrotermalno-rudno-alteracionih procesa na Mačkatici javljaju se kvarcne i kvarcno karbonatne žilice i žice sa halkopiritom, sfaleritom, galenitom, pirotinom, enargitom, bornitom i halkozinom.

Prema V u j a n o v i ć u (1956/57, 1959) u rudnom polju Mačkatice bilo je najmanje šest visokotemperaturnih faza praćenih odgovarajućim izlučivanjem minerala. Tu pre svega dolazi alkalna metasomatoza stena iza koje slede: valeritsko-kubanitska parageneza, parageneza prslinskog volframita, molibdenitska, zatim hematitsko-šelitska i najzad Pb-Zn-Cu parageneza.Temperatura obrazovanja ranog (prerudnog) molibdenita je iznad 450 °C, a temperatura obrazovanja polimetalične asocijacije je 150-250 °C.

U geohemijsku asocijaciju alteraciono izmenjenih škriljaca i dacita u rudnom polju Mačkatice ulaze sledeći elementi: Si, Fe, Mn, Mo, Cu, Zn, Pb, W, Ga, V, Y, Zr, Ni, Co, Sc, Cr, La, Ba, Sr, Yb, Rb, pri čemu se koncentracije pojedinih elemenata razlikuju ne samo između pojedinih rudnoalteracionih zona, već i u okviru jedne iste orudnjene zone, odnosno rudnog tela. Najintenzivnije su koncentracije elemenata i minerala u onim delovima koji su u toku hidrotermalne akcije imali funkciju hidrotermalnih kanala ili bili u njihovoj neposrednoj blizini.

Lateralno od najjačih izmena, tj. od kanala, intenzitet hidrotermalnih promena slabi, a time i koncentracija elemenata vezanih za ovaj proces.

Prema napred izloženom materijalu izvori rudne materije koji su putem hidrotermalnih rudonosnih rastvora dali Mo-orudnjenje u rudnom polju Mačkatice vode endogeno poreklo iz ognjišta koja su kao produkt dala vulkano-intruzivni kompleks granodioritskog sastava (Simić, 2001). Na osnovu uslova stvaranja, sredine deponovanja, prostorne i paragenetske veze sa subvulkanskim stenama ovog magmatizma, Mo-orudnjenja u genetskom smislu pripadaju grupi visokotemperaturnih hidrotermalnih ležišta, formiranih u subvulkanskim uslovima.

Sastav rudnih i alteracionih sistema i njihova korelacija

Rudne parageneze u rudnom polju Mačkatice bitno izgrađuju sulfidi, oksidi, silikati i karbonati, pri čemu su samo sulfidi i kvarc zastupljeni u svim paragenezama.

Sulfidi Fe, prvenstveno pirit, su značajno zastupljeni u svim, a sulfidi Mo, Cu, Zn i Pb značajnije samo u paragenezama glavne (rudne) faze hidrotermalne aktivnosti. Dok se sulfidi Mo (molibdenit) izlučuju na višim temperaturama, Pb, Zn, Cu su vezani za niže temperature stvaranja. Silikati su takođe zastupljeni u glavnoj fazi hidrotermalne aktivnosti.

Generalno uzev rudni sistemi su predstavljali sulfidno-silikatno-karbonatne hidrotermalne sisteme u kojima je u svim slučajevima bila visoka aktivnost SiO_2, Fe, Mo i S jona, s druge strane aktivnosti CO_2^{2-} i Cu^{2+}, Zn^{2+}, Pb^{2+} jona bile su nešto izraženije u kasnijim fazama hidrotermalne aktivnosti.

Prethodna razmatranja ukazuju da su i alteracioni sistemi u osnovi bili hidrotermalni silifikatno-sulfidno-karbonatni sistemi koje su bitno karakterisale aktivnosti istih jona: SiO_2, Fe^{2+}, S, CO_2^{2-} kao i K^+ jona. Aktivnosti sulfidnog i Fe^{2+} jona su bile visoke u svim slučajevima, CO_2^{2-} podređeno u kasnijoj fazi.

U svim alterisanim sistemima u rudnom polju Mačkatice K^+ je bio dominantan bazni katjon, te su u alteraciji oko svih parageneza zastupljeni K-minerali alteracioni ili relikti primarnih. Aktivnosti Na^+ i Ca^{2+} jona su bile nedovoljne za stabilisanje Na i Ca silikata (Ca je delom zadržan samo u alteracionim sistemima sa visokom aktivnošću CO_2^{2-} u vidu kalcita). Visoki sadržaji K i niski Na u celom alteracionom pojasu oko svih parageneza u rudnom polju Mačkatice ukazuju da su aktivnosti K^+ jona, odnosno količnik aktivnosti K^+/Na^+ jona, bili neprekidno visoki. Parametar K/Na bitno karakteriše geohemijsku sredinu u ispitivanom području i tesno je povezan sa Mo-orudnjenjem.

Drugim rečima alteraciono-rudni sistemi obrazovani tokom hidrotermalne aktivnosti u rudnom polju Mačkatice su se odlikovali visokom aktivnošću Fe^{2+}, S, K^+ i H^+ jona i SiO_2, a u glavnim fazama hidrotermalne aktivnosti i rudnim metalima, prvenstveno Mo.

Kao rezultat uticaja hidrotermalnih rastvora na okolne stene u rudnom polju Mačkatice javljaju se različiti produkti - novostvoreni minerali i mineralne asocijacije:

Silifikacija hidrotermalno promenjenih stena u rudnom polju Mačkatice je najrasprostranjenija pojava. Javlja se u vidu kvarca, ređe kalcedona. Alteracioni kvarc je zastupljen u svim tipovima alteracije, a naročito masovno biva oboren u rudnoj hidrotermalnoj fazi u blizini gde se izdvajaju sulfidi (molibdenit, pirit) metala iz rastvora.

Alteracioni K-feldspat je u tesnoj vezi sa Mo-orudnjenjem odnosno molibdenitom. Zastupljena su dva tipa K-feldspata: metasomatski i izlučen direktno iz rastvora, u oba slučaja najverovatnije se radi o adularu, ređe ortoklasu.

Sericitska alteracija je takođe jedan od najrasprostranjenijih promena u rudnom polju. Osnovnu mineraloško asocijaciju predstavljaju sericit i kvarc, praćeni promenljivim udelom pirita. Prostorno i paragenetski je vezana sa izdvajanjem rudnih minerala, poglavito pirita, nešto manje halkopirita i molibdenita.

Osnovne mineralne komponente u argilitskoj alteraciji su ilit i kaolinit, praćeni promenljivim udelom sericita i kvarca. U supergenim uslovima njima može da se pridruži i alunit.

U zonama intenzivne alteracije minerali argilitske grupe beže u spoljne zone alteracionog pojasa. Mestimično se zapaža da ilit potiskuje hlorit i neobiotit.

Stvaranje hlorita na račun raznih minerala je široko rasprostranjena pojava u procesima hidrotermalne alteracije okolnih stena. Alteracioni hlorit je zastupljen u spoljnom delu alteracionog pojasa.

Karbonatizacija se uglavnom manifestuje sitnozrnim agregatima kalcita, ređe siderita i Mn karbonata. Epidotizacija je kao hidrotermalni proces izmena primarnih minerala stena veoma malo zastupljena. Ispitivanja su pokazala da se karbonatizacija i epidotizacija zajedno sa hloritizacijom, javljaju u spoljnom delu alteracionog pojasa, odnosno orudnjenih zona.

Ostale hidrotermalne promene: albitizacija, biotitizacija, muskovitizacija, zeolitizacija, alunitizacija i hematitizacija imaju podređen značaj i ekstenzivno rasprostranjenje.

Piritizacija je jedan od značajnijih alteracionih procesa u rudnom polju Mačkatice. Pirit je prisutan u svim hidrotermalnim zonama, odnosno on je izlučivan zajedno sa kvarcom u svim fazama hidrotermalne aktivnosti. Ispitivanjem je utvrđeno da je količina pirita najveća u orudnjenim zonama, odnosno da je najveća količina pirita zajedno sa molibdenitom izlučena u glavnoj rudnoj fazi hidrotermalne aktivnosti.

Na osnovu napred izloženog može se uočiti da je proces deponovanje rudnih parageneza i alteracija stena međusobno tesno povezana. Raspored alteracionih minerala i rudnih parageneza jasno ukazuje na njihov zonalan raspored u rudnom polju Mačkatice. Zbog retke mreže ispitivanih proba, a time i nedostatka

odgovarajućih podataka, ne može se detaljno sagledati prostorni raspored alteracionih promena za pojedina Mo-rudna tela i mineralizovane zone.

Međutim, na sl. 65 gde je prikazan intenzitet zastupljenosti pojedinih alteracionih minerala iznad deset procenata od ukupne mase stena, jasno se ističu i dominiraju silifikacija, K-feldspatizacija i sericitizacija, Upoređujući ove mineraloške oreole sa koncentracijama sadržaja, odnosno oreolima Mo i drugih ispitivanih elemenata, u rudnom polju Mačkatice se izdvajaju dve hidrotermalno-metasomatske zone karakteristične po alteracionim i rudnim mineralima: unutrašnja u kojoj dominiraju silifikacija i K-feldspatizacija sa značajnim koncentracijama Mo, odnosno molibdenita i spoljašnja sericitska zona sa povećanom koncentracijom Cu, kako u primarnim, tako u sekundarnim oreolima rasejavanja. Bakar u ovoj zoni, najvećim delom, potiče od pirita, ređe od žilica halkopirita, enargita i bornita, a prostorno i vremanski, pre je vezan za polimetaličnu Pb-Zn, nego Mo mineralizaciju.

LECKI ANDEZITSKI MASIV

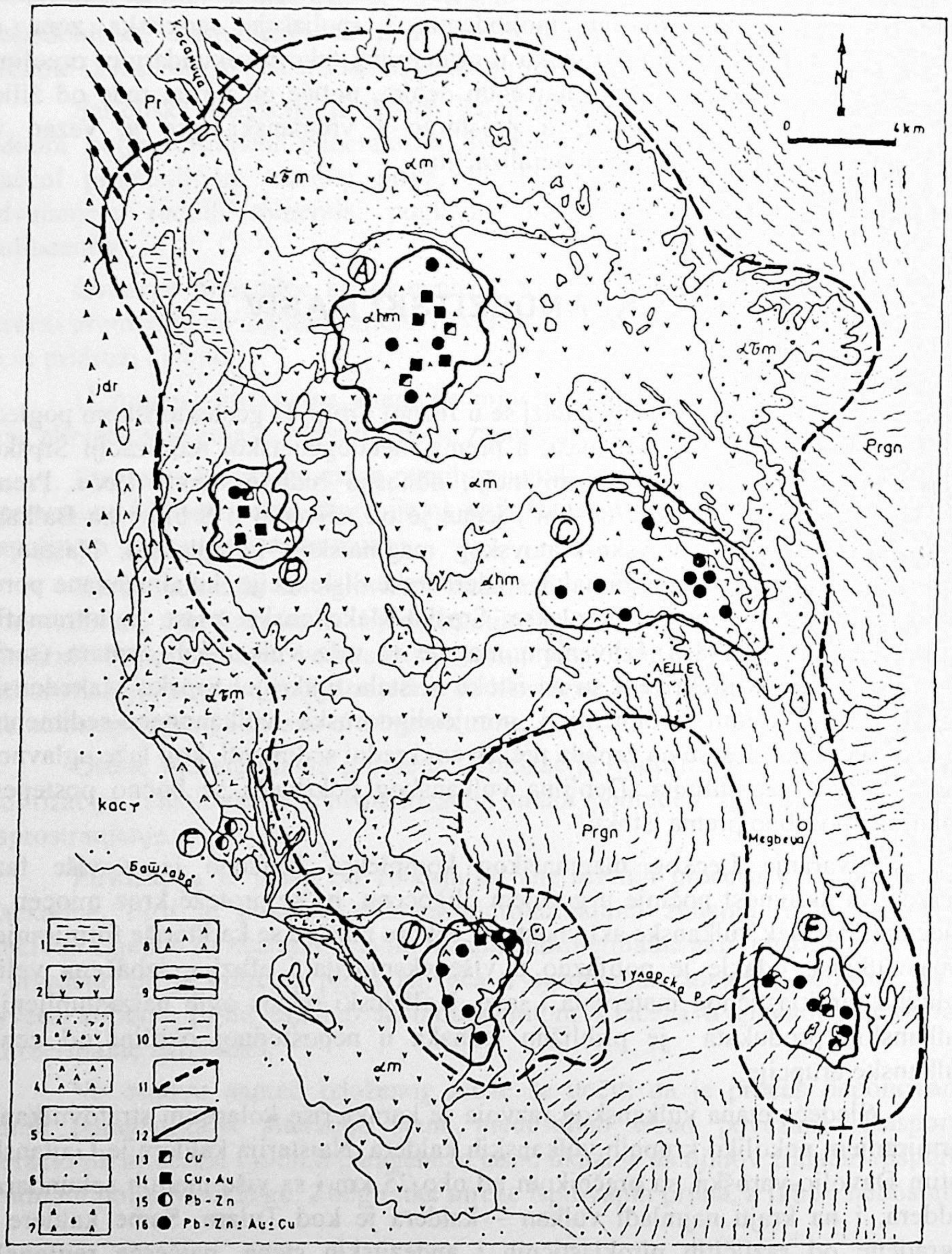
Lecki andezitski masiv nalazi se u Južnoj Srbiji. U geotektonskom pogledu pripada Srpsko-Makedonskoj masi, a prema metalogenetskoj reonizaciji Srpsko-Makedonskoj metalogenetskoj provinciji, odnosno rudnom reonu Lece. Prema površini koju pokriva (oko 700 km^2) jedan je od najvećih u Srbiji i na Balkanu (posle Timočkog i Zletovsko-kratovskog magmatskog kompleksa). Nastao je utiskivanjem magme duž regionalne – Merdarske dislokacije, lokaliuzovane pored zapadnog oboda donjeg kompleksa Srpsko-Makedonske mase i ultramafita Vardarske zone (sl. 83). Izlivanjem magme iz više vulkanskih centara (serije piroklastita i lava) prekriveni su na istoku kristalasti škriljci Srpsko-Makedonske mase, delom kredni sedimenti i gornjooligocenska vulkanogeno-sedimentna asocijacija stena, dok su na zapadu prekriveni kredni sedimenti, koji leže uglavnom preko jurskih serpentinita. Debljina vulkanskog pokrivača se bočno postepeno smanjuje, posebno prema istoku.

Stvaranje Leckog magmatskog kompleksa izvršeno je u više faza. Vulkanska aktivnost počinje u gornjem oligocenu, pa se proteže kroz miocen do pliocena. Početak vulkanske aktivnosti u Leckom masivu se karkteriše formiranjem stratovulkana, odakle je polifazno u više eksplozija i efuzija, izbačena velika količina piroklastičnog materijala i lave. Količinski odnos ovih najzastupljenijih vulkanskih produkata je približno jednaka u neposrednoj okolini od centra vulkanske erupcije.

Sledeća etapa vulkanskog razvoja se karakteriše kolapsom stratovulkana i formiranjem nekoliko krupnih vulkanskih kaldera. Najstarija kaldera je Gajtanska, zatim Đavoljo-varoška, sa prečnikom od oko 25 km i sa više manjih sekundarnih kaldera, i na kraju najmlađi vulkan – kaldera je kod Tulara. Same kaldere su izgrađene od različitih piroklastičnih i andezitskih stena, najčešće regionalno

promenjenih pod uticajen vulkanskih gasova i para (silifikovanje, hloritisanje, delom sericitisanje, piritisanje i argilitisanje).

Prema petrohemijskom sastavu, vulkanizam Leckog andezitskog masiva je dosta uniforman i jednoličan, odnosno posmatrano u celini sve stene pokazuju veliku bliskost u hemijskom sastavu. Srednji sadržaj oksida dobijen analizom proba (22) je sledeći: 59.08% SiO_2; 0.59% TiO_2; 16.74% Al_2O_3; 4.23% Fe_2O_3; 1.46% FeO; 0.07% MnO; 2.87% MgO; 6.03% CaO; 3.07% Na_2O; 2.33% K_2O; 0.30% P_2O_5; 1.56% H_2O^+; 0.91% H_2O^- , (Serafimovski, 1993).



***Sl. 82a**. Geološki sastav i metalogenetske jedinice u rudnom reonu Lece (Serafimovski, 1993)*

1. Neogeni sedimenti, 2. Andeziti, 3. Dacitsko-andezitski tufovi, 4. Hidrotermalno izmenjeni dacito-andeziti, 5. Andezit-rožnačka formacija, 6. Kredni fliš, 7. Dijabaz-rožnačka formacija, 8. Dijabazi, doleriti i spiliti, 9, Serija zelenih škriljaca, 10. Gnajsevi, 11. Granica rudnog reona, 12. Granica rudnih polja, 13. Ležišta i pojave bakra (žični tip), 14. Ležišta i pojave bakra (porfirski tip), 15. Ležišta i pojave olova i cinka (žični), 16. Ležišta i pojave olova i cinka sa ili bez bakra i zlata-žični tip (kvarcno-brečaste zone), I – Rudni reon Lece, A – Rudno polje Đavolja varoš, B – Rudno polje Kravarske planine, C – Rudno polje Lece-Brajšor, D – Rudno polje Tulare, E – Rudno polje Sijarinska Banja, F – Rudno polje Dražnja

***Fig. 82a .Geological and** principal metallogenic units in the Lece ore District (Serafimovski, 1993)*

1. Neogene sediments, 2. Andesite, 3. Dacite-andesitic tuff, 4. Hydrothermally altered dacite-andesite, 5. Andesite-chert formation, 6. Cretaceous flish, 7. Diabase-hornstein formation, 8. Diabase, dolerite, spillite, 9. Ironstone schists, 10. Gneisses, 11. Boundary of the ore district, 12. Boundary of the ore field, 13. Copper deposits and occurrences –vein type, 14. Copper deposits and occurrences – porphyry copper type, 15. Lead-zink deposits and occurrences – vein type, 16. Polymetallic mineralization – quartz-brecciated zones. I –Lece ore district, A – Djavolja Varoš ore field, B – Kravarske planine ore field, C – Lece-Brajšor ore field, D – Tulare ore field, E – Sijarinska Banja ore field, F- Dražnja ore field.

U geološki sastav Leckog masiva, kao glavni predstavnici ulaze andeziti, a zatim slede trahiti, latiti, daciti, andezit-bazalti i njihovi piroklastiti (sl. 82a). **Razločiti predstavnici andezita** čine osnovnu masu vulkanita, odnosno učestvuju sa oko 50% u ukupnoj građi masiva. Udeo dacita, trahita, latita, andezit – bazalta i drugih je vema ograničen u Leckom masivu. Treba istaći da je sa andezitima u ovom vulkanskom kompleksu prostorno i paragenetski vezana rudna mineralizacija Pb, Zn, Cu, Au i drugih elemenata.

Piroklastiti su posle andezita najzastupljeniji član vulkanskih tvorevina u Leckom masivu. U ukupnoj građi masiva učestvuju sa oko 40%. Najintenzivnije su zastupljeni u obodnim delovima masiva, a u vidu nepravilnih, izolovanih masa su otkriveni u celom masivu. Sastav piroklastita čine uglavnom vulkanski tufovi i breče, znatno ređe aglomerati, vulkanske bombe i dr. U pojedinim lokalnostima piroklastiti su intenzivno tektonski poremećeni, hidrotermalno izmenjeni i orudnjeni.

Lecki andezitski masiv se odlikuje složenom strukturno-tektoskom građom u kojoj dominiraju razlomne zone i structure vulkanskih aparata. Svakako, najmarkantnije na ovom prostoru su regionalne razlomne zone, Merdarska na zapadu i Tupalska dislokacija u istočnom delu masiva. Ove dve krupne rupturne zone imaju karakter dubinskih razloma, više puta su obnavljane i služile su kao dovodni kanali za intrudovanje magmi i orudnjenja na ovom području.

Od struktura nižeg reda posebno su značajne rasedne structure pravca pružanja SSZ-JJI, SZ-JI i I-Z za koje je vezano formiranje orudnjenih kvarc-

čine podlogu vulkanitima. Pored andezita, kao proboji u vidu tankih žica, zapaženi su i dioritporfiriti.

Nešto povišen sadržaj bakra (0.27%), zlata (0.29 g/t), srebra (1 g/t), molibdena (23 ppm), olova (130 ppm), cinka (140 ppm) i pirita (4-10%), javlja se u okviru prostora čija je površina 0.2 km^2, a rezerve iznose oko 80 000 000 tona rude. Halkopirit, kao osnovni nosilac bakra obrazuje brojne tanke žilice u hidrotermalno promenjenim andezitima i škriljvcima, ali u celini preovlađuju impregnacije. Pored halkopirita, mineralnu asocijaciju čini još pirit, često i magnetit, dok je udeo molibdenita neznatan, a galenit, sfalerit i tetraedrit su vrlo retki. Enargit i bornit se samo mestimično uočavaju, a zlato je, pretežno, vezano sa halkopiritom.

Od hidrotermalnih promena preovlađuje biotitizacija i sericitizacija sa silifikacijom u središnim delovima, dok po obodu preovlađuje argilitisanje i epidotisanje. Između razmeštaja alteracija i mineralnih asocijacija uočava se određena korelativnost.

Za ovu lokalnost od posebnog metalogenetskog interesa je pojava grajzenizacije otkrivena i nekim bušotinama. Grajzeni su predstavljeni kvarc-topaznom facijom, uz učešće turmalina, fluorita i u njemu se zapaža visok udeo litijuma (do 200 ppm). Uz grajzenizaciju se javljaju i mineralne pojave kasiterita, volframita i molibdenita. U obodnim delovima mineralizovanih andezita sa marginalnim sadržajem bakra zapažaju se značajne mase masivnih pirita sa primesama galenita i kalcita.

Rudno polje Kravarske planine. - U domenu Kravarskih planina istraživanja bakra su vršena u lokalnostima Prljuša i Kravarska reka (Fotić & Jadranin, 1988; Janković,1990). Bakronosna mineralizacija štokverkno-impregnacionog tipa obrazovana je u hidrotermalno promenjenim andezitima duž zona razlamanja i tektonskih breča. Takve zone strmo padaju, široke su od 70-100 m i u njima se mogu izdvojiti delovi sa povišenim sadržajem bakra i niskim sadržajem molibdena. U do sada istraživanim zonama izdvojeno je više delova čija debljina varira od 2-10 m, izuzetno više. Po pružanju mineralizovane zone su praćene do 0.8 km. U blizini se javljaju i kvarc-brečaste zone sa pojavama sulfida olova i cinka.

Od hidrotermalnioh promena zastupljena je piritizacija, silifikacija, argilitizacija, sericitizacija, ređe hloritizacija i karbonatizacija, a lokalno se uočava biotitizacija i turmalinizacija. Mineralna parageneza obuhvata halkopirit i pirit, pri čemu pirit daleko preovlađuje, zatim magnetit, retko pirotin, galenit, sfalerit, tetraedrit i lokalno molibdenit. Kvarc i kalcit su osnovni nerudni minerali, a mestimično se zapaža i siderit.

Sadržaj bakra je uglavnom ispod 0.1%, retko 0.2-0.4%, olova i cinka ispod 0,1%, molibdena 10-50 ppm, zlata 0.1-0.9 g/t, srebra 1-3 g/t. Od interesa je spomenuti još udeo kalaja do 20 ppm, koji obično preti sadržaj molibdena, kao i povišen udeo volframa u nekim delovima mineralizovanog prostora (50-250 ppm, ponegde 30-50 ppm u intervalu od preko 150 m). Povišen sadržaj kalaja i volframa

mogao bi se dovesti u vezu sa turmalinizacijom i pojavom grajzenizacije, slično kao u Tularima. Inače mineralizacije bakra se vezuju sa hidrotermalmim rastvorima duž zone razlamanja, slično kao kod kvarc-brečastih zona sa Pb-Zn mineralizacijom, samo što je sredina kroz koju su prolazili bila izrazito piritisana. Porfirski tip mineralizacije bi mogao da se veže za najvuše nivoe kvarcdioritske intruzije. Prema Jankoviću (1990) ukoliko je došlo do obrazovanja takvog tipa mineralizacije u domenu Kravarskih planina i Đavolje varoši (Raskrsnica), onda bi to moglo biti samo u znatno većim dubinama, od onih koje su do sada zahvatane istražnim radovima. U tom slučaju bi se pojave bakrove mineralizacije u zonama razlamanja mogle smatrati nekom vrstom nadrudnih manifestacija bakronosne porfirske mineralizacije obrazovane u dubljim delovima terena.

Rudno polje Đavolja varoš. - U predelu Đavolje varoši u lokalnostima Žuta bara, Raskrsnica i Žuta reka, štokverkno-impregnacioni tip orudnjenja, slično kao i u Kravarskoj planini obrazovan je u rasednim zonama u hidrotermalno izmenjenom andezitu. Debljima bakronosnih zona je veoma promenljiva od 2-70 m, a sa nešto većom koncentracijiom bakra, najčešće, nekoliko matara.

Okolne stene su silifikovane, sericitisane, argilitisane, delom i hloritisane, sa lokalnim pojavama K-feldspata i biotitizacije, turmalinisanja i epidotisanja. Od minerala dominantni su pirit i halkopirit, a lokalno su zapaženi i magnetit, sasvim retko pirotin, zatim galenit, sfalerit, bornit, enargit, arsenopirit, a od nerudnih kvarc i kalcit.

Sadržaj bakra u mineralizovanim rasednim zonama je nizak, pretežno ispod 0.2-0.3%. Udeo olova i cinka je ispod 0.1%, dok je sadržaj molibdena oko 20 ppm (najčešće 5-10, retko preko 30 ppm).

Mogli bi zaključiti da su do sada istraživane bakrove mineralizacije u Leckom andezitskom masivu, sa molibdenom, zlatom i srebrom, kao pratećom elementima, na vrlo niskom stupnju istraženosti i da su ekonomski malo značajne, u prvom redu zbog niskih sadržaja bakra i načina njegovog pojavljivanja u prostoru. Sve bakrove pojave na ovom prostoru po mineralnom sastavu, asocijaciji elemenata, kao i načinu pojavljivanja vrlo su slične.

čine podlogu vulkanitima. Pored andezita, kao proboji u vidu tankih žica, zapaženi su i dioritporfiriti.

Nešto povišen sadržaj bakra (0.27%), zlata (0.29 g/t), srebra (1 g/t), molibdena (23 ppm), olova (130 ppm), cinka (140 ppm) i pirita (4-10%), javlja se u okviru prostora čija je površina 0.2 km^2, a rezerve iznose oko 80 000 000 tona rude. Halkopirit, kao osnovni nosilac bakra obrazuje brojne tanke žilice u hidrotermalno promenjenim andezitima i škriljvcima, ali u celini preovlađuju impregnacije. Pored halkopirita, mineralnu asocijaciju čini još pirit, često i magnetit, dok je udeo molibdenita neznatan, a galenit, sfalerit i tetraedrit su vrlo retki. Enargit i bornit se samo mestimično uočavaju, a zlato je, pretežno, vezano sa halkopiritom.

Od hidrotermalnih promena preovlađuje biotitizacija i sericitizacija sa silifikacijom u središnim delovima, dok po obodu preovlađuje argilitisanje i epidotisanje. Između razmeštaja alteracija i mineralnih asocijacija uočava se određena korelativnost.

Za ovu lokalnost od posebnog metalogenetskog interesa je pojava grajzenizacije otkrivena i nekim bušotinama. Grajzeni su predstavljeni kvarc-topaznom facijom, uz učešće turmalina, fluorita i u njemu se zapaža visok udeo litijuma (do 200 ppm). Uz grajzenizaciju se javljaju i mineralne pojave kasiterita, volframita i molibdenita. U obodnim delovima mineralizovanih andezita sa marginalnim sadržajem bakra zapažaju se značajne mase masivnih pirita sa primesama galenita i kalcita.

Rudno polje Kravarske planine. - U domenu Kravarskih planina istraživanja bakra su vršena u lokalnostima Prljuša i Kravarska reka (Fotić & Jadranin, 1988; Janković,1990). Bakronosna mineralizacija štokverkno-impregnacionog tipa obrazovana je u hidrotermalno promenjenim andezitima duž zona razlamanja i tektonskih breča. Takve zone strmo padaju, široke su od 70-100 m i u njima se mogu izdvojiti delovi sa povišenim sadržajem bakra i niskim sadržajem molibdena. U do sada istraživanim zonama izdvojeno je više delova čija debljina varira od 2-10 m, izuzetno više. Po pružanju mineralizovane zone su praćene do 0.8 km. U blizini se javljaju i kvarc-brečaste zone sa pojavama sulfida olova i cinka.

Od hidrotermalnioh promena zastupljena je piritizacija, silifikacija, argilitizacija, sericitizacija, ređe hloritizacija i karbonatizacija, a lokalno se uočava biotitizacija i turmalinizacija. Mineralna parageneza obuhvata halkopirit i pirit, pri čemu pirit daleko preovlađuje, zatim magnetit, retko pirotin, galenit, sfalerit, tetraedrit i lokalno molibdenit. Kvarc i kalcit su osnovni nerudni minerali, a mestimično se zapaža i siderit.

Sadržaj bakra je uglavnom ispod 0.1%, retko 0.2-0.4%, olova i cinka ispod 0,1%, molibdena 10-50 ppm, zlata 0.1-0.9 g/t, srebra 1-3 g/t. Od interesa je spomenuti još udeo kalaja do 20 ppm, koji obično preti sadržaj molibdena, kao i povišen udeo volframa u nekim delovima mineralizovanog prostora (50-250 ppm, ponegde 30-50 ppm u intervalu od preko 150 m). Povišen sadržaj kalaja i volframa

mogao bi se dovesti u vezu sa turmalinizacijom i pojavom grajzenizacije, slično kao u Tularima. Inače mineralizacije bakra se vezuju sa hidrotermalmim rastvorima duž zone razlamanja, slično kao kod kvarc-brečastih zona sa Pb-Zn mineralizacijom, samo što je sredina kroz koju su prolazili bila izrazito piritisana. Porfirski tip mineralizacije bi mogao da se veže za najvuše nivoe kvarcdioritske intruzije. Prema Jankoviću (1990) ukoliko je došlo do obrazovanja takvog tipa mineralizacije u domenu Kravarskih planina i Đavolje varoši (Raskrsnica), onda bi to moglo biti samo u znatno većim dubinama, od onih koje su do sada zahvatane istražnim radovima. U tom slučaju bi se pojave bakrove mineralizacije u zonama razlamanja mogle smatrati nekom vrstom nadrudnih manifestacija bakronosne porfirske mineralizacije obrazovane u dubljim delovima terena.

Rudno polje Đavolja varoš. - U predelu Đavolje varoši u lokalnostima Žuta bara, Raskrsnica i Žuta reka, štokverkno-impregnacioni tip orudnjenja, slično kao i u Kravarskoj planini obrazovan je u rasednim zonama u hidrotermalno izmenjenom andezitu. Debljima bakronosnih zona je veoma promenljiva od 2-70 m, a sa nešto većom koncentracijiom bakra, najčešće, nekoliko matara.

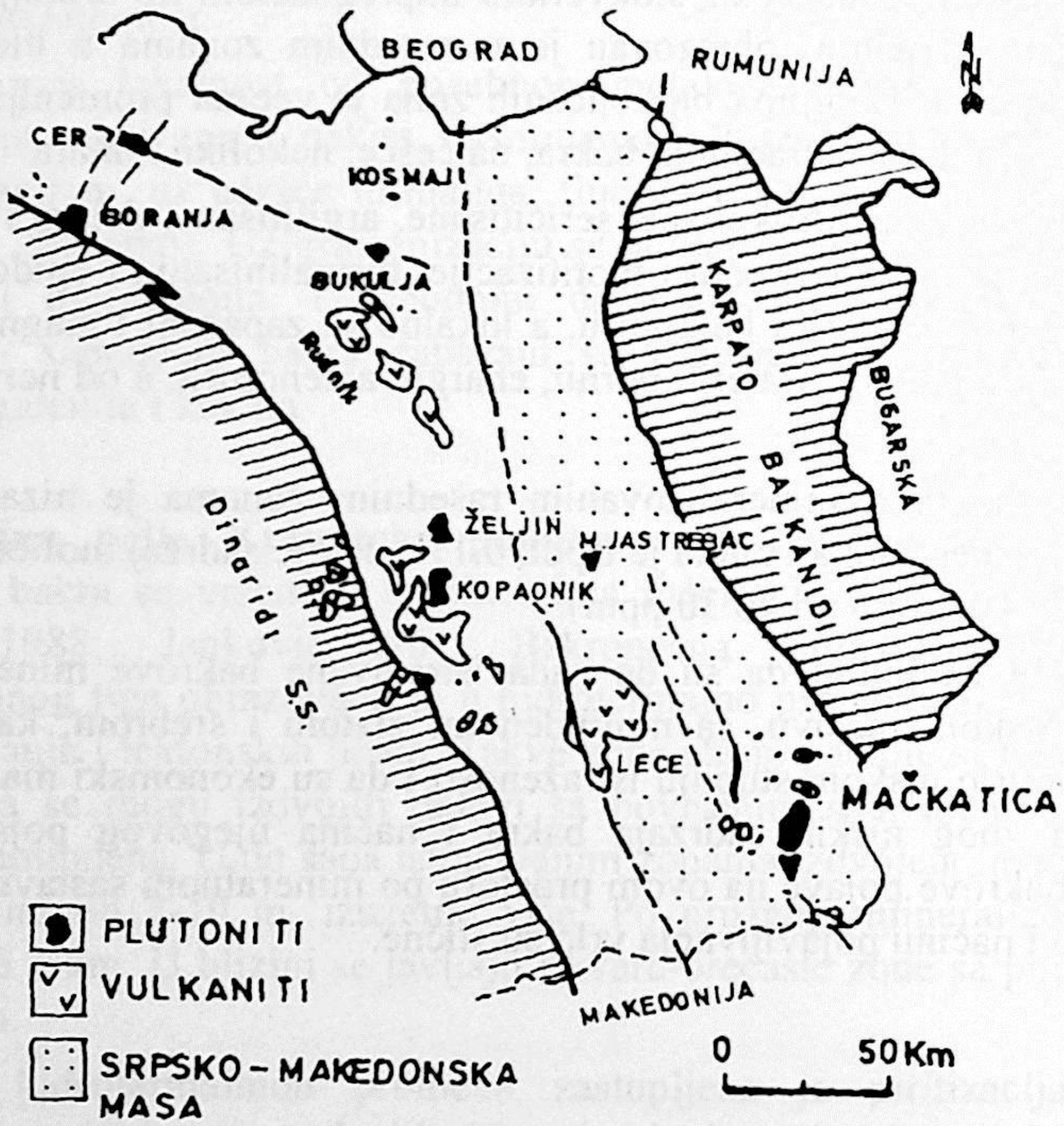
Okolne stene su silifikovane, sericitisane, argilitisane, delom i hloritisane, sa lokalnim pojavama K-feldspata i biotitizacije, turmalinisanja i epidotisanja. Od minerala dominantni su pirit i halkopirit, a lokalno su zapaženi i magnetit, sasvim retko pirotin, zatim galenit, sfalerit, bornit, enargit, arsenopirit, a od nerudnih kvarc i kalcit.

Sadržaj bakra u mineralizovanim rasednim zonama je nizak, pretežno ispod 0.2-0.3%. Udeo olova i cinka je ispod 0.1%, dok je sadržaj molibdena oko 20 ppm (najčešće 5-10, retko preko 30 ppm).

Mogli bi zaključiti da su do sada istraživane bakrove mineralizacije u Leckom andezitskom masivu, sa molibdenom, zlatom i srebrom, kao pratećom elementima, na vrlo niskom stupnju istraženosti i da su ekonomski malo značajne, u prvom redu zbog niskih sadržaja bakra i načina njegovog pojavljivanja u prostoru. Sve bakrove pojave na ovom prostoru po mineralnom sastavu, asocijaciji elemenata, kao i načinu pojavljivanja vrlo su slične.

VARDARSKA ZONA

Srpsko-makedonska masa i Vardarska zona, kao dve krupne geotektonske jedinice u okviru Srpsko-makedonske metalogenetske provincije, razlikuju se u tektonskom stilu i litostratigrafskoj građi, što je imalo uticaja i na metalogeniju molibdena i drugih elemenata. Zajednička osobina ove dve geotektonske jedinice, ogleda se u prisustvu tercijarnog vulkanogeno-intruzivnog kompleksa za koji su prostorno, genetski i paragenetski povezana najznačajnija ležišta i pojave Pb, Zn, Cu, Mo, i drugih elemenata.



Sl. 83. *Vardarska zona, Srpsko-makedonska masa i tercijarni magmatski kompleksi u Srbiji*

Fig. 83. *Vardar zone, Serbo-Macedonien mass and Tertiary magmatic complex in Serbia in Serbia*

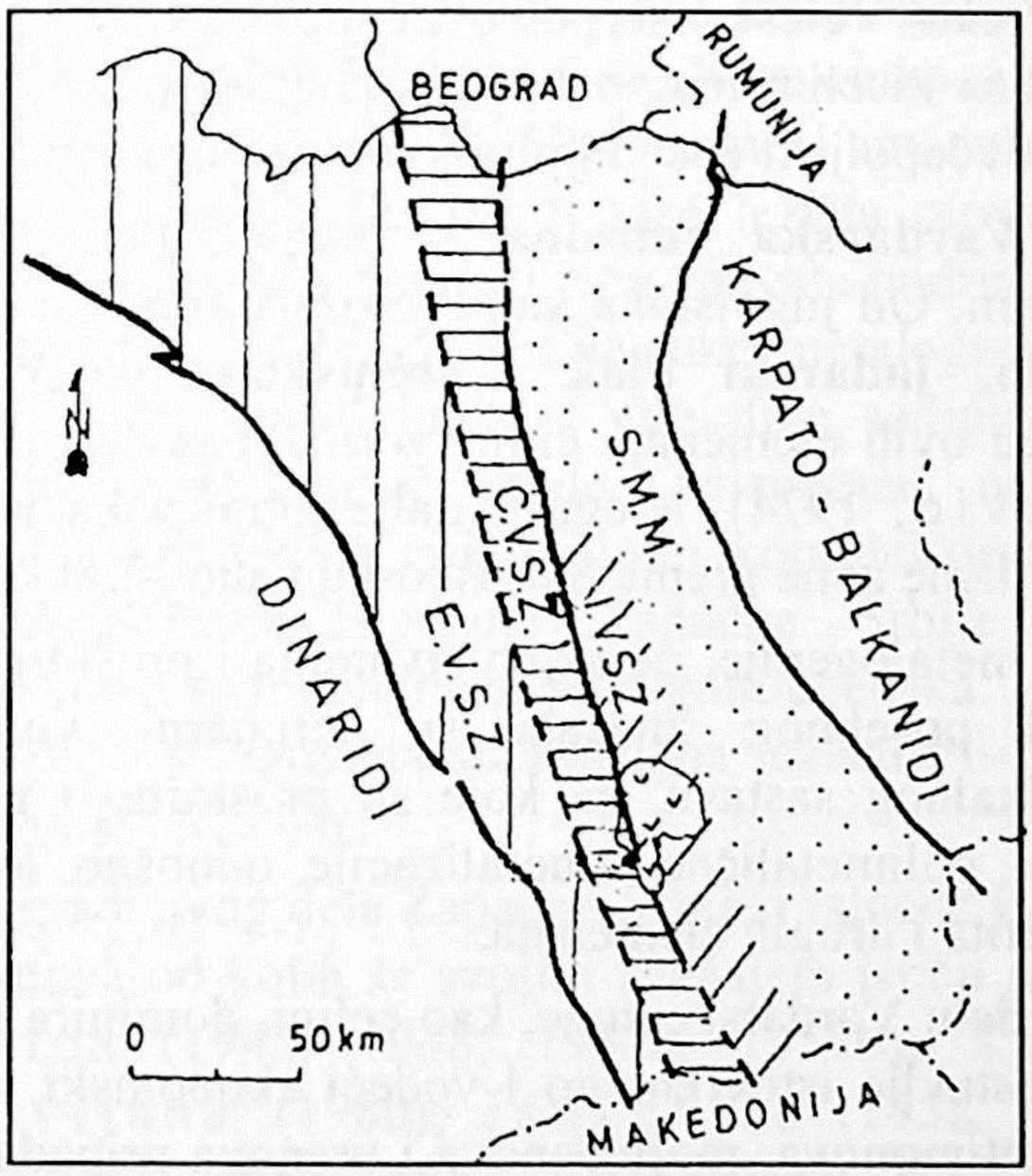
Vardarska zona se prostire srednjim delom Balkanskog poluostrva (sl. 83). Predstavlja labilnu riftogenu zonu koja se na severu proteže do Beograda, a na jugu preko Makedonije i Grčke tone u Egejsko more i verovatno se nastavlja u Maloj

Aziji - zona Izmir-Ankara (Grubić, 1974,1980; Janković, 1990; Dimitrijević, 1971,1974, 1995; Karamata, 1974 1983, 1995; Milovanović, 1958; Serafimovski, 1993, 1995; Ivanov i dr., 1987; Arsovski & Petković, 1975; Arsovski & Dumurdzanov, 1995). Na istoku i na zapadu jasno se izdvaja od SMM i Dinarida, odnosno Pelagonskog masiva. Na teritoriji Srbije Vardarska zona je duga preko 350 km, pri srednjoj širini od oko 75 km. Razvoj Vardarske zone, prema razvijenosti geoloških formacija može se pratiti, uglavnom, od hercinskog ciklusa.

Posebno tektonsko obeležje Vardarske zone je da ona predstavlja domen zatvaranja, uglavnom tokom jure, tetijskog okeana, zapravo za vreme jure na njenom prostoru formiran je rift sa okeanskim tipom zemljine kore koji je zatvoren krajem jure i početkom krede.

Ofiolitski kompleksi koji imaju veoma široko rasprostranjenje u Vardarskoj zoni su prodiukt jurske okeanske kore i njene evolucije. Pored gabro-peridotitskih kompleksa, javljaju se i vulkanogeno-sedimentni članovi ofiolita, odnosno dijabaz-rožnačka formacija sa lokalnim intruzijama gabro-plagiogranita. Pri zatvaranju Tetisa dolazi do obdukcije okeanske kore preko trijaskih sedimenata (sjajni škriljci u području Kopaonika), Janković, 1990; Grubić, 1995.

U zavisnosti od geološke građe Vardarska zona je podeljena na tri subzone (podzone): internu, centralnu i eksternu (Dimitrijević, 1974, 1995), odnosno istočnu, centralnu i zapadnu podzonu (Ivanov i dr., 1987), sl. 84.



Sl. 84. *Položj subzona u okviru Vardarske zone*
SMM. – Srpsko-makedonska masa, IVSZ. – Interna Vardarska subzona, CVSZ. – Centralna Vardarska subzonz, EVSZ.- Eksterna Vardarska subzona.
Fig. 84*. Position of subzones with in Vardar zone*
SMM. – Serbian-Macedonian mass, IVSZ. – Inner Vardar subzone, CVSZ. – Central Vardar subzone, EVSZ. – Outer Vardar subzone.

Interna Vardarska subzona predstavlja preraden obod SMM. Granica prema Centralnoj vardarskoj subzoni je vidljiva i po promeni facija i po podacima geofizike. Istočna granica preme SMM, samo se delimično može povući, tako da u dobrom delu, postojanje ove subzone podleže sumnji, kaže Dimitrijević (1995). U geološkoj građi interne subzone učestvuju gnajsevi, mikašisti i amfiboliti, zatim trijaski sedimenti i jurski baziti i ultrabaziti sa stenama dijabaz-rožnačke formacije, kredni i paleogeni sedimenti.

Posebna karakteristika interne subzone je široko razviće tercijarnog kalko-alkalnog magmatizma, čiji su produkti pretežno andeziti i njihovi piroklastiti, ređe kvarclatiti i daciti, koji se javljaju na kontaktu SMM i ultramafita Vardarske zone. U ovom delu Vardarske zone dominira Lecki andezitski masiv sa Novobrdko-strezovačkim kompleksom.

Centralna Vardarska subzona predstavlja stisnut mobilni pojas, posebno istaknut od Kragujevca do Prištine u obliku donjokrednog flišnog troga sa podlogom od jurske-dijabaz rožnačke formacije i ofiolita (Dimitrijević, 1974, 1995). Sa zapada i istoka donjokredni trog je ograničen dubinskim regionalnim razlomima pružanja SSZ-JJI, markiranim kompleksima bazita. Donjokredna sedimentacija počinje klastičnom bazom nestalne debljine, koja se nastavlja flišoidnim sedimentima, sve do u gornju kredu. Moguće je da se taloženje nastavlja i kroz senon (Dimitrijević, 1974).

Od Prištine, na jug prema Kumanovu i Velesu, Vardarska zona ima nešto drugačiju građu. Preko Veleške serije, ovde leži verovatno trijas, zatim jurski ofiolitski kompleks sa kiselim magmatima i obodnim krečnjacima, neflišni turon, mestimično senon, ovčepoljski eocen i plio-kvartarni vulkaniti.

Eksterna Vardarska subzona se sastoji od nekoliko područja sa različitom evolucijom. Od jugoistoka ka severozapadu to su: **kopaonički blok sa studeničko plasom, jadarski blok i sremsko-slavonski blok**. Zajedničku jugozapadnu granicu ovih elemenata čini Zvornički šav, koji je jasan do Kosova Polja (Dimitrijević, 1974). Njegova dalja granica ka jugu prolazi istočnim obodom kačaničke flišne zone prema Skopsko-kumanovskoj kotlini.

Sa aspekta metalogenije, odnosno stvaranja i prostornog rasporeda rudnih mineralizacija, od posebnog značaja su tercijarni vulkanogeno-intruzuvni kompleksi kalko-alkalnog sastava, za koje su prostorno i genetski-paragenetski vezane, najveći broj, polimetalične mineralizacije, odnosno, ležišta i pojave olova, cinka, bakra, magnetita i drugih elemenata.

U srpskom delu Vardarske zone, kao celini, dominira olovo-cinkova rudna formacija koja predstavlja istovremeno i vodeći ekonomski tip, a ostala ležišta i pojave kao što su antimonova, molibdenova i uranova pripadaju drugorazrednim i nižim kategorijama u generalnom metalogenetskom profilu zone. I pored ovako izražene zakonomernosti postoje i neke razlike u pojedinim segmentima Vardarske zone.

U **Kopaoničkoj rudnoj oblasti** koja zauzima eksterne delove Vardarske zone dominantna je Pb-Zn formacija (Trepča, Belo Brdo, Koporić) sa nizom

pratećih metala (Bi, Ag, Au, Cd i dr). Antimonova i molibdenova ležišta su od drugorazrednog metalogenetskog i ekonomskog značaja.

U Šumadijskoj rudnoj oblasti poznato je više Pb-Zn ležišta i pojava sa pratećim: Bi, Ag, Cd i drugim metalima u području od Kraljeva do Beograda (Kotlenik, Rudnik, Kosmaj, Avala). Pb-Zn ležišta i pojave smeštena su u centralnom delu zone, a zapadno od njih pronađeno je više uranovih pojava, a još zapadnije nekoliko antimonovih pojava (Takovo, Rudovci). Sb-pojave poznate su i istočno od rudnog pojasa Pb-Zn, u domenu Crnog Vrha. Na taj način razmeštaj rudnih formacija u šumadijskoj oblasti je zonalan (Pb-Zn, U, Sb). U ekonomskom pogledu Sb i U – mineralizacije su manjeg značaja.

U Podrinjskoj rudnoj oblasti pored Sb i Pb-Zn pojava i ležišta, koja imaju slične metalogenetske atribute sa orudnjenjima u kopaoničkoj i Šumadijskoj zoni, prisutni su i predstavnici polimetalnih i bakrovih orudnjenja prealpskih metalogenetskih epoha nejasnog genetskog tipa, vezana sa jurskim bazičnim magmatskim kompleksom u domenu Boranja – Maljen (Lajkovača, Tolišnica i dr.).

PODRINJSKI METALOGENETSKI REON

Podrinjski metalogenetski reon obrazovan je u severoistočnom obodu Dinarida, odnosno u zapadnoj Srbiji. Kontrolisan je razlomima SSI-JJZ, a izdvojeno je i nekoliko prstenastih struktura. Ovaj metalogenetski reon predstavlja jedan od vrlo značajnih prostora u pogledu ruda olova, cinka, a pogotovu antimona. Zbog toga je ovo područje bilo objekat dugotrajne i intenzivne eksploatacije u prošlosti i savremenoj rudarskoj delatnosti više ležišta olova, cinka, antimona, gvožđa i dr. Prostorno ovaj metalogenetski reon zahvata područje koje se nalaze na "prelazu" između Srpsko-makedonske i Dinarske metalogenetske provincije. U geološkoj građi ovog području javljaju se raznolike sedimentne i metamorfne tvorevine paleozoika, trijasa, jure, krede, paleogena, neogena i kvartara. Magmatske stene su predstavljene granitoidnim kompleksima Boranje i Cera i dacito-andezitsko-kvarclatitskim stenama Zapadne Srbije (rejon Zajače) i Srebrenice u Bosni. Starost ovih magmata je oligomiocenska. U vezi sa neogenom magmatskom aktivnošću, obrazovana su značajna ležišta Pb-Zn, Sb, Fe, fluorita, kao i brojne pojave Cu, Bi, Mo i W.

O geološkoj građi ovog dela Zapadne Srbije i Istočne Bosne, postoji znatan broj publikovanih radova od kojih se svojim značajem ističu radovi Urošević a (1899, 1903; Simića (1946, 1948, 1957a, 1957b); Karamate (1955); Karamate & Divljana (1980); Jankovića (1958, 1967); Divljana (1983); Tomića (1962, 1966, 1967, 1975-1978); Kubata i dr. (1977); Mojsilovića i dr. (1977) i Erića & Ćirić Aleksandre (2001)

U okviru Podrinjskog metalogenetskog reona, izdvajaju se kao metalogenetske jedinice nižega reda, rudna polja Cera, Boranje i Srebrenice. Pošto se rudne pojave molibdena javljaju u području granodioritskog masiva Boranje, to će naša pažnja, u daljem tekstu biti svedena na ovo rudno polje.

BORANJSKO RUDNO POLJE

Boranjsko rudno polje, u kome dominira granodioritski masiv Boranje, predstavlja najinteresantniji deo podrinjskog rudnog reona, sl. 85. Brojna ležišta u ovom rudnom polju su nastala u vezi sa subvulkansko-plutonskim intruzijama jedinstvenog magmatskog kompleksa Boranje. Kao rezultat evolucije hidrotermalnih fluida, koji su u vezi sa magmatskim kompleksima, izdvojene su različite mineralne parageneze. U okviru ove metalogenetske jedinice, jasno je istaknuta zonalnost razmeštaja pojedinih mineralnih parageneza, odnosno ležišta i rudnih pojava, kontrolisana u prvom redu promenama pritiska, temperature i stepenom izdiferenciranosti rudonosnih fluida. Brojna endogena ležišta, nastala u širokom temperaturnom dijapazonu pod specifičnim uslovima, bila su predmet istraživanja i eksploatacije još od davnina, o čemu svedoče srednjovekovni radovi. U novijim vremenima pored antimonovih, olovo-cinkovih i magnetitskih ruda, u ovom području se odvija eksploatacija i nemetaličnih mineralnih sirovina - barita i fluorita. Novijim istraživanjima otkriveno je više ležišta i pojava rude bakra, volframa, molibdena, bizmuta i žive.

Raspored kontaktno-metasomatskih ležišta i pojava u području granitoidnog masiva, javlja se kao posledica opšteg geološkog sastava i usko je vezana sa formiranjem boranjskog intruziva. U cilju jasnije predstave o uslovima lokalizacije ležišta, neophodno je dati osnovne karakteristike geotektonskog sklopa proučavanog područja.

Geološka građa rudnog polja Boranje

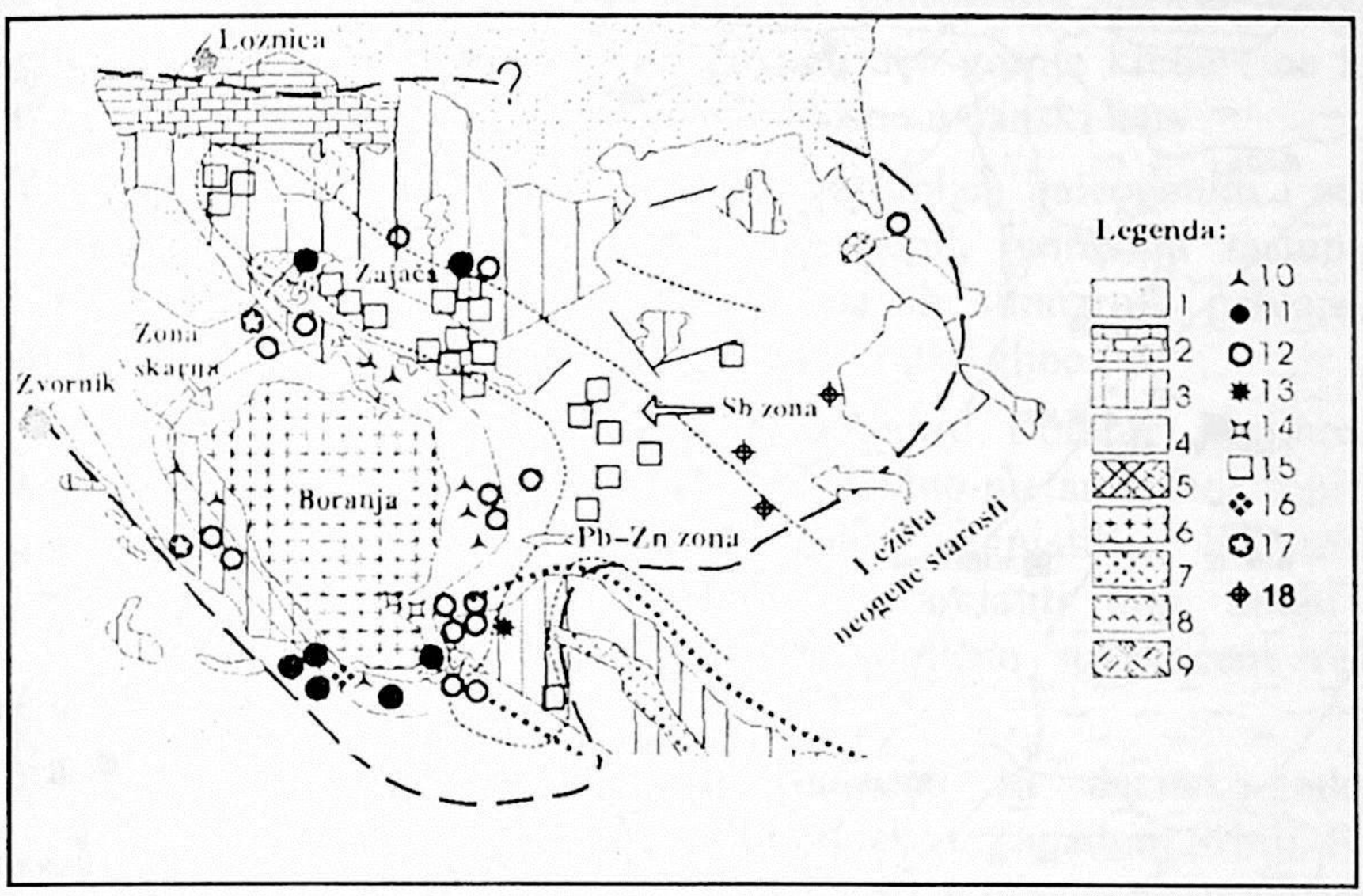
Područje rudnog polja Boranja, izgrađuju mlađepaleozojske (permo-karbonske) tvorevine, zatim kompleks kvarcno-sericitskih škriljaca permotrijasa, škriljci donjeg i krečnjaci i dolomiti srednjeg trijasa, i vulkansko-sedimentne stene dijabaz-rožnačke formacije. Tercijarne magmatske stene podrazumevaju granodiorite, zatim, granite, monconite, kvarcdiorite i brojne žice (aplitske i lamprofirske) i efuzivne ekvivalente (dacito-andezite, kvarclatite), sl. 85, 86.

Permokarbonski metamorfiti su razvijeni dvojako: **drinskom facijom,** koju čine kvarciti, zeleni škriljci, filiti, peščari i krečnjaci i **jadarskom facijom** argilošista, peščara, krečnjaka, glinenih škriljaca i dolomita. Sedimenti drinske facije, izgrađuju južne i jugozapadne padine Boranje, a stene jadarske facije koje su od drinskog paleozoika odvojene vencem podrinjskih planina, rasprostranjene su u istočnim i severnim predelima Boranje. Bitna razlika između drinske i jadarske oblasti je u razviću paleozoika i trijasa.

Permotrijaski kompleks kvarcita i sericitskih škriljaca, izgrađuje uzani pojas u zapadnom delu intruziva. Za vreme trijasa, depozicione prilike nisu bile iste u drinskoj i jadarskoj oblasti. U drinskoj oblasti, početkom trijasa, nastupila je transgresija pa se preko ubranih paleozojskih tvorevina trensgresivno taložili

donjetrijaski klastiti, koje naviše smenjuju škriljavi peščari i glineni škriljci, a ove kristalasti krečnjaci.

U jadarskoj oblasti postoji postepen prelaz između fosilonosnih krečnjaka gornjeg perma i donjeg trijasa. Viši deo donjotrijaske sukcesije izgrađen je od liskunovitih peščara, glinenih škriljaca i slojevitih krečnjaka koji se vertikalno smenjuju. Naviše slede dolomiti i dolomitični krečnjaci pa zatim krečnjaci sa rožnacima ladinskog kata, sa kojima se završava trijas u ovoj oblasti.



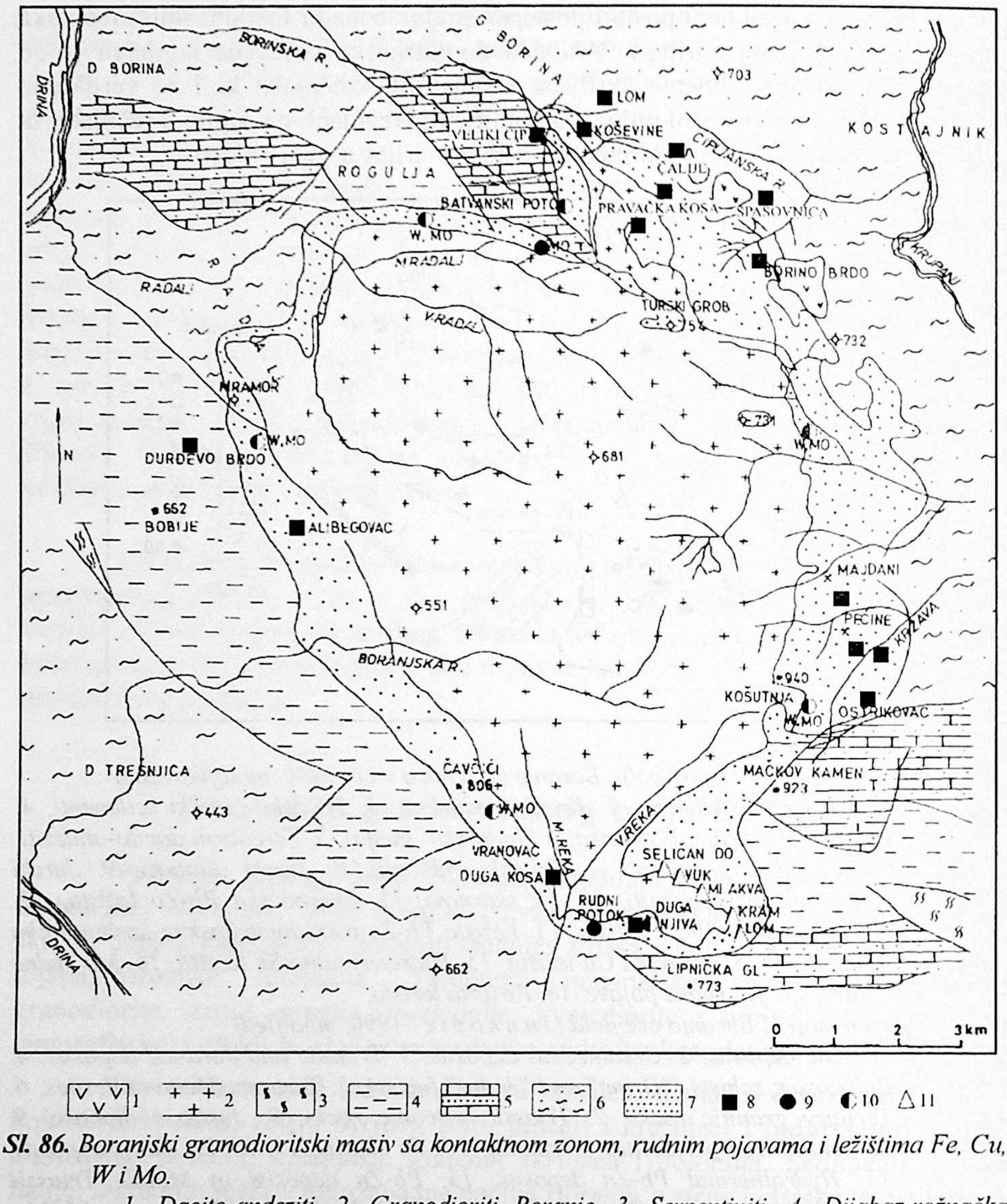
Sl. 85. *Pregladna karta rudnog polja Boranje (J a n k o v i ć, 1990, modifikovano)*
1. Tercijarni sedimenti, 2. Kredni sedimenti, 3. Trijaski i jurski sedimenti, 4. Paleozojski škriljci ("drinska" i "jadarska' facija), 5. Tercijarni dacito-andeziti, 6. Tercijarni granitoidi, 7. Trijaski vulkaniti, 8. Jurski dijabazi, 9. Jurski serpentinisani peridotiti, 10. Fe skarnovi, 11. Skarnovska Pb-Zn ležišta, 12. Hidrotermalna Pb-Zn ležišta, 13. Ležišta Pb-Zn u srednjetrijaskim karbonatnim stenama, 14. Skarnovska Cu ležišta, 15. Hidrotermalna Sb ležišta, 16. Mo rudne pojave, 17. Hg rudne pojave, 18. Piritska ležišta,

Fig. 85. *Sketch map of Boranja ore field (J a n k o v i ć , 1990, modified)*
Triassic deposits, 2. Creataceous deposits, 3. Triassic and Jurassic deposits, 4. Palaeozoic schists ("Drina" and "Jadar" facies), 5. Tertiary dacite-andesites, 6. Tertiary granitic rocks, 7. Triassic volcanic rocks, 8. Jurassic diabase, 9. Serpentinitized peridotites (Jurassic), 10. Fe skarns, 11. Pb-Zn skarn deposits, 12. Hydrothermal Pb-Zn deposits, 13. Pb-Zn deposits in Middle Triassic calcareous rocks, 14. Cu skarn deposits, 15. Hydrothermal Sb deposits, 16. Mo-ore occurrences, 17. Hg-ore occurrences, 18. Pyrite deposits.

Za vreme srednjeg trijasa u Podrinjskim planinama došlo je na više mesta do vulkanske aktivnosti, koja se manifestovala izlivanjem porfiritskih lava i obrazovanjem većih ili manjih masa porfirita, vulkanskih breča i tufova.

Tvorevine jure otkrivene su na severnim i zapadnim padinama Boranje, a javljaju se u dugačkim, uzanim, isprekidanim zonama, koje se pružaju od

severozapada ka jugoistoku. Konstatovani su serpentiniti, gabrovi, rodingiti i neraščlanjene tvorevine dijabaz-rožnačke formacije.



Sl. 86. *Boranjski granodioritski masiv sa kontaktnom zonom, rudnim pojavama i ležištima Fe, Cu, W i Mo.*

1. Dacito-andeziti, 2. Granodioriti Boranje, 3. Serpentiniti. 4. Dijabaz-rožnačka formacija, 5. Trijaski sedimenti, 6. Metamorfiti paleozoika, 7. Kontaktna oreola, 8 Rudne pojave Fe, 9. Rudne pojave Mo, 10. Rudne pojave W, Mo, 11. Rudne pojave Cu.

Fig. 86. *Boranja granodiorite massive with contact zone and Fe, Cu, W and Mo ore occurrences and deposits.*

1. Dacite-andezites, 2. Boranja granodiorites, 3. Serpentinites, 4. Diabase-chert Formation 5. Triassic deposits, 6. Palaeozoic metamorphic rocks, 7. Contact aureole, 8. Fe-ore occurrences, 9. Mo-ore occurrences, 10. W, Mo-ore occurrences, 11. Cu-ore occurrences.

Dijabaz-rožnačka formacija javlja se u više zona. Najveća i po pružanju najduža zona počinje na ušću Radaljske reke u Drinu i pruža se duž zapadne i jugozapadne strane Boranje. U njoj preovlađuju glinci i rožnaci, a javljaju se i peščari, serpentiniti, dijabazi, melafiri, spiliti, krečnjaci, filiti, kvarciti i druge stene. Deo formacije neposredno uz granodiorite Boranje kontaktno je metamorfisan.

Gornja kreda je predstavljena tvorevinama turona i senona. Turanski sedimenti izgrađeni su od rudistnih krečnjaka, preko kojih leže krečnjaci i vapnoviti peščari deponovani u mastrihtu, kada transgresija dostiže maksimum i more zapljuskuje čitavu Zapadnu Srbiju. Završni deo gornje krede čine klastični sedimenti mastrihta, koji prelaze u paleogen, odnosno u danski kat.

Tercijar je na proučavanom području zastupljen paleogenim i neogenim sedimentima i magmatskim stenama. Od paleogenih tvorevina zastupljeni su eocenski sedimenti, glinci sa proslojcima pločastih sitnozrnih peščara, zatim peskoviti krečnjaci, konglomerati, kvarcni peščari i retke gline.

Tercijarne magmatske stene čine granodioriti Boranje i njihovi žični pratioci koji se javljaju pri obodu masiva i u kontaktno-metamorfnoj zoni. Glavni njihovi predstavnici su granodioritporfiriti, apliti, pegmatiti i lamprofiri. Od izlivnih stena izdvojeni su dacito-andeziti i kvarclatiti koji imaju znatno rasprostranjenje na proučavanom području. Mestimično su praćeni većom ili manjom količinom piroklastita.

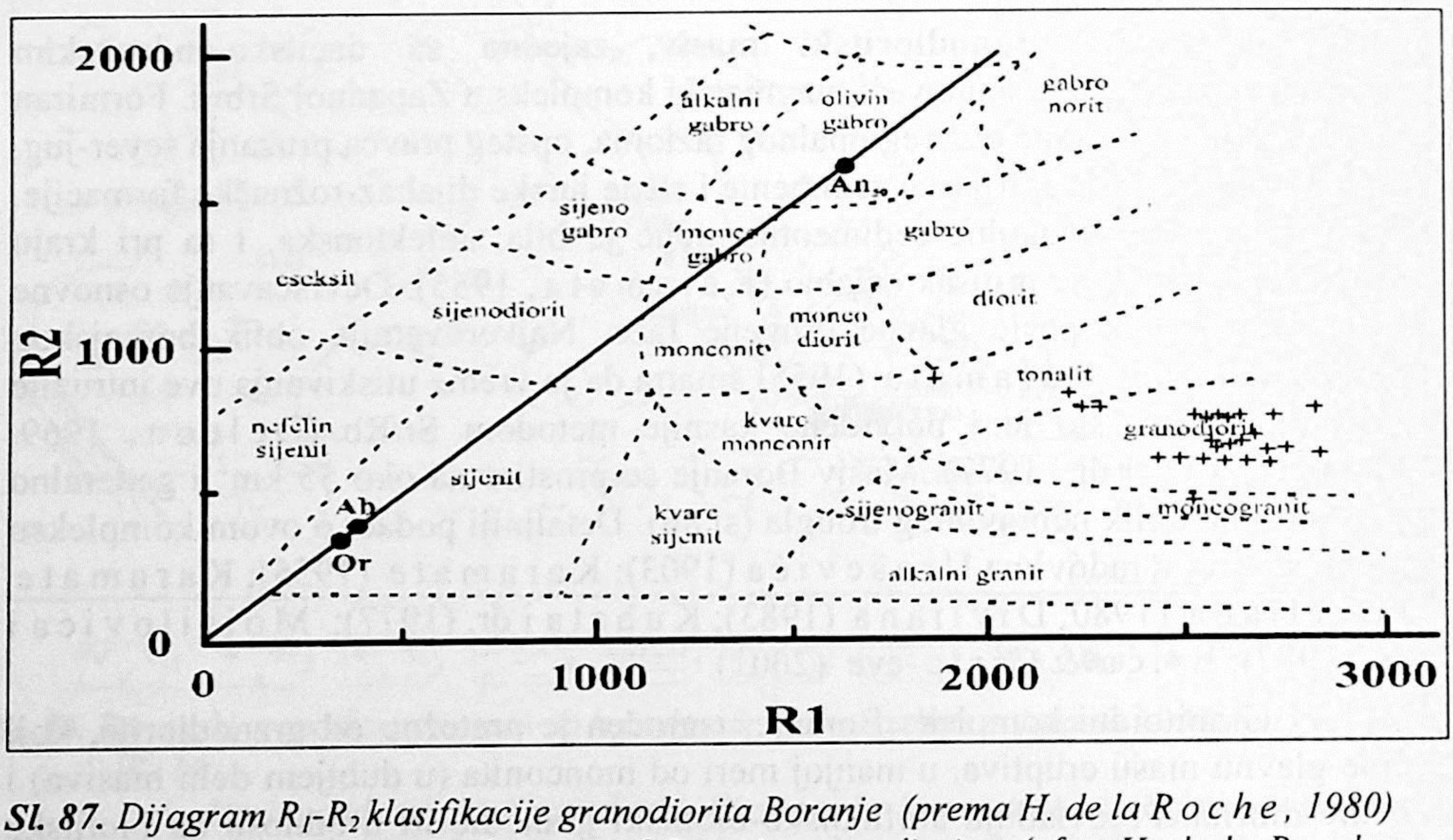
Boranjski granodioritski masiv, zajedno sa dacitsko-andezitskim stenama koje ga prate, je najveći magmatski kompleks u Zapadnoj Srbiji. Formiran je utiskivanjem magme duž regionalnog razloma, opšteg pravca pružanja sever-jug, u paleozojske škriljce, trijaske sedimente i stene jurske dijabaz-rožnačke formacije. Intruzija magme u okolne sedimentne stene je bila sintektonska, i to pri kraju orogene faze kada je pritisak oslabio (Karamata, 1955). Očvršćavanje osnovne mase je bilo tek posle glavne orogene faze. Najverovatnije oblik boranjskog plutona je fakolit. Karamata (1955) smatra da je vreme utiskivanja ove intruzije oligomiocensko, što je i potvrđene kasnije metodom Sr/Rb (Deleon, 1969, Mojsilović i dr., 1977). Masiv Boranje se prostire na oko 55 km^2 i generalno gledano ima oblik nepravilnog trougla (sl.86). Detaljniji podaci o ovom kompleksu mogu se naći u radovima Urošević a (1903); Karamate (1955); Karamate i Divljana (1980; Divljana (1983); Kubata i dr. (1977); Mojsilovića i dr. (1977); Erića & Ćirić-eve (2001).

Granitoidni kompleks Boranje, izgrađen je pretežno od granodiorita, koji čine glavnu masu eruptiva, u manjoj meri od monconita (u dubljem delu masiva) i kvarc-diorita. Preovlađuju amfibolsko-biotitski granodioriti u odnosu na biotitske granodiorite. Izgrađeni su od kvarca, plagioklasa, kalijskog feldspata, amfibola i biotita sa akcesornim ortitom, sfenom, cirkonom i neprovidnim metaličnim mineralima. Akcesorni minerali čine 1-1,5% od mase stene, od čega sadržaj ortita ide i do 0,2%. Duž oboda magmatskog kompleksa, u okolnim stenama, došlo je do izrazitog termičkog delovanja i metamorfisanja, dok su pojave kontaktno-metasomatskog postanka znatno ređe.

Prema petrohemijskim karakteristikama granodioritski masiv je uopšte uzev veoma homogen, kako u mineralnom, tako i u strukturnom pogledu (Karamata, 1955, Divljan, 1983; Erić & Ćirić, 2001). Najveći broj ispitivanih uzoraka granitoidnih stena odgovara granodioritima, što se može videti na dijagramu R_1-R_2, sl. 87, (Erić & Ćirić, 2001). Interval varijacija za većinu oksida relativno je veliki i u težinskim procentima iznosi: SiO_2= 61.84-71.60%; Al_2O_3= 13.83-16.76%; Fe_2O_3= 0.72-4.13%; FeO= 0.62-2.31%; TiO_2= 0.38-1.85%; MnO= 0.05-0.10%; MgO= 0.71-2.50%; CaO= 1,99-4.67%; Na_2O= 2.64-3.65%; K_2O= 2.14-4.05% i P_2O_5= 0.05-0.18%.

Odstupanje od normalne hipidiomorfno-zrnaste strukture zapaža se samo mestimično u uskom obodnom delu masiva. Obodna kontaktno promenjena zona granodiorita se mineralno malo razlikuje od glavne mase plutona Boranje, jedino je u zoni zamrznutih rubova zadobila porfiroidnu strukturu (zbog brzog hlađenja). Augitski granodioriti, kvarcmonconiti i graniti se mestimično javljaju u kontaktnoj zoni. Prema dijagramu K_2O/SiO_2 granodioriti Boranje pripadaju visoko kalijskim stenama, a prema AFM dijagramu svrstavaju se u kalko-alkalne stene (sl.12).

Nije utvrđeno dali su ove hidromineralne promene u genetskoj vezi sa granodioritskom magmom ili su rastvori iz drugog magmatskog ognjišta (Karamata, 1955; Omaljev, 1982).



Sl. 87. *Dijagram R_1-R_2 klasifikacije granodiorita Boranje (prema H. de la Roche, 1980)*
Fig. 87. *R_1-R_2 classification diagram of Boranja granodiorites (after H. de la Roche, 1980)*

Najnovije odredbe starosti granodioritskih stena Boranje radiometrijskom K/Ar analizom izvršene su u laboratoriji Instituta za nuklearna istraživanja (ATOMIKI) pri Mađarskoj akademiji nauka u Debrecinu, pod rukovodstvom dr Zoltana Peškaja (Zoltan Peckay). Dobijeni rezultatati prikazani su na tabeli 23.

***Tabela 23**. Rezultati odredbe starosti magmatskih stena Boranje*
***Table 23.** Results of age determination of Boranja magmatic rocks*

	Lokalnost	Tip stene	Uzorak	% K	Starost u mil. god. (Ma)
1	Radalj	Granodiorit	Biotit	7,28	31,75 ± 0,63
2	Boranjska reka	Granodiorit	Biotit	6,93	31,14 ± 0,79
3	Radalj	Granodiorit	cela stena	3,35	30,47 ± 0,62
4	Radalj	Granodiorit	Hornblenda	0,72	32,28 ± 0,71

***Izvor podataka:** Erić & Ćirić, 2001.*

Dobijeni podaci su u dobroj meri saglasni sa podacima prethodnih istraživanja (Karamata, 1955; Deleon, 1969; Mojsilović i dr. 1977), odnosno sa podacima koje su dali prethodni istraživači. Tako su, prema Delaloju i saradnicima (Delaloye et al., 1989), K/Ar analize na starost pokazale vrednosti od 30 – 33.5 Ma, a isti autor je merenjem apsolutne geološke starosti na kvarclatitima i dacitima iz susednih područja, dobio približno iste vrednosti, koje su u rasponu od 27 - 31 Ma.

U radovima Štajgera (Steiger et al., 1989), Karamate et al., (1990) i Knežević et al., (1994), prikazani su podaci o odnosima izotopa Sr i Sm/Nd u granodioritskim stenama Boranje, čije vrednosti indiciraju poreklo magme iz gornjeg omotača, ali se pri tom ne zanemaruje ni učešće rastopa krustalnog porekla. Prema ovim podacima radi se o tipičnim I-granitoidima, čija starost varira od 29 - 34 Ma.

Svi autori su saglasni, da početkom oligocena dolazi do pokretanja parcijalnih rastopa iz gornjeg omotača na gore i do mešanja sa materijalom iz donjih delova kontinentalne kore. Izdizanje se vrši duž glavnih, velikih fraktura pravca SZ-JI (pružanje Vardarske zone), pri čemu se rastop kontinuirano menja od kvarcdioritskog do granodioritskog. U vreme srednjeg oligocena dolazi do kristalizacije rastopa i do pothlađivanja granodioritske mase do relativno niskih temperatura.

Strukturne karakteristike

Proučavano područje ima složen tektonski sklop. Osnovne strukturne crte rudnog polja određene su prisustvom velikog intruzivnog masiva i njegovih bočnih ogranaka-depresionih kupola, apofiza i brojnih žičnih i efuzivnih ekvivalenata. Centralnom dislokacionom linijom meridijanskog pravca utisnuta je glavna granitoidna masa. Ova struktura je veoma složena, poremećena mnogobrojnim rupturama, često nastalim jednovremeno sa lokalnim ubiranjem u predelima lateralnih intruzivnih kupola. Brojni rasedi i pukotine, mineralizovane zone, klivaži, kao i pojave breča, jasno ukazuju na veoma složenu i raznorodnu tektoniku rudnog polja. Manje mase porfiroidnih i sitnozrnastih granitoida intrudovane su

duž rasednih zona pružanja severozapad-jugoistok. Poprečna rasedanja u pravcu istok-zapad utvrđena su u severnom i južnom obodnom pojasu.

Masiv Boranje je utisnut u jednu veliku antiklinalu u obliku fakolita (K a r a m a t a, 1955). Svuda oko Boranje sedimentne i metamorfne stene imaju periklinalan pad. Antiklinala je tercijarnim tektonomagmatskim pokretima znatno poremećena, raskinuta i delimično razorena pa se danas njene granice ne mogu precizno izvući. Osim granodiorita i njegovih žičnih i efuzivnih pratioca, u građi ove antiklinale učestvuju još drinske i jadarske paleozojske naslage, kvarcni konglomerati donjeg trijasa, serpentiniti i dijabaz-rožnačke tvorevine

Pored ovih strukturnih oblika uočene su i prstenaste strukture (P e t k o v i ć & R o m i ć, 1979).

Mineralna potencijalnost

Sa stanovišta mineralne potencijalnosti boranjskog granodioritskog kompleksa, a prema stepenu proučenosti, treba istaći:

- Granodioriti Boranje su duboko erodovani, na šta ukazuju manja pegmatitska tela, tako da su produktivni krovinski delovi sa rudnom mineralizacijom odneti, ako ih je bilo

- Magmatski kompleks se odlikuje visokim stepenom izdiferenciranosti, što se može smatrati pozitivnim metalogenetskim obeležjem. Međutim, nepovoljno je što je veliki deo kompleksa izgrađen od svežih stena. Samo u pojedinim delovima, uglavnom u južnom delu u blizini Velike reke i delom, duž severozapadnog kontakta kvarcdioritske i granodioritske stene su hloritisane i epidotisane sa mestimičnim pojavama rasejane piritizacije, a sasvim lokalno i molibdenitske mineralizacije.

- Distribucija kalije (srednji sadržaj 3.64%, odnosno K=3.01%, što je blisko klarku za kisele stene, K-3.34 %) bi mogla biti jedan od pozitivnih kriterijuma mineralne potencijalnosti. Izvesna povećanja sadržaja K zapažaju se u istočnom obodu gde se javljaju i hidrotermalne promene.

Prema distribuciji pojedinih rudnih metala (Pb=10 - 170, srednje 37 ppm, Cu=1 - 60, srednje 6 ppm, Mo=7 - 60, srednje 16 ppm, Ba=450 - 10 000, srednje 1589 ppm, Sr=250-8000, srednje 1535 ppm), može se reći da boranjski granitoidi sadrže niske koncentracije bakra, dok su sadržaji olova, molibdena, barijuma i stroncijuma visoke u odnosu na prosečne vrednosti srodnih stena u Zemljinoj kori (Vinogradov, 1962), vidi tabelu 24.

Niski sadržaji bakra mogli bi da ukažu na veoma slabe uslove za stvaranje bakronosne mineralizacije, ali pojave mineralizacija, pa čak i manjih ležišta bakra u istočnoj zoni (Kram i dr.) nije u skladu sa takvom ocenom. Međutim, visok koeficijent koncentracije molibdena (16) ne odražava se i odgovarajućim ležištima i pojavama molibdena, prema dosadašnjem stepenu istraženosti.

- Ako su središnji delovi granitoida sveži i sterilni bez većih izgleda da se u njima obrazuju značajnije koncentracije rudnih minerala (molibdena na primer)

dotle se u obodnim delovima, u kontaktnoj zoni javlja veći broj pojava rudne mineralizacije bakra, olovo-cinka, gvožđa (magnetita), molibdena, lokalno zlata, bizmuta i dr. Od interesa je da se pomene da je zapadni obod boranjskog granodioritskog kompleksa manje interesantan od drugih njegovih delova u pogledu potencijalnosti rudnih ležišta.

- Subvulkanske intruzije dacito-andezita, kvarclatita, kadkad praćene i dajkovima kvarcdioritporfirita, granodioritporfirita i kvarcmonconitporfirita mogu da predstavljaju značajno metealogenetsko obeležje. Kada su lokalizovane u neposrednom obodu boranjskog granodiorita, sa kojim obrazuju komagmatska tela, teško je razlikovati rudna ležišta koja su genetski vezana sa plutonskim facijama, od onih koja su nastala u vezi sa subvulkanskim intruzijama dacit-andezit-kvarclatita. U svakom slučaju to su pretežno Pb-Zn i Sb ležišta.

Tabela 24. *Srednji sadržaj mikroelemenata u granodioritima Boranje (N=30)*
Table 24*. Mean content of microelements in Boranja granodiorites (N=30)*

Elementi	Granodioriti Boranje, ppm		Elementi	Granodioriti Boranje, ppm	
	Opseg	X		Opseg	X
Mn	135-120	348	Cu	1-60	6
As	-	-	Ag	-	-
Pb	10-170	37	Ta	-	-
Sn	-	-	Y	12-35	19
Sb	-	-	Yb	3-10	4
W	Tr-600	20	Zn	-	-
Ga	7-70	19	Zr	10-100	36
Bi	-	-	Ni	3-70	9
Nb	-	-	Co	1-6	3
Be	-	-	Sc	3-10	4
Mo	7-60	16	Cr	3-900	81
V	10-60	22	La	20-100	46
Ce	-	-	Ba	450-10 000	1589
Cd	-	-	Sr	250-8000	1535

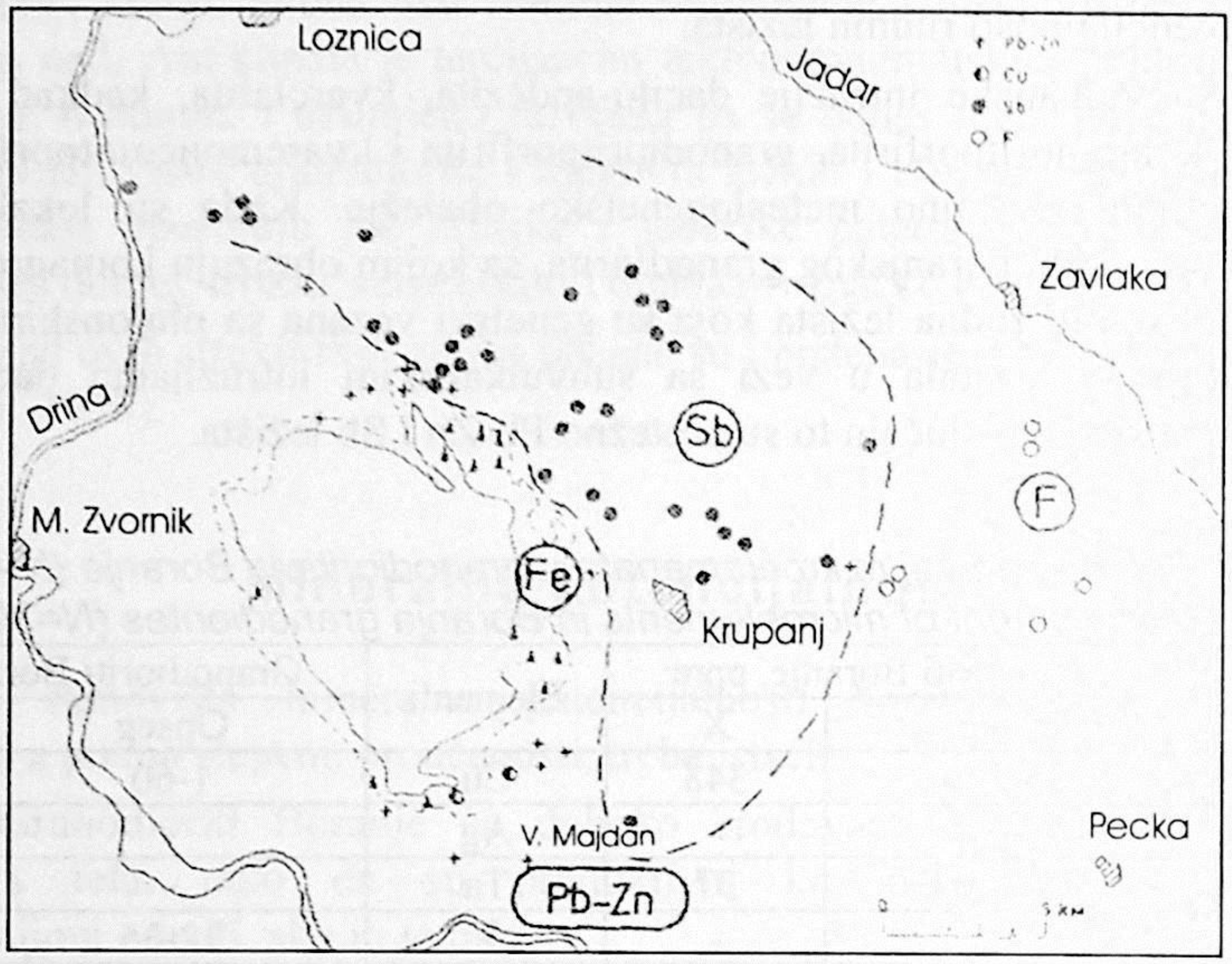
N=broj proba; x=srednji sadržaj (mean)

Reonizacija rudnog polja Boranje

Reonizacija u ovom rudnom polju, u osnovi se oslanja na lateralnu zonalnost mineralnih parageneza i asocijaciju elemenata, odnosno polazi od mesta, uslova obrazovanja i stvorenih mineralnih parageneza (sl. 88). Kao osnovne jedinice, koje se često karakterišu i prelaznim osobenostima, a leže sukcesivno jedna iza druge, počev od boranjskog granita, izdvojene su:

1. **Kontaktna zona Boranjskog granitoida pretežno skarnovska sa prelazima u hidrotermalna ležišta.**
2. **Zona hidrotermalnih ležišta olova i cinka, praćena sa lokalnim koncentra–cijama antimona.**

3. **Zona sa ležištima i pojavama antimona i lokalnim pojavama sulfida olova i cinka, retko arsena.**
4. **Fluoritska zona.**



Sl. 88. *Zonalni razmeštaj rudnih ležišta i pojava Boranjskom rudnom polju (prema Jankoviću, 1990).*

Fig. 88. *Zonal distribution of deposits and ore occurrences in Boranja ore field (after Janković, 1990).*

S obzirom, da se ležišta i pojave molibdena javljaju u kontaktnoj zoni, u narednom tekstu, naša razmatranja sveščemo samo na ovaj prostor granodioritskog masiva Boranje. Opšte karakteristike ležišta i rudnih pojava ovog prostora, detaljno su prikazane u radovima Jankovića (1958, 1967, 1990) i Tomića (1962).

Kontaktna zona

U blizini, ili na samom kontaktu granitoida sa okolnim stenama došlo je do obrazovanja brojnih ležišta i pojava u prvom redu Fe (magnetita) zatim Cu, Mo, W, Bi i dr. To su pretežno ležišta i pojave u skarnovima kalcijskog tipa, obrazovana u krečnjacima (skarnovi silicijskog tipa su retki). Pojave grajzenizacije u granitoidima se samo retko opažaju (kvarc-turmalinska facija grajzena u Spasovnici). Rudna mineralizacija se češće sreće u severnim, istočnim i južnim delovima oboda, dok je zapadni obod skoro sterilan (sem retkih pojava magnetita kod Alibegovaca).

Moćnost mineralizovane kontaktne zone je promenljiva, od nekoliko stotina metara do 1-2 km maksimalno. Površina kontaktne zone oko granitoida Boranje u kojoj se javljaju rudne mineralizacije je oko 40 km^2. Na osnovu

sadašnjeg stepena poznavanja geoloških prilika rudnog polja Boranje, na ovom prostoru je do sada registrovano više od dvadeset ležišta i pojava od kojih su neka i ekonomski interesantna. To su u prvom redu ležišta visokokvalitetnih ruda gvožđa-magnetita: Duge Njive, Vranovac, Majdani, Pećine, Oštrikovac, Pravačka Kosa, Borino Brdo, Spasovnica, Cipljanska reka, Koševina, Lom, Veliki Cip, Đurđevo Brdo, Alibegovac i dr. Istom tipu ležišta pripadaju halkopirit-pirhotinska ležišta Seličin Do, Vuk, Mlakve, Kram i magnetit-halkopiritska ležišta Rečica i Duge kose. Štokverkno-impregnaciono Mo-ležište Rudni potok u svom južnom delu izgrađeno je uzanom zonom granat-epidotskog skarna, orudnjenog impregnacijama molibdenita. Prostrana zona granatsko-vezuvijanskog skarna Batvanskog potoka (na severu) i neskarnovski polimetalični rudni metasomatiti u predelu ležišta Duge Njive (na jugu) sadrže volframove rude - šelit. U zoni granatskih skarnova, u ležištu Vranovac, otkriveno je sulfidno rudno telo Bi-Ag sa visokim koncentracijama pomenutih elemenata.

Raspored kontaktno-metasomatskih ležišta u području granitoidnog masiva javlja se kao posledica opšteg geološkog sastava i usko je vezana sa formiranjem boranjskog intruziva. Prostorna lokalizacija ležišta i pojava u kontaktnoj zoni intruziva ukazuje na genetsku vezu ležišta i intruziva.

Kontaktno-metasomatska ležišta koja se nalaze u istočnom i zapadnom kontaktnom pojasu granitoidnog masiva Boranje, raspoređena su saglasno orijentaciji krovinskih stena i tektonskih linija, u meridijanskom, ili bliskom njemu pravcu. To su ležišta u istočnom obodu - Spasovnica, Borino Brdo, Majdani, Pećine, Oštrikovac i dr., i ležišta zapadnog kontaktnog pojasa: Đurđevo Brdo, Alibegovac, Vranovac i dr. U severnom i južnom kontaktnom pojasu ležišta su raspoređena u pravcu SZ-JI, saglasno pružanju apofiza i rasporedu manjih intruzivnih tela, kao i opštoj orijentaciji tektonskih linija i sedimentnih stena. U severnom delu kontaktnog pojasa rudna ležišta su ešalonirano razmeštena u pravcu SZ-JI (Veliki Cip, Batvanski potok, Lom, Koševina, Pravačka kosa, Čalije, Cipljanska reka i dr.). U južnom kontaktnom pojasu nalaze se ležišta Rudni potok, Duga Njiva, Rečica, Lipnička glavica, zatim Seličan Do, Vuk, Mlakva, Kram, Duga Kosa i druga.

Prema uslovima zaleganja, odnosima sa intruzivom i okolnim stenama sva ležišta i pojave u kontaktnoj zoni, prema T o m i ć u (1962), mogu da se svrstaju u tri osnovne grupe. Pri tome veoma značajnu ulogu u formiranju ležišta imali su strukturni i litološki faktori koji su uticali na morfologiju rudnih tela i razmeru orudnjenja To su sledeća ležišta i pojave:

- Ležišta neposrednog kontakta intruziva sa krečnjacima
- Slojevita ležišta u sedimentnim stenama
- Ležišta tektonskih zona.

Ležišta neposrednog kontakta intruziva i krečnjaka posledica su metasomatskih procesa, čiji su produkti stvaranja skarnovske zone i relativno bogata rudna tela. Elementi zaleganja skarnova i rudnih tela uslovljeni su formom i uslovima zaleganja kontakta. Ovom tipu pripadaju ležišta gvožđa: Vranovac, Veliki Cip, Koševina, Pravačka Kosa; ležišta bakra: Seličan Do, Vuk, Mlakva,

Kram i Lom, zatim ležište molibdena Rudni potok; šelitsko-molibdenitsko ležište: Batvanski potok, Cu-Fe ležište Rečica i dr.

U najužoj kontaktnoj zoni oko plutona možemo razlikovati dve grupe rudnih i mineraloških pojava. Prva grupa obuhvata pneumatilitske kvarcno-molibdenitske žice male moćnosti i pružanja, koje su zapažene u kornitima između Raskršća i gornjeg toka Malog Radalja. Drugoj grupi pripadaju kontaktno-pneumatolitske pojave magnetita na Čavčićima i Košutnjoj Stopi, kao i ležište "Lipnik".

"Slojevita", odnosno pseudoslojevita ležišta u sedimentnim stenama formirana su u neposrednoj blizini intruziva. Rudna tela su saglasna orijentaciji okolnih stena. Ovaj tip predstavlja rezultat selektivne metasomatoze, obično sočiva ili manjih slojeva krečnjaka. U zavisnosti od načina prodiranja postmagmatskih rastvora, odlaganju rudne supstance može da prethodi stvaranje skarnova ili se deponovanje rudne materije vrši običnom reakcionom metasomatozom. Ovom tipu pripadaju, ležišta najkvalitetnije rude gvožđa - magnetita: Majdani, Pećine, Oštrikovac, Đurđevo Brdo, Alibegovac, Duga Kosa i dr.

Ležišta tektonskih zona su relativno slabo rasprostranjena. Skarnovske zone u ovom tipu ležišta odsustvuju. Zaleganje rudnih tela, koja su praćena prostranim zonama siromašnih impregnacija, kontrolisana su elementima tektonskih zona. Ovom tipu pripadaju ležišta: Duge Njive, Lom, Lipnik i dr.

Skarnovska ležišta magnetita, bakra, šelita i molibdena

Među ležištima i pojavama u kontaktnoj zoni boranjskog granitoida, prema mineralnim paragenezama i vodećem rudnom mineralu, odnosno metalu, mogu da se posebno istaknu: **skarnovska ležišta magnetita, bakra, šelita i molibdena.**

Skarnovska ležišta magnetita obrazuju se u samim skarnovima, koje obično predstavljaju granat-piroksenski, ređe epidotski, i/ili u mermerisanim krečnjacima koji su neznatno zahvaćeni kontaktno metasomatskim promenama. U prvom slučaju rudna tela imaju oblik gnezda i sočiva, pretežno su malih razmera, a u drugom slučaju kada su lokalizovana duž slojevitosti krečnjaka imaju pločaste oblike.

Magnetit je osnovni rudni mineral, praćen promenljivim, uglavnom niskim koncentracijama sulfida (pirotin, pirit, halkopirit, lokalno arsenopirit, bizmutinit i sfalerit), retko šelita.

Dosadašnja istraživanja su pokazala da su razmere magnetitskih rudnih tela, u pojedinim ležištima, obično ispod 1.000.000 tona rude sa 36-49% Fe, 3-4% Mn, 2-3% S, nekad 0,4% Cu i 8-21% SiO_2 (Jankovi ć 1990).

Među značajnija ležišta ubrajaju se: Majdani-Pećine, Duge Njive, Vranovac, Pravačka Kosa, Mali Cip, Spasovnica i dr., ostale pojave: Cipljanska reka, Koševine, Borino Brdo, i dr., imaju slične mineralne parageneze, samo su manjih razmera.

Skarnovske mineralizacije bakra su pretežno mala tela obrazovana od prožilaka i impregnacija halkopirita, praćenog magnetitom, sfaleritom, piritom, mestimično arsenopiritom, a u nekim od ovih pojava javlja se i Bi-sulfosoli sa olovom (vivijanit u Kramu).

Bakronosna mineralizacija u skarnovima je pretežno nastala u južnom obodnom delu granitoida (Seličan Do, Vuk, Mlakva, Kram, Lipnik).

Ležišta bakra Kram nalazi se u skarnovima (granat-andradit-grosularskog sastava; diopsid i volastonit), nastalim na kontaktu granodiorita i krečnjaka. U periodu 1958, 1960.god., istraživano je jamskih hodnicima od strane RTB Bora. Ovim istraživanjima utvrđene su rezerve od oko 150.000 tona halkopiritske rude sa oko 2,5% Cu. Prema Tomiću i dr. (1976) računa se da u okviru zone Seličan Do – Vuk – Mlakva – Kram – Lom, dužine oko 1,5-2 km treba očekivati rezerve od najmanje 1.000.000 tona rude sa oko 2% Cu.

Halkopirit je vodeći rudni mineral u ležištu Kram, a praćen je pirotinom, piritom, lokalno arsenopiritom, magnetitom, bizmutitom, bizmutom, mestimično se zapaža i galenit. Kvarc i kalcit su osnovni nerudni minerali. Sličnih karakteristika su i pojave u Mlakvi i Vuku.

Skarnovska mineralizacija šelita javlja se u egzoskarnovima Batvanskog i Rogaljskog potoka i u endoskarnovima Turskog groba na severnom delu kontaktne zone. Šelit se javlja rasejan u granatsko-vezuvijanskim skarnovima Batvanskog potoka, pri čemu pokazuje veoma neujednačene koncentracije od 0,07 do 0,5% WO_3. Nema podataka o sadržaju molibdena, iako je molibdenit prisutan u ovim šelitskim pojavama.

U skarnovima Duge Njive na južnom delu kontaktne zone, u magnetitskom ležištu, otkriveno je sočivo sa pojavama šelita. Njegova moćnost je 1,5-2,0 m, a sadržaj 1,6-1,96% WO_3.

Skarnovske mineralizacije sulfida, olova i cinka, u Dugom Potoku i Rupama, su bez ekonomskog značaja. Bez značaja su i pojave kasiterita u grajzenima u području Spasovnice. Iako su pojave grajzenizacije na ovom lokalitetu široko rasprostranjene u njima nisu do sada otkrivene značajnije koncentracije rudnih minerala. Kasiterit se javlja kao mineraloška pojava.

Štokverkno-impregnaciona mineralizacija Mo-Cu i Fe u zoni Velika reka – Rudni potok – Duge Njive

Na južnom kontaktu boranjskog granitoida između markantnih visova Čavića (k.806) i Lipnika (k.773), u neposrednoj blizini skarnova, došlo je do hidrotermalnih promena u granitoidima i obrazovanja Mo – Cu i Fe mineralizacija. Najpoznatije rudne pojave molibdena (Rudni potok) i magnetita (Duge Njive), javljaju se u zoni **Velika Reka - Rudni potok - Duge Njive,** a nalaze se oko 25 km jugoistočno od Malog Zvornika (sl. 89).

Brojni stari i radovi novijeg datuma služe kao potvrda rudonosnosti ovog dela Boranje. Potkopi i okna u Velikoj reci, Rudnom potoku i njegovim izvorišnim

delovima, zatim u Dugoj Njivi, Rečici i Lipniku, kao i šljačišta u Velikoj reci i Rečici svedoče o intenzivnoj i dugotrajnoj rudarskoj aktivnosti na ovom prostoru. Stari radovi su izvođeni na molibdenu, bakru, gvožđu i olovo-cinku.

U periodu 1959-66 godine Geozavod iz Beograda vršio je detaljna istraživanja magnetitskog ležišta Duge Njive i Mo-Cu mineralizacija u Rudnom potoku sistemom jamskih hodnika i istražnim bušenjem.

Geološku građu ove rudne zone čini paleozojska škriljava-peščarska serija stena (argilofiliti, alevroliti, polimiktni peščari) otkrivena u zapadnom delu terena (desna obala Velike reke). Kontaktnim metamorfizmom ove stene su pretvorene u kornite različitog mineralnog sastava. Delom su ispucale i zadobile kataklastičnu strukturu.

Trijaski sedimenti u svom bazalnom delu sastoje se od kvarc-sericitskog paketa sa kvarcnim konglomeratima, kvarcnim peščarima i kvarcitima, zatim sericitskim i glinenim škriljcima, alevrolitima i interkalacijama krečnjaka. Srednji trijas čine sedimenti, odnosno mermeri, koji predstavljaju najpovoljniju sredinu za metazomatsko odlaganje rudne supstance.

Magmatski kompleks stena koji se javlja u južnom obodu boranjskog plutona predstavljen je intruzivnim mikrostenama (mikrogranodiori, mikrokvarcdiori), žičnim stenama (porfiritima) i efuzivima (vulkanitima).

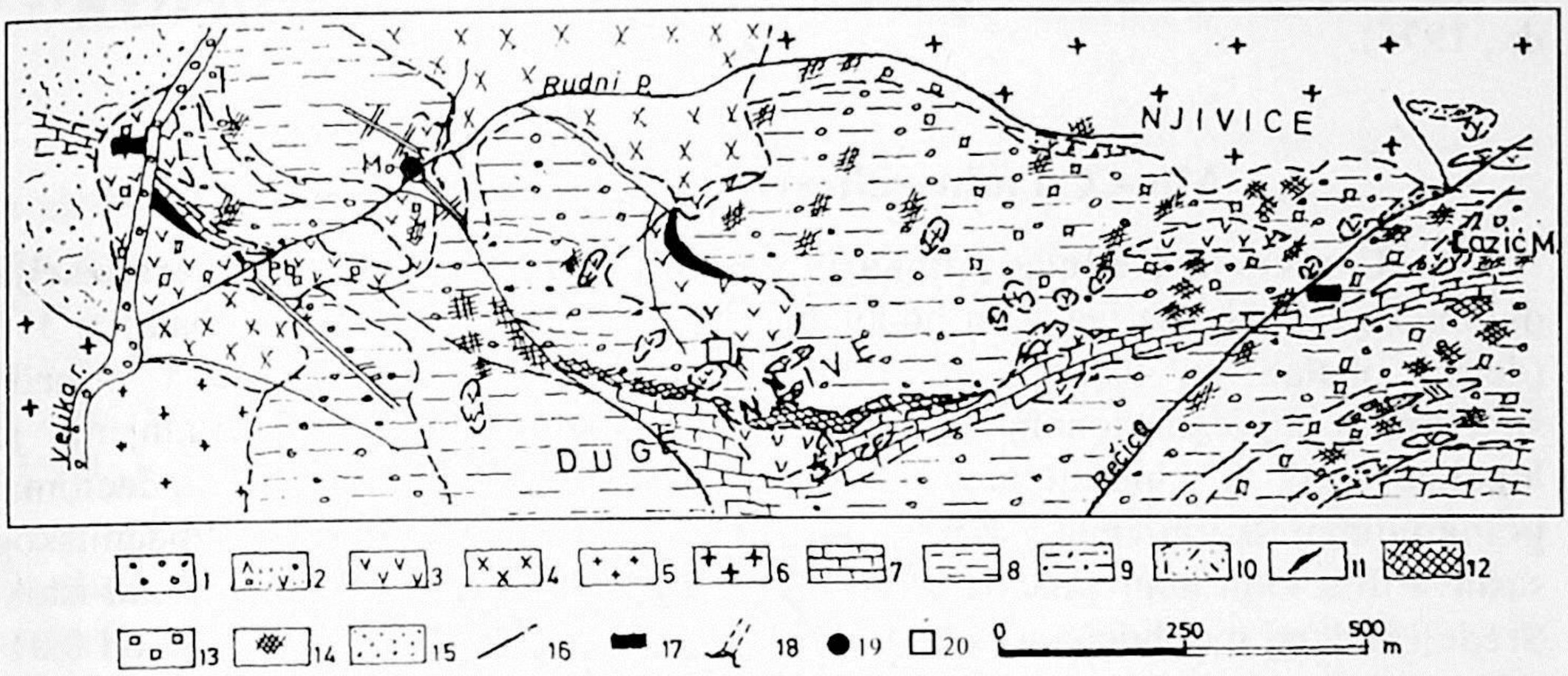
Vulkaniti imaju znatno rasprostranjenje i bez sumnje su najznačajnije magmatske stene po pitanju rudonosnosti. Mikroskopskim ispitivanjima identifikovani su: (a) - andeziti i daciti odnosno fenoandeziti i fenodaciti (na osnovu sastava i sadržaja fenokristala), (b) - kvarclatiti i latiti i (c) - vulkanske breče i tufovi.

Sve vulkanske stene po svojim petrohemijskim osobinama pripadaju granodioritskoj magmi. Odlikuju se holokristalastom porfirskom strukturom sa kripto do mikrokristalastom osnovnom masom. Mineralni sastav vulkanita čine fenokristali plagioklasa, kvarca, sanidina i obaveznog biotita, koga prati ili ne amfibol.

Vulkaniti su pretežno alterisane stene, tako da je često teško odrediti prvobitan sastav. Najčešći sekundarni minerali su sericit, hlorit, karbonat i kvarc. Silifikacija je mestimično intenzivna, pa je došlo do stvaranja sekundarnih kvarcita sa kojima je asocirana Mo-Cu mineralizacija. Najzad najveći deo ovih stena je, u manjoj ili većoj meri, zahvaćen piritizacijom, koja u oksidacionoj zoni daje limonite. Znači i ovde kao i kod mnogih drugih Mo mineralizacija, kod nas i u svetu, dominira asocijacija kvarc-molibdenit-pirit.

U domenu zone Velika reka - Lipnik javljaju se prostrane i veoma raznovrsne kontaktno-metamorfne i kontaktno-metazomatske promene. Širokog rasprostranjenja su produkti visokotemperaturnog kontaktnog metamorfizma - hornfelst različitog mineralnog sastava - piroksenskog, amfibolskog i dr. Kontaktni metasomatizam izražen je unutar samih intruzivnih stena (endoskarnovi) ili u okviru stena karbonatnog sastava (egzoskarnovi). Skarnovi su najčešće sastavljeni od dominirajućih granata i piroksena zatim volastonita, aktinolita, tremolita i

drugih kontaktnih silikata. Skarnovi su značajni zbog lokalizacije raznorodne mineralizacije između ostalih i molibdenit-halkopiritske.



Sl. 89. *Geološka karta rudne zone Rudni potok-Duge Njive*

1. Aluvion, 2. Vulkanske breče, 3. Vulkaniti (daciti, andeziti, kvarclatiti), 4. Kvarcdiorit-porfiriti, 5. Granodioritporfiriti, 6. Granodioriti, 7. Trijaski krečnjaci, 8. Alevroliti, glineni i sericitski škriljci, 9. Kvarciti, kvarcni peščari i konglomerati, 10. Korniti, 11. Skarnovi, 12. Magnetiti, 13. Piritizacija, 14. Fe – šeširi, 15. Kontaktno-metamorfne promene, 16. Rasedi, 17. Šljačišta, 18. Stari potkopi, 19. Mo-rudne pojave, 20. Fe-rudne pojave

Fig. 89. *Geological map of Rudni potok – Duge Njive ore zone*

1. Alluvial deposits, 2. Volcanic breccias, 3. Volcanic rocks (dacites, andesites, quartzlatites), 4. Quartzdioriteporphyrites, 5. Granodioriteporphyrites, 6. Granodiorites, 7. Triassic limestones, 8. Siltstones, shales and sericite schists, 9. Quartzites, quartz sandstones and conglomerates, 10. Hornfels, 11. Skarns, 12. Magnetites, 13. Pyritization, 14. Gossans, 15. Contact metamorphic alterations, 16. Faults, 17. Slag dumps, 18. Old adit. 19. Mo-ore occurrences, 20. Fe-ore occurrences.

Geostrukturni sklop područja Velika reka - Rudni potok - Duge Njive je složen, zbog veoma heterogene geološke građe. Generalna orijentacija sedimentnih tvorevina je istok-zapad, sa padnim uglovima od 60-80° ka severu. Pored izrazitih fenomena plikativnih deformacija predeo se odlikuje razlomnim zonama višeg reda meridijanskog pravca (dolina Velika reka, Rečica i dr.), odnosno pravca istok-zapad (Velika reka - Rudni potok – Duge Njive).

Ležište magnetita Duge Njive

Magnetitsko ležište Duge Njive lokalizovzno je u predelu kontakta srednjetrijaskih kristalastih krečnjaka (mermera) i permotrijaskih kvarcita, u jednoj tektonski zdrobljenoj zoni, što je olakšalo kretanje rudonosnih rastvora, sl. 89. Nekoliko rudnih tela, metasomatskog porekla, imaju pretežno oblike izduženih sočiva. Mineralni sastav Fe rude čine magnetit (55.4%), limonit (33.7%), hematit

(2.6%), sulfidi (0.5%. Od sulfidnih minerala konstatovani su pirotin, halkopirit, arsenopirit, molibdenit i pirit. Ležište je istraženo sa tri potkopa (520, 480, 430), a proračunate rezerve iznose oko 2 000 000 tona rude sa 40% Fe. Za ovo ležište je karakteristično odsustvo skarnovskih minerala, koji su poznati u blizini (Tomić i dr., 1976).

Mo – Cu mineralizacije u Rudnom potoku

U predelu Rudnog potoka je molibdenit-halkopiritska mineralizacija delimično istraživana jamskim hodnicima na horizontima 320 (leva obala) i 330 (desna obala), sa ukupno 355 m hodnika. Mo-Cu mineralizacija pripada štokverkno-impregnacionom i impregnacionom tipu orudnjenja. Orudnjenje je lokalizovano u hidrotermalno izmenjenim (silifikovanim) fenodacitima, granitoidima, skarnovima i kornitima u vidu spleta zilica kvarc-molibdenitskog sastava ili u vidu impregnacija pirit-halkopiritske asocijacije pružanja zapad-istok. Srednji sadržaj molibdena u rudi iznosi 0,054%, a sadržaji bakra kreću se od 0,01-0,2% maksimalno. Sadržaji ostalih komponenti, kao što su zlato, srebro, renijum i dr. nisu određivani.

Novijim istraživanjima (Tomić i dr., 1976, 1977, 1978) utvrđeno je da se pirit-halkopiritska mineralizacija pojavljuje u prostranoj zoni koja ide od Lazića Male, preko Rečice, pa se u prostoru Rudni potok - Duge njive završava u donjem toku Rudnog potoka. Orudnjenje se javlja u vidu impregnacija u folijaciji kornita, alevrolita i kvarcnih peščara ili unutar vulkanita. Pored dominirajućeg pirita u rudi su prisutni halkopirit, pirhotin, molibdenit, galenit, sfalerit, rutil, tetraedrit, kvarc, karbonat, limonit i dr.

Prema geohemijskim ispitivanjima tla na prostoru Velika reka-Duga Njiva-Lipnik (Tomić i dr., 1975), dobijeni su sledeći sadržaji: Cu=20-10.000, srednje 193 ppm, Mo=1-30, srednje 4 ppm, Zn=10-10.000, srednje153 ppm, Pb= 40-10.000, srednje 170 ppm, Ag=0.1-80, srednje 1.2 ppm, Bi=1-50, srednje 7 ppm. Sadržaj Mo u odnosu na klark Zemljine kore (1.1 ppm, Vinogradov, 1962) je znatno povećan, oko 3.6 puta, što predstavlja pozitivan kriterijum za mineralnu potencijalnost ovog područja u pogledu molibdenskih mineralizacija. Koeficijent koncentracije za ostale elemente je takođe povećan (Cu=4.1, Zn=1.84, Pb=10.6, Ag=17, Bi=777.7) i ukazuje da se na ovom području mogu očekivati polimetalične mineralizacije

KOPAONIČKA METALOGENETSKA OBLAST

Kopaonička metalogenetska oblast je jedna od najznačajnijih u Srbiji u pogledu raznovrsnih ruda, pogotovu olova i cinka. Zbog toga je Kopaonik bio od najranijih vremena (verovatno još u doba Rimljana) centar rudarske i topioničarske aktivnosti, koja je u vreme srpske srednjovekovne države dostigla vrhunac (Simić, 1958). Raspadom srpske srednjovekovne države zamrla je na Kopaoniku, kao i drugim krajevima Srbije, rudarska aktivnost. Rudarska aktivnost na Kopaoniku oživela je ponovo tek u 19-.om veku.

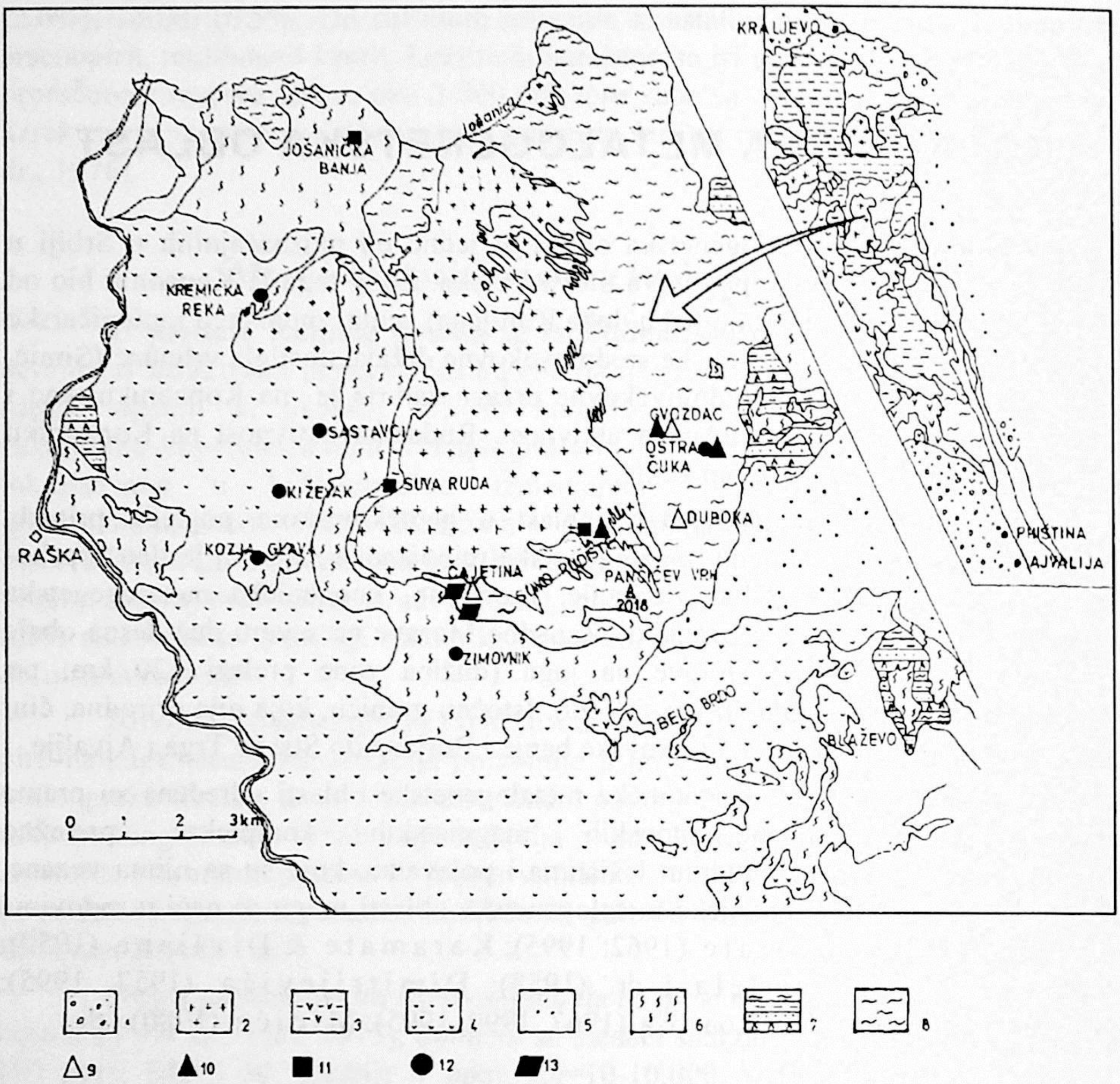
Kopaonička metalogenetska oblast u geotektonskom pogledu pripada Vardarskoj zoni, a u pogledu metalogenetske rejonizacije sastavni je deo Srpsko-makedonske metalogenetske provincije. Prostorno, kopaonička metalogenetska oblast zahvata teren koji se pruža od Zapadne Morave na severu duž desne obale Ibra, do blizu Binačke Morave na jugu (dužina zone prelazi 120 km, pri maksimalnoj širini od oko 40 km., sl. 90). Istočnu granicu, koja nije prirodna, čini linija koja ide od Brusa preko Lukovske banje i Borjana do Starog Trga i Ajvalije.

Osnovne konture Kopaoničke metalogenetske oblasti određene su prema rasprostranjenju vulkano-plutonskih magmatskih kompleksa pretežno oligomiocenske starosti i rudnim ležištima i pojavama, koje su sa njima vezane. Opšte karakteristike kopaoničke metalogenetske oblasti mogu se naći u radovima Ćirića (1962); Karamate (1962; 1995); Karamate & Divljana (1950); Simića (1958); Vanđela i dr. (1958); Dimitrijevića (1957, 1995); Radukića (1965); Jankovića (1967, 1990, 1995); Mićića (1980) i dr.

Geološka građa

U sastav Kopaoničke metalogenetske oblasti ulaze sledeće sedimentne, metamorfne i magmatske stene: paleozojski škriljci, serpentinisani peridotiti, dijabazi i gabroidne stene, dijabaz - rožnačka formacija, gornjokredni sedimenti, plutonske tercijarne stene (granodioriti i dioriti sa žičnim ekvivalentima), vulkanske tercijarne stene (dacito-andeziti, kvarclatiti, tufovi, vulkanske breče), miocenski jezerski sedimenti i andezit-rožnačka serija, sl. 90.

Paleozojski škriljci rasprostranjeni su oko centralnog granodioritskog masiva. Ovu seriju Wilson (1933) je označio kao seriju Suvog Rudišta, a Ćirić (1956) je utvrdio da odgovara Kosmato-ovoj Veleškoj seriji, dok Mićić (1980) na osnovu pronađenih konodonta smatra da je trijaske starosti. Litološki se izdvajaju tri horizonta: horizont škriljaca, krečnjačko-dolomitski i horizonti zelenih stena.



Sl. 90. *Pregledna geološka karta Kopaonika sa rudnim pojavama*

1.Tercijarni sedimenti, 2. Granodioriti, 3. Andezit-rožnačka serija, 4. Dacito-andeziti, kvarclatiti, 5. Kredni sedimenti, 6. Serpentiniti, 7. Dijabaz-rožnačka formacija, 8. Paleozoik, 9. Mo rudne pojave, 10. W rudne pojave, 11. Fe rudne pojave, 12. Pb-Zn rudne pojave, 13. Cu rudne pojave.

Fig. 90. *Sketch map of Kopaonik area with ore occurrences*

1. Tertiary deposits, 2. Granodiorites, 3. Andesite-chert serie, 4. Dacite-andesites, quartzlatites, 5. Creataceous deposits, 6. Serpentinites, 7. Diabase-chert formation, 8. Palaeozoic, 9. Mo-ore occurrences, 10. W-ore occurrences, 11. Fe-ore occurrences, 12. Pb-Zn ore occurrences, 13. Cu-re occurrences.

Paleozojske tvorevine, kao najstariji članovi geološke građe Kopaonika pretrpele su i najsnažnije izmene različitog tipa i intenziteta. Najveće izmene sreću se u oreolima mladih granitoida gde su one kontaktno-metamorfno-metasomatski promenjene, pelitsko-psamitski sedimenti u različite kornite, kordijerit-biotitske i biotitske škriljce, karbonatne u skarnove, granatite, volastonitske stene i mermere, a migmatske stene takođe u kornite.

Peridotitske stene javljaju se u vidu velikog kompleksa pod imenom "ibarskog serpentinitskog masiva" koji se prostire i van kopaoničke oblasti. Najveći deo peridotitskih stena na osnovu mineralnog sastava odgovara harcburgitima, retko lerzolitima, a sasvim retko dunitima. U pojedinim delovima zapažena su mnogo manja, retko veća, tela najčešće žičnog ili sočivastog oblika-gabrova ili gabrodijabaznih stena, koje se javljaju kao krajnji diferencijati peridotitske magme. Peridotiti kopaoničke oblasti u najvećem broju slučajeva intenzivo su serpentinisani.

Jurske tvorevine u kopaoničkoj oblasti predstavljene su vulkano-sedimentnim tvorevinama poznatim pod imenom dijabaz-rožnačka formacija i dijabaz-gabroidne stene.

Tvorevine donje krede čine golt-cenomanski sedimenti razvijeni samo na istočnim padinama Kopaonika u vidu pojasa koji se od Trstenika preko Brusa pruža dalje na jug ka Podujevu (Ćirić 1957,1962)

Za razliku od sedimenata donje krede, tvorevine gornje krede razvijene su kako na istočnim, tako i na zapadnim padinama Kopaonika. Prema Ćiriću (1962) u gornjokrednoj seriji jasno se razlikuju četiri litostratigrafska člana: bazalna serija, sprudni krečnjaci, laporoviti krečnjaci i gornjokredni fliš.

Značajno mesto i veliku ulogu u geološkoj građi Kopaonika imaju **tercijarne tvorevine**. Posle peridotita one su najrasprostranjenije, a odlikuju se složenim sastavom i velikom debljinom. Vremenski, jedan deo tercijarnih tvorevina nastao je u miocenu ("crvena serija"), a drugi u pliocenu (glinci, laporci, peščari, šljunkovi, konglomerati i ugljeni slojevi).

Vremenski početak vulkanske aktivnosti je sinhron sa višim nivoom "crvene serije". Prelaz od tipičnih sedimenata u vulkanske tvorevine, prema tome nije nagao i oštar već postepen i kontinuiran (Mićić, 1980). Kao rezultat dugotrajne vulkanske aktivnosti nastao je vrlo složen i dosta debeo vulkanski kompleks Kopaonika koji u vidu pokrova leži subhorizontalno preko stena starijih geoloških formacija. Na osnovu mineralnog sastava vulkanskih produkata i njihovog položaja u stubu, utvrđene su dve vulkanske faze koje su imale i svoje podfaze.

Prva vulkanska faza karakteriše se andezitskim sastavom sa retkom pojavom dacita, uglavnom, u najnižim nivoima vulkanskog kompleksa. Rasprostranjenje, kao i debljina vulkanskog kompleksa prve vulkanske faze opada od severa prema jugu. Maksimalna debljina je od 300 m u okolini Rudnice i Leška. Najveći deo vulkanskog kompleksa prve faze izgrađen je od vulkanskih breča koje se naizmenično smenjuju sa izlivima i tufovima, znatno ređe sa aglomeratima i konglomeratima. U odnosu na vulkanske piroklastite i izlive, vulkaniti prve faze daleko su manje zastupljeni i javljaju se u vidu dajkova, ređe nekova. U celini posmatrano to su kalko-alkalni vulkaniti uz slabo naglašen kalijski karakter. Prema Maksimović u i dr, (1978), andeziti kopaoničke oblasti sadrže 35 ppm Pb, 674 ppm Ba, latiti 60 ppm Pb, 1216 ppm Ba, kvarclatiti 70 ppm Pb i 1783 ppm Ba. Slične tendencije zapažaju se i u granitoidima kopaoničke oblasti: kvarcdioriti sadrže 56 ppm Pb, 769 ppm Ba, granodioriti 765 ppm Pb, 875 ppm Ba, a

kvarcmonconiti 90 Pb ppm i 1224 ppm Ba (Dangić i dr., 1986), tabela 25. U istim stenama sa porastom SiO_2 dolazi do opadanja sadržaja Ni, Co i Cu. Sa trendom diferancijacije magme došlo je do stvaranja sve kiselijih tipova stena, odnosno povećanja sadržaja silicije, kalije, rubidijuma, olova i barijuma, a opadanja sadržaja bakra. Ovu geohemijsku karakteristiku naših magmatskih kompleksa nastalih u domenu sudara kontinenata uočio je i opisao Karamata (1983). Povećan sadržaj K i Pb, predstavlja dobar prospekcijski kriterijum za pronalaženje ruda Pb-Zn (Maksimović i dr., 1978; Dangić i dr., 1986).

U severnom delu Kopaonika u "rov-depresiji" Baljevca i Raške (Rvata) preko vulkanskog pokrova prve vulkanske faze formirana je debela serija molasnih sedimenata baljevačkog basena, helvetske starosti (Mićić, 1980).

Tabela 25. *Srednji sadržaj mikroelemanata u stenama I i II vulkanske faze i intruzivnim stenam u oblasti Kopaonika, u ppm*

Table 25*. Mean content of microelements in rocks of I and II volcanic phase and intrusive rocks in Kopaonik area, in ppm*

Element	Vulkaniti I i II faza, ppm				Intruzivne stene, ppm			
	Andeziti, N=29	Latiti, N=12	Kvarclatiti N=37	Srednje N=78	Kvarcdioriti, N=5	Granodioriti, N=12	Kvarc-monconiti, N=5	Srednje N=22
Ti	4872	3717	3100	3872	3560	2224	3220	2757
Cr	44	20	20	29	28	11	17	16
V	203	186	128	166	247	118	127	150
Ni	20	9	12.5	15	16	9	9	10
Co	20	15	10	15	21	13	13	15
Cu	26	17	10	17	18	14	12	15
Zn	96	68	118	101	213	78	118	118
Li	-	-	-	-	19	9	10	12
Mn	1000	1040	900	962	1452	826	1046	1018
Zr	196	150	122	155	85	76	167	99
Sc	23	18	12	17	22	12	14	15
Y	49	51	39	45	42	38	58	43
La	73	118	130	106	27	58	131	68
Sr	494	875	1051	810	736	616	958	721
Ba	674	1216	1783	1270	769	875	1224	930
Pb	35	60	104	70	66	76	90	77
Rb	-	-	-	-	56	121	183	121
B	-	-	-	-	45	24	30	27
Be	-	-	-	-	6	6	12	7
Ga	-	-	-	-	43	38	42	40

Izvor podataka (source of records): *Maksimović i dr., 1978; Dangić i dr., 1986; N=broj proba.*

Verovatno veoma brzo, **nakon prve vulkanske faze, kopaoničku oblast zahvata nova vulkanska aktivnost.** Produkti ove faze po svom materijalnom sastavu, hemizmu i položaju u vulkanskom kompleksu jasno se razlikuju od

analognih produkata prethodne faze. U okviru druge vulkanske faze na Kopaoniku izdvojene su dve podfaze- latitska i kvarclatitska (M i ć i ć, 1980)

Produkti latitske podfaze, slično produktima prve vulkanske faze, javljaju se u vidu piroklastita, izliva i proboja, od kojih su poslednji sasvim retki. U građi latitske podfaze značajno mesto i ulogu imaju stene specifičnog sastava i geneze - ignimbriti. Hemizam stena latitske podfaze je monconitski sa odstupanjima ka granitskim ili granodioritskim, pa čak i kvarcdioritskim varijetetima.

Jedna od najsnažnijih vulkanskih aktivnosti, kako po prostoru koji je zahvatila tako i po količini materijala koji je dala, bila je kvarclatitska podfaza. Ona predstavlja završnu etapu tercijarnog vulkanizma Kopaonika, te njeni produkti čine najviši nivo vulkanskog kompleksa. Debljina im je u okolini Trepče procenjena na oko 300 m (M i ć i ć, 1980). Kvarclatitski vulkanizam odlikuje se nizom pulzacija. U prvom delu izbacivane su velike količine piroklastičnog materijala, a zatim je dolazilo do lavičnog pražnjenja. Dok su vulkanski kanali andezita i latita bili retki, kvarclatitski su česti i mnogobrojni. Oni se najčešće javljaju u vidu dajkova, koji su u uskoj prostornoj vezi sa strukturno-tektonskom građom. Neki se mogu pratiti na dužini i do nekoliko kilometara. U odnosu na andezite i latite, kvarclatiti su izrazito kalijske stene i odlikuju se ujednačenim mineralnim sastavom, a samim tim i hemizmom.

Granitoidne stene Kopaonika su najmlađi produkti konsolidacije tercijarnog magmatizma. Njihovu prethodnicu čine kvarclatiti koji su im po mineralnom i hemijskom sastavu i petrohemijskim karakteristikama najbliži. Sličnost u mineralnom i hemijskom sastavu između kvarclatita i granitoida ukazuje na mogućnost da i jedni i drugi potiču iz istih magmatskih ognjišta, i da su razlike između njih uslovljene vremenom i mestom konsolidacije.

Granitoidne stene u Kopaoničkoj metalogenetskoj oblasti zastupljene su sa dva velika masiva (kopaonički i željinski) i više manjih granitoidnih tela rasejanih po celom Kopaoniku, od Željina na severu do Šatorice na jugu. Mada postoje brojne specifične karakteristike za skoro svako intruzivno telo, zajednički su im njihova prostorna i genetska povezanost sa disjunktivnim strukturama, način pojavljivanja, vreme konsolidacije i blizak mineralni, a samim tim i petrografski sastav.

Kopaonički granitoidni masiv prostire se od Jošaničke banje na severu do Brzeća na jugoistoku. To je prostrani lakolitski pluton koji je višefazno utisnut u seriju škriljaca, ali i u nešto mlađe dacitsko-andezitske vulkanite, najverovatnije u gornjem miocenu (D i v l j a n & K a r a m a t a, 1980). Prema analizama strukturnih elemenata masiv je konsolidovan u relativno plitkom nivou (D i m i t r i j e v i ć & D r a g i ć, 1957).

Na osnovu zastupljenosti bitnih komponenti: kvarca, alkalnog feldspata i plagioklasa izvršena je klasifikacija na granodiorite, monconite, kvarcmonconite, zatim nešto ređe kvarcdiorite. Od navedenih najčešći su granodioriti i kvarcmonconiti, nešto ređi kvarcdioriti, dok su dioriti, monconiti i graniti veoma retki. Središnji deo masiva izgrađen je od porfiroidnih granitoida, koji prema obodu postepeno prelaze u sitnozrne varijetete. Među žičnim stenama zapažaju se

uglavnom granodioritporfiriti, a sasvim lokalno i kvarcdioritporfirit. Apliti i pegmatiti najkasniji diferencijati nisu česte stene na Kopaoniku, pogotovu pegmatiti koji se sreću u svega par žica veoma malih razmera. Na Željinu su više zastupljeni. Erozija je duboko otkrila kopaonički pluton, tako da su apikalne kupole i rudna mineralizacija, ako je bila sa njima vezana odneta, posebno u središnjem delu masiva.

Promene u stenama

Prilikom utiskivanja magme došlo je do čitavog niza promena, kontaktno-metamorfnih i kontaktno-metasomatskih, na svim stenama koje učestvuju u građi Kopaonika pa i na tercijarnim vulkanitima obe faze koji predstavljaju prethodnicu u opštem razvoju magmatizma (Mićić, 1980). Tako intenzivne i rasprostranjene promene u okolnim stenama granitoida ukazuju ne samo na veliki toplotni kapacitet matične magme, već i na vrlo značajna odvajanja lokoisparljivih komponenti pri kraju kristalizacije magme i delovanje pneumatolitsko-hidrotermalnih rastvora na okolne stene, što je od posebnog metalogenetskog interesa pri ocenjivanju mineralne potencijalnosti kopaoničkog granitoidnog kompleksa.

Kontaktno metamorfna oreola obrazovana je u vidu nepravilnog prstena oko Centralnokopaoničkog granitoida sa površinom od oko 34 km^2 (Radukić, 1965; Mićić, 1980; Janković, 1990). Prema karakteru procesa i sastavu stena mogu da se izdvoje: produkti termičkog metamorfizma predstavljeni različitim vrstama kornita, mermera, mermerisanih krečnjaka i skarnova, kao i produkti kontaktno-metasomatskih procesa i difuzno-infiltracione metasomatoze. Prostorno korniti i kontaktno-metasomatski skarnovi leže po obodu samog granitoida, dok skarnovi koji su obrazovani duž razlomnih zona u karbonatnim stenama mogu biti lokalizovani i nešto dalje od kontakta granitoida.

Korniti čine 80% ukupne površine zahvaćene kontaktno-metamorfnim promenama. Nastali su metamorfozom paleozojskih filita, sericitskih škriljaca, argilita i karbonatnih stena. Prema Radukiću (1965) razlikuju se: piroksenski, biotitski, amfibolski i epidotski korniti.

Među skarnovima preovlađuju granatski, andraditsko-grosularski, a široko rasprostranjenje imaju i granatsko-piroksenski, piroksenski, piroksensko-amfibolski, volastonitski, skapolitski i epidotski skarnovi.

Strukturne karakteristike

Metalogenetska oblast Kopaonika odlikuje se složenim tektonskim odnosima, uobličavanih u više mahova, posebno posle zatvaranja Vardarskog okeana, kao dela Tetisa krajem jure i početkom krede (Karamata, 1995).

Istočno i zapadno od napred prikazanog Kopaoničkog bloka nalazi se zona ofiolitskog olistostromskog melanža, sa karakteristikama tvorevina obrazovanih u rovovima prostranih okeanskih basena, odnosno u marginalnim morima. Na jugu se te dve zone spajaju, a u sutoku se javlja zona metamorfisanog olistostromskog melanža. Na severu blok je presečen poprečnim rasedom po kome je severno krilo spušteno i iznad njega formiran tercijarni kraljevački basen. Napred pomenute, istočne i zapadne granice su znatnim delom pokrivene velikim masama ultramafita naguranih tokom tercijara.

Dok se Vardarski okean, odnosno njegovo glavno područje istočno od kopaoničkog bloka zatvara u gornjoj juri, vreme zatvaranja marginalnog Studeničkog mora je verovatno krajem jure, a moguće i kasnije u kredi. Kopaonički blok od formiranja studeničkog marginalnog mora ima sopstven razvoj u okviru mobilne Vardarske zone. Zapravo kopaonički blok predstavlja fragment kontinentalnog oboda u Vardarskoj ofiolitskoj zoni ili okeanskom području, tj. u složenom teranu Vardarske zone (K a r a m a t a , 1995). Ovaj blok razdvaja u tom složenom teranu dva dela; područje glavnog Vardarskog okeana od marginalnog Studeničkog basena.

Posebnu jedinicu čini **studenička plasa** sa podlogom od paleozoika (studenička serija), tankim, nemetamorfisanim permsko-trijaskim pokrivačem i dijabaz-rožnačkom formacijom koja sadrži senonske elemente. Ova plasa je alohtona preko drinsko-ivanjičkog elementa, dok je kopaonički blok, u velikoj meri, alohton preko drinsko-ivanjičkog bloka i studeničke plase.

Osnovni strukturni oblik Kopaoničke oblasti je veliki antiklinorijum koji se prostire od Kraljeva do Prištine (Ć i r i ć , 1956; V a n đ e l i dr. 1958). Kasnije je (verovatno savska faza) u ovoj oblasti došlo do veoma intenzivnih tektonskih poremećaja, kome su rasedi i rasedne zone dali osnovno obeležje. Na osnovu dosadašnjeg poznavanja u kopaoničkoj oblasti mogu se razlikovati četiri sistema disjunktivnih struktura od kojih svaki sistem ima svoje specifične karakteristike. To su "vardarske", orijentacije S-J, dinaridske pružanja SZ-JI, zatim rupture pružanja SI-JZ i najzad strukture I-Z. Razlomne strukture su bile mestimično putevi izlivanja i/ili utiskivanja kalko-alkalne magme i kretanja hidrotermalnih fluida sa ili bez rudne mineralizacije. Duž struktura došlo je do intenzivnih hidrotermalnih promena u okolnim stenama i deponovanja ruda Pb, Zn, Cu, W, Mo i dr.

Rudne pojave

U okviru višestadijnog delovanja granitoida i njegovih postmagmatskih fluida, u kontaktnoj oreoli kopaoničkog granitoida došlo je ne samo do stvaranja skarnova i kornita, već i mineralizacija magnetita, halkopirita, šelita, molibdenita, arsenopirita, sulfida olova, cinka i volastonita. Te mineralizacije nastale su u širokom temperaturnom intervalu hidrotermalnog područja, sa preovlađivanjem visokotemperaturnih minerala, i prostorno su smeštene bilo u samim prethodno obrazovanim skarnovima i kornitima, bilo neposredno u njihovoj blizini (jedino je

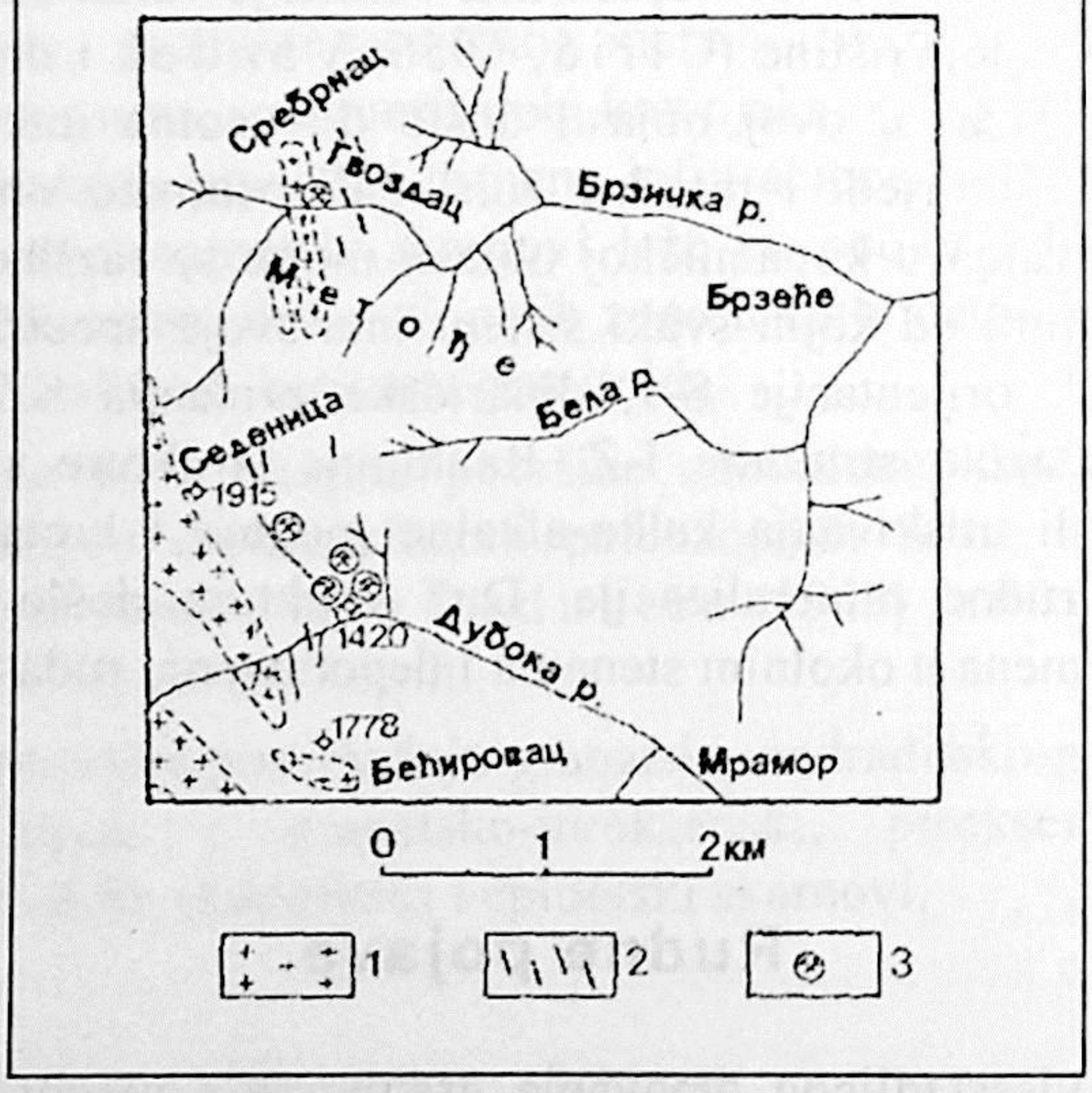
ležište volastonita nastalo u procesu obrazovanja skarnova). Otuda mineralizacije koje su vezane za plutonsku fazu tercijarnog magmatizma na Kopaoniku pripadaju skarnovskoj fazi. Pored kontaktnih silikata mogu se sresti u većim ili manjim količinama rude, magnetita, halkopirita, šelita i molibdenita.

Naša pažnja biće dalje usmerena na ležišta i pojave molibdena i delom šelita, zbog njihovog zajedničkog pojavljivanja.

Pojave molibdena

U kontaktno-metamorfnoj oreoli granitoida centralnog Kopaonika, a posebno u istočnom obodu, identifikovano je više pojava molibdenita. Neke od njih su i istraživane rudarskim radovima krajem pedesetih godina (V a n đ e l i dr., 1958; R a d u k i ć, 1965). Molibdenitska mineralizacija je obrazovana, kao što je već rečeno u skarnovima, kornitima i ređe u krečnjacima. Prema asocijaciji minerala, u molibdenitskoj minerali-zaciji se izdvajaju: molibdenitsko-šelitska, koja je i najčešća, zatim molibdenitsko-halkopiritska, odnosno molibdenitsko-halkopiritsko-bornitska i šelitsko-molibdenitska asocijacija. Sve su one stvorene iz visokotemperaturnih hidrotermalnih rastvora, koji su zahvatili prethodno obrazovane skarnove i kornite.

Molibdenit se obično javlja u vidu ljuspi ili obrazuje manja gnezda u tankim žilicama i prslinama ali i u vidu rasejanih impregnacija.



Sl. 91. *Geološka karta pojava molibdena Gvozdac i Duboka (J e l e n k o v i ć, 1999)*
1. Granodiorit, 2. Žični ekvivalenti granitoida, 3. Rudne pojave molibdena.

Fig. 91. *Geological map of molybdenum occurrences in Gvozdac and Duboka area (J e l e n k o v i ć, 1999)*
1. Granodiorite, 2. Vein equvalents of granitic rocks, 3. Molybdenum ore occurrences.

Među pojavama molibdenita značajnije su Gvozdac-Srebrenac, Duboka i Čajetina koje se nalaze u južnom i jugoistočnom delu Kopaonočkog granitoida (sl. 90).

Gvozdac-Srebrenac. - Na istočnim padinama Kopaonika, u izvorišnom delu Brzećke reke, na oko 27 km od Brusa, poznato je više pojava molibdenitsko-šelitske mineralizacije koje su 1952, 1955 godine istraživane i rudarskim radovima (Talić & Vanđel, 1955). Geološku građu terena Gvozdac čine krečnjaci sa proslojcima škriljaca u koje je intrudovana jedna veća dioritska masa koju prate i njihovi dajkovi (sl. 90, 91).

Mineralizacija je smeštena u skarnovima (granatski, piroksenski) i kornitima. Molibdenit se javlja u tankim žilicama i u samim granodioritima, koji su endokontaktno promenjeni. Šelit praćen halkopiritom obrazuje impregnacije u skarnovima.

Debljina mineralizovanih skarnova i kornita je mala, i u njima je molibdenit veoma neravnomerno razmešten. Žilice i prožilci sa molibdenitom debljine do 0,12 m, izuzetno do 0,2 m, su veoma retke i smeštene su u jednom relativno širokom prostoru, čija je površina oko 30 ha (Vanđel i dr. 1958).

Pored molibdenita i šelita mineralna parageneza obuhvata i druge minerale koji se javljaju sporadično i bez većih koncentracija. Među njima su posebno interesantni halkopirit i bornit, zatim halkozin, arsenopirit, pirit, lineit, pirotin, sfalerit, tetraedrit, stanin i hematit. Uz halkopirit se mestimično uočavaju samorodni bizmut i zlato, krajnje retko sitna zrna kasiterita.

Molibdenitsko-šelitska mineralizacija u predelu Gvozdac-Srebrenac prema dosadašnjim istraživanjima nije ekonomski interesantna.

Duboka. - Pojave molibdenita u levoj obali Duboke, 3 km SI od Pančićevog vrha, u istočnom obodu granitoida Kopaonika, pronađene su tek 1955. godine (Simić, 1956).

Mineralizacija je lokalizovana u kornitisanim škriljcima, duž struktura razlamanja opšteg pravca pružanja S-J. Istraživanjem je otkriveno pet pojava sa molibdenitsko-šelitskom mineralizacijom. Molibdenit obrazuje mala gnezda ili impregnacije duž razloma. Mineralizovani rasedi su po pružanju dugi 60 - 70 m, široki do oko 40 m, a po padu su praćeni oko 40 m (Simić, 1956; Janković, 1990; Jelenković, 1999).

Pored molibdenita, koji je na površini delom transformisan u povelit, sporadično se javljaju još šelit i halkopirit. Prema dosadašnjem stepenu istraženosti ekonomski značaj ovih pojava je mali.

Čajetina. - Nalazi se u južnom kontaktnom delu Kopaoničkog granitoida, oko 5 km zapadno od Pančićevog vrha (sl. 90). Pojave su istraživane geohemijski, geofizički i dubinskim bušenjem i raskopima (Radulović, 1977, 1978, 1979, 1980). Geološku građu terena Čajetina čine kristalasti škriljci (kornitisani i skarnizirani), serpentiniti i dajkovi kvarcmikrodiorita. Pojave Mo i Cu se nalaze na više mesta u blizini kontakta kvarcmikrodiorita i kornitisanih škriljaca, odnosno skarniziranih okolnih stena. Dominantan mineral je halkopirit i pirit, zatim halkozin, bornit, arsenopirit, pirotin, molibdenit i limonit.

Molibdenit se javlja u vidu žilica i impregnacija obično sa piritom i halkopiritom udružen. U ovoj sulfidnoj paragenezi sem Cu i Mo prisutno je i Ag, tako da je ruda kompleksna.

Sadržaj bakra, molibdena i drugih pratećih elemenata je jako promenljiv što se može videti u tabeli 26

Tabela 26. *Sadržaj Cu, Mo i drugih pratećih elemenata u probama na Čajetini*
Table 26*. Cu, Mo and accompanying elements content in Čajetina samples*

Br. buš.	Br. kompozita	Interval u m	%	ppm				
			Cu	Mo	Ag	Au	Co	Ni
ČB-1	K-1	119,5-121,5	0,13	610	10	0,05	25	38
ČB-2	K-2	49-62	1,0	42	7,1	0,05	58	300
	K-3	96-98	0,2	65	3,7	0,09	18	50
	K-4	101,5-103,5	0,35	42	12,6	0,09	20	68
	K-5	176-179	0,05	1900	1,9	0,03	40	83
ČB-3	K-6	74,2-76,5	0,25	4	3,3	0,03	50	68
ČB-4	K-7	80-84	0,33	4	4,8	0,03	38	42
	K-8	92-98	0,20	3	4,8	0,03	35	35
	K-9	127-131	0,16	4	39	0,04	35	50
	K-10	187,3-190,3	0,12	7	6,1	0,03	340	1800

Izvor podataka (Source of records): *Radulović, 1977, 1978, 1979, 1980.*

Radovi na Čajetini su prekinuti, a da se nije odgovorilo na pitanje o količini i razmeri Mo-Cu rude. Sadržaji bakra od 1% na intervalu od 13 m, kao i Mo od 0.19% na intervalu od 3 m, ukazuju da na ovom lokalitetu ima osnova za istraživanja Mo-Cu mineralizacija.

Vučak. - Vučak je istureni vis Centralnog Kopaonika (k. 1718). Udaljen je oko 9 km od Pančićevog vrha u pravcu SSZ. Geološku građu čine granodioriti, skarnovi, mermeri, kristalasti krečnjaci, korniti i amfibolski škriljci.

Skarnovske mase kao okolne stene šelitske mineralizacije, imaju malo rasprostranjenje, što umanjuje njihovu mineralnu potencijalnost. Skarnovi Vučaka su obrazovani na kontaktu granodiorita i kristalastih krečnjaka i mermera. Po sastavu, to su granatsko-piroksenitski skarnovi sa učešćem volastonita, epidota i skapolita. Granat je preovlađujući sastojak i često gradi granatite, monomineralne stene gde kristali dostižu krupnoću do 3 cm. Debljina skarnovskih tela je prema Vanđelu i dr. (1958), u severoistočnom delu Vučaka 4 -13 m na dužini od 85 m (1360 m^2), a u jugozapadnom delu 16-45 m na dužini od 150 m (9000 m^2)

Šelit je neravnomerno razmešten u skarnovskoj masi. Javlja se pretežno u vidu imporegnacija, ali sa niskim koncentracijama šelita, pogotovu u jugozapadnoj skarnovskoj masi. Intenzivnije koncentracije šelita uočavaju se u granatitima. Međutim, takve mase su malih razmera, maksimalne moćnosti do 2 m, pa je njihov ekonomski značaj mali.

Oštra Čuka. - U Oštroj Čuki pojave šelita se nalaze u neposrednoj blizini sulfidne Pb-Zn mineralizacije. Šelit je otkriven na južnim padinama Oštre Čuke u vidu kvarcno-šelitskih žica male debljine (1-20 cm) i ograničenog pružanja.

Izuzetno u jednom starom rudarskom radu može se, na dužini od 10 m, pratiti jedna šelitska žica čija je moćnost 1,5 m i koja pokazuje mestimično proširenje (Vandel i dr., 1958). Kvarcno-šelitske žice nastale su ispunjavanjem pukotina u karbonatnim stenama "Veleške serije".

Šelit je lokalno praćen piritom i galenitom. U celini ova pojava je slabo proučena

Zajednička karakteristika za sve molibdenske, volframske i molibdensko-volframske pojave je da su koncentrisane na relativno malom prostoru u blizini kontakta sa granodioritima i da su na niskom stepenu istraženosti. Za neku bližu ocenu ovih pojava, nephodno je prvo izvršiti studijska proučavanja uz primenu savremanih metoda istraživanja, prvenstveno geohemijskih da bi se dobili neki osnovni parametri za dalja istraživanja.

KARPATSKO-BALKANSKA METALOGENETSKA PROVINCIJA

U terenima Istočne Srbije nalazi se segment Karpato-Balkanida, odnosno Karpatsko-Balkanske metalogenetske provincije, kao jedna od najvažnijih tektonskih jedinica Srbije i istovremeno područje sa brojnim rudnim ležištima, među kojima bakar i zlato zauzimaju dominantno mesto.

Karpato-Balkanidi Istočne Srbije smešteni su između Srpsko-Makedonske mase na zapadu i jugozapadu i Mezijske platforme na istoku (sl. 92). Prema severu, preko Dunava, oni se nastavljaju u Rumuniju, a na jugoistoku u Bugarsku (Dimitrijević, 1959; Janković, 1990; Janković i dr., 2003).

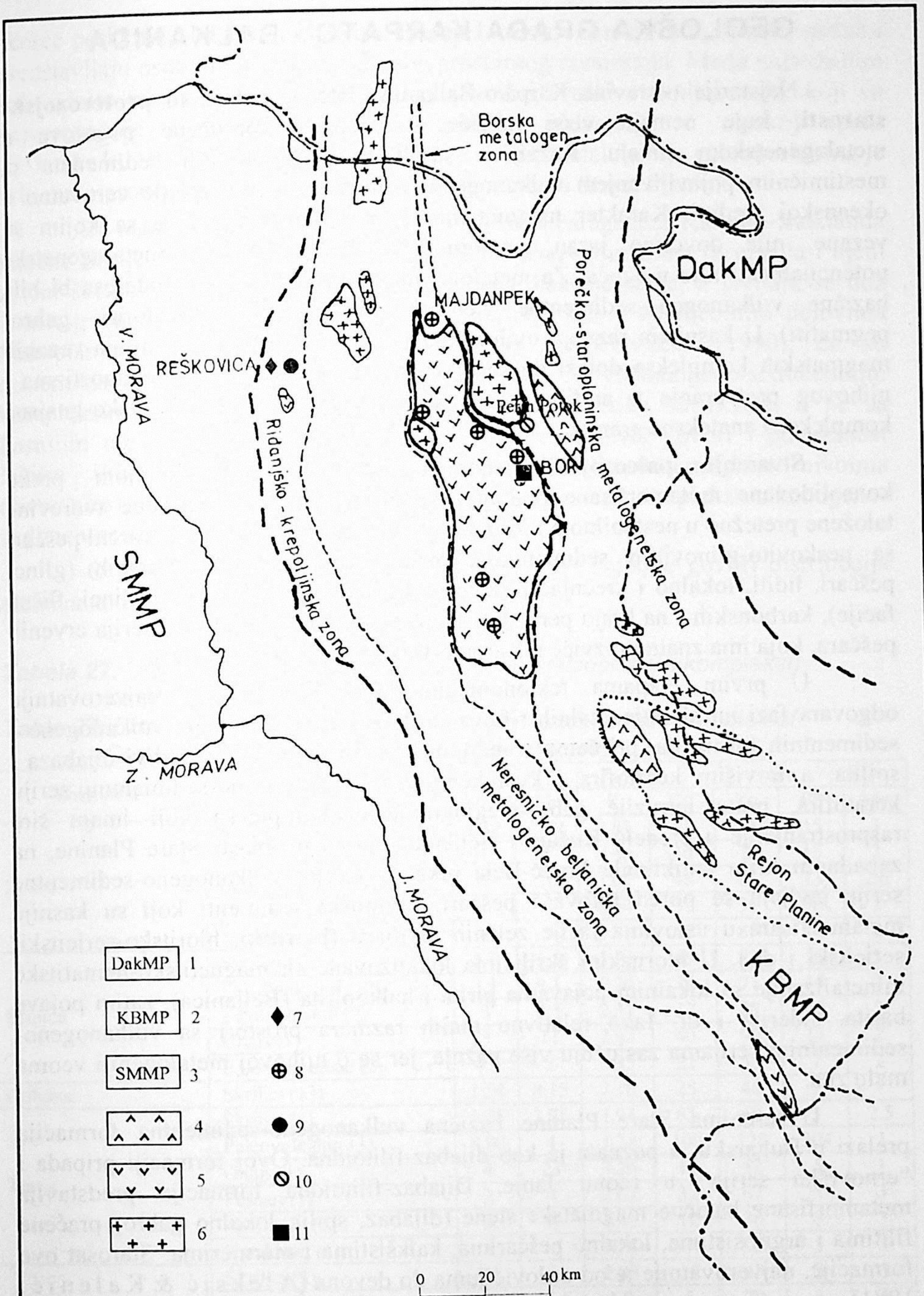
Karpato-Balkanska metalogenetska provincija se prostorno poklapa sa geotektoskom jedinicom koja se pruža od Karpata, preko Istočne Srbije i Bugarske do Crnog mora i dalje preko Kavkaza, Centralnog Irana i Burme do Indonezije (Janković, 1990). Na teritoriji Srbije ova provincija se prostire na dužini oko 220 km. U okviru Karpato-Balkanida Istočne Srbije izdvojeno je više metalogenetskih zona, koje se karakterišu specifičnim geološkim razvojem, genetskim tipovima ležišta i mineralnim asocijacijama, kao i vremenom stvaranja rudnih ležišta i pojava (Grubić, 1980; Kalenić i dr., 1983; Anđelković, 1982; Anđelković & Nikolić, 1974; Janković, 1967, 1990; Jelenković, 1999; Koželj, 2002). Počev od zapada prema istoku izdvojene su i bliže definisane sledeće metalogenetske zone: Ridanjsko-Krepoljinsaka, Neresničko-Beljanička, Borska i Porečko-Staroplaninska zona, sl. 92

Sl. 92. *Pregledna skica metalogenetskih zona u Istočnoj Srbiji (prema Jelenković, 1999, modifikovano)*

1. Dakijska metalogenetska provincija, 2. Karpato-Balkanska metalogenetska provincija, 3. Srpsko-makedonska metalogenetska provincija, 4. Gabro, 5. Vulkaniti, 6. Plutoniti, 7. Skarnovska ležišta, 8. Porfirska ležišta, 9. Hidrotermalna ležišta, 10. Žična ležišta, 11. Ležišta masivnih sulfida.

Fig. 92. *Sketch mapo of metallogenetic zones in Eastern Serbia (after Jelenković, 1999, modifikovano)*

1. Dakian metallogenetic province, 2. Carpathian-Balkan metallogenetic province, 3. Serbian-Macedonian metallogenetic province, 4. Gabbro, 5. Volcanic rocks, 6. Plutonic rocks, 7. Skarn deposits, 8. Porphyry deposits, 9. Hydrothermal deposits, 10. Vein deposits, 11. Massive sulphide deposits.


Borska
metalogen
zona
DakMP
MAJDANPEK
Poreč
ko-staroplanin
ska metalogenetska zona
REŠKOVICA
V. MORAVA
SMMP
Ridanjsko - krepoljinska zona
Rečka Reka
BOR
Z. MORAVA
J. MORAVA
Neresničko beljanička
metalogenetska zona
Rejon
Stare Planine
KBMP
DakMP 1
KBMP 2
SMMP 3
4
5
6
7
8
9
10
11
0
20
40 km

GEOLOŠKA GRAĐA KARPATO - BALKANIDA

Najstarije tvorevine Karpato-Balkanida Istočne Srbije su **proterozojske starosti,** koje nemaju veće razviće i slabo su proučene pogotovu u metalogenetskom smislu. Razvijene su u faciji laporovitih sedimenata sa mestimičnim pojavljivanjem vulkanogeno-sedimentne serije nastale verovatno u okeanskoj sredini. Karakter magmatizma i tip tektonske sredine sa kojim su vezane, nije dovoljno jasan, pa otuda i ocena njihove metalogenetske potencijalnosti nije moguća. Za metalogeniju ovih formacija od interesa bi bile bazične vulkanogeno-sedimentne stene (dijabazi, spiliti, keratofiri, gabro-pegmatiti). U kasnijem razvoju ovih sedimentacionih prostora i sa njima vezanih magmatskih kompleksa dolazi do snažnih procesa progresivnog metamorfizma i njihovog pretvaranja u amfibolitsko-gnajsne, migmatitsko-amfibolitsko-gnajsne komplekse i anateksne granite.

Stvaranje **paleozojskih sedimenata** počinje transgresijom preko konsolidovane metamorfisane podloge proterozoika. To su terigene tvorevine taložene pretežno u nestabilnom moru od ordovicijskih sedimenata (kvarcni peščari sa peskovito-glinovitim sedimentima, metaalevroliti), preko silurskih (glinci peščari, liditi, lokalno i krečnjaci), devonskih (metaglinci, peskoviti glinci, flišne facije), karbonskih i na kraju permskih sedimenata, koje karakteriše serija crvenih peščara, koja ima znatno razviće u Karpato-Balkanidima Istočne Srbije.

U prvim etapama tektonomagmatskog ciklusa, koji najverovatnije odgovara fazi intrakontinentalnih riftovanja dolazi do obrazovanja vulkanogeno - sedimentnih formacija, pri čemu u dubljim delovima dominiraju izlivi dijabaza i spilita, a u višim keratofira i kvarckeratofira. Vulkanogeno-sedimentnu seriju keratofira, prate intruzije gabro-plagiogranitskih kompleksa koji imaju šire rasprostranjenje u predelu Kučaja i Beljanice, kao i u oblasti Stare Planine, na zapadnom krilu antiklinale Poreč-Bela reka. U okviru vulkanogeno-sedimentne serije javljaju se pored tufova i peščari, psamitski sedimenti koji su kasnije metamorfisani u uslovima facije zelenih škriljaca (hloritski, hloritsko-sericitski, sericitski i dr.). U hloritskim škriljcima lokalizovane su magnetitsko-hematitske mineralizacije sa lokalnim pojavama pirita i halkopirita (Beljanica), zatim pojave barita, siderita i dr. Iako relativno malih razmera prostori sa vulkanogeno-sedimentnim serijama zaslužuju više pažnje, jer se o njihovoj metalogeniji veoma malo zna.

U terenima Stare Planine bazična vulkanogeno-sedimentna formacija prelazi u Bugarsku, a poznata je kao dijabaz-filitoidna. Ovoj formaciji pripada i "crnovrška serija" u reonu Janje. Dijabaz-filitoidna formacija predstavlja metamorfisane bazične magmatske stene (dijabaz, spilit, lokalno gabro) praćene filitima i argilošistima, lokalno peščarima, kalkšistima i mermerima. Starosat ove formacije, najverovatnije je od ordovicijuma do devona (Aleksić & Kalenić, 1981).

U kristalastim škriljcima zelene facije, krajem devona, a moguće i početkom karbona u Karpato-Balkanidima Istočne Srbije, a posebno u Porečko-staroplaninskoj zoni, dolazi do veoma snažnih intruzija gabroidnih stena uz manje

učešće peridotita, lokalno i dijabaza. Prema Jankoviću (1990), duboki razlomi predstavljaju osnovnu kontrolu njihovog prostornog razmeštaja. Među najvažnijim gabroidnim masivima ovog tipa ubrajaju se Zaglavački i Delijovanski, koji su najverovatnije razdvojeni uzdužnim zonama razlamanja u alpskoj epohi (Sikošek, 1955, iz Janković, 1990). U celini, metalogenija gabroperidotita je vrlo malo proučena, pogotovu Zaglavačkog masiva na Staroj Planini.

Za metalogeniju zlata i zlatonosno-šelitskih parageneza Karpato-Balkanida Istočne Srbije, od posebnog je interesa vulkanogeno-sedimentna formacija i njeni zeleni škriljci, koji predstavljaju metamorfisane bazične stene, a javljaju se duž istočnog oboda neresničkog granitoidnog masiva, kao i u pojedinim delovima Staroplaninske zone. Nije isključeno, prema Jankoviću (1990), da su mineralizacije zlata genetski i prostorno vezane sa vulkanogeno-sedimentnim kompleksima, odnosno njihovim metamorfisanim zelenim škriljcima, a ne sa kasnijim utiskivanjem granita. U prilog ovoj predpostavci govori i povezanost ležišta i/ili mineralizacija zlata sa određenim litostratigrafskim nivoima (Neresnica). U istom smislu mogao bi da se tretira i zeleni kompleks vulkanogeno-sedimentne serije u Srpsko-makedonskoj masi.

O mineralnoj potencijalnosti ovih tvorevina najbolje govori distribucija elemenata u pojedinim sredinama, tabela 27

Tabela 27. *Distribucija elemenata u vulkanogeno-sedimentnom kompleksu Karpato-Balkanida Istočne Srbije (ppm)*
Table 27. *Distribution of elements in volcanogene-sedimentary complex of Carpathian-Balkanides in Eastern Serbia (ppm)*

Lokalnost	Stena	ppm		%	ppm			
		U	Th	K	Cu	Zn	Pb	Mo
Dobra	Škriljci (37)	1.62	2.89	0.84	61	71	15	3
	Metavulkaniti (2)	1	1	0.46	40	78	15	2
	Filiti (3)	3	10	3.02	48	85	13	2.6
	Mermeri (1)	2	2	0.64	30	35	70	2
	Metasedimenti (1)	4	9	3.35	45	85	14	2
Brnjica	Škriljci (12)	2.5	5.1	1.71	48	81	16	3
	Paleovulkaniti (12)	3.1	9.1	7.24	32	71	14	2
	Metavulkaniti (2)	3	5.5	2.31	37	88	22	2
	Gnajs (1)	3	11	2.42	40	90	13	2
	Epidotske stene (2)	4.5	2	0.35	22	55	7	2
Golubac	Škriljci (13)	1.54	8.15	2.18	25	44	7	1
Turija	Škriljci (4)	1.75	3.75	1.94	65	69	3	2.5
	Paleovulkaniti (3)	8.80	4	1.32	100	120	304	1
	Gnajs (1)	4	23	3.26	13	52	5	1
	Peščari (1)	2	4	2.63	32	67	5	3
	Amfibolit (1)	3	8	1.45	12	30	3	3
	Kataklazit (1)	4	15	0.88	330	127	5	3
Mastakan (Plavna)	Škriljci (3)	2.5	5	2.86	31	48	3	3
	Paleovulkaniti (2)	4	11.5	1.9	5	79	3	3
	Metavulkaniti (1)	3	22	2.49	19	50	3	3
	Filiti (1)	2	9	2.78	97	110	30	2
Mali Crni Vrh	Škriljci (5)	1	4.6	1.18	30	103	6	2
Koreška-Slatina	Škriljci (90)	3.33	3.89	0.55	37	46	5	2.5

Lokalnost	Stena	ppm		%	ppm			
		U	Th	K	Cu	Zn	Pb	Mo
(Porečka reka)	Paleovulkaniti (7)	4.7	12	2.52	15	71	7	2
	Metavulkaniti (2)	9.5	3.9	3.40	8	55	5	2
	Gnajs (2)	4	8	2.17	24	61	6	2
	Metasedimenti (1)	3	7	1.90	26	70	5	2
	Peščari (2)	3.5	11	1.44	47	95	7	2
	Metabaziti (1)	0	1	0.11	77	48	5	3
	Amfibolit (1)	2	4	1.81	52	40	5	2
Koprivnica kod Salaša (Deli Jovan)	Paleovulkaniti (2)	3.5	11	2.40	19	45	5	1
	Metavulkaniti (1)	2	20	3.78	10	50	8	1
	Gnajs (1)	7	46	3.34	6	20	10	1
	Peščari (4)	4.5	15.5	1.31	12	65	5	1.5
Vrška Čuka	Paleovulkaniti (1)	2	7	1.87	7	22	3	3
	Peščar (3)	3.67	9.67	2.42	11	105	10	2
Papratna-Repušnica	Škriljci (37)	1.1	4.38	1.1	40	82	6	2
	Paleovulkaniti (3)	6.7	22.7	1.16	78	77	8	1.5
	Metavulkaniti	2.5	7.5	2.36	40	101	5	1
	Filiti (2)	2.5	9.5	2.80	82	115	5	2.5
	Peščari (1)	3	15	2.31	24	18	18	1
Aldinac-Repušnica	Škriljac (2)	3	11	3.44	151	83	2	2
	Metapeščar (2)	8	38	0.20	661	20	1	2
	Silifikovana stena (1)	1	1	1.95	55	375	242	36
Ravno Bučje-Janja	Škriljci (11)	1.27	3.18	1.26	40	82	6	2
	Paleovulkaniti (1)	1	1	0.32	17	82	5	3
	Metasedimenti (1)	2	7	1.53	22	82	5	2
	Metabazit (2)	0.5	0.5	0.89	30	55	6	2
Crnovrška serija	Škriljci (45)	2	3	0.95	147	115	19	3
	Metapeščar (7)	8	19	1.38	318	89	17	8
	Gnajs (3)	1	1	0.42	17	39	2	3
	Peščar (1)	2	2	1.18	37	30	2	2
Inovska serija	Arkozni metapeščari (61)	9.95	22	2.2	153	56	67	5
	Škriljci (35)	3.60	11.5	2.5	60	32	51	2.75
	Metakonglomerati (14)	4.40	15.5	1.83	53	29	22	4.23
	Metaalevroliti (7)	2	8	1.66	-	-	-	2.1
	Dijabazi (3)	3	7	1.35	116	35	31	2.0
Ukupno: Vulkanogeno-sedimentni kompleks: opseg, srednji sadržaj, koeficijent koncentracije (Kc)								
O p s e g	Broj proba: 468	0.5-16	0.5-46	0.11-7.24	5-661	30-375	2-304	1-36
Srednji sadržaj	Broj proba: 468	3.76	8.50	1.59	78	65	23	3.17
Koeficijent konc. (Kc)	Broj proba: 468	1.50	0.65	0.64	1.66	0.78	1.44	2.88

Izvor podataka (Source of records): *Gertik & Kovačević, 1985, 1986.*

Iz tabele 27 može se videti da molibden u vulkanogeno-sedimentnom kompleksu Karpato-Balkanida Istočne Srbije ima dosta ujednačen sadržaj, uglavnom 1-3 ppm. Znatno veći sadržaji javljaju se na prostoru Stare Planine u silifikovanim stenama (36 ppm, Aldinac-Repušnica), zatim u metapeščarima (5-8 ppm) i metakonglomeratima Inovske serije (4.23 ppm). Zbog toga nije slučajno da se Mo žice sa povećanim sadržajem urana, javljaju upravo na Staroj Planini (Cvetkov do, Sorčin do i dr.). Bakar, slično molibdenu, najveće sadržaje dostiže na Staroj Planini u metapeščarima (661 ppm) na prostoru Aldinac-Repušnica i na

Turiji u kataklazitima (330 ppm), što se odrazava povećanim sadržajima bakra u ležištima urana i halkopiritskim žicama (Trepetljak). Olovo i cink, ako izuzmemo paleovulkanite Turije (Pb-304, Zn-120 ppm) i silifikovane stene Stare Planine (Pb-242, Zn-375 ppm), imaju u celini niske sadržaje u vulkanogeno-sedimentnom kompleksu Karpato – Balkanida Istočne Srbije.

U pogledu urana, paleovulkaniti Turije (8.8 ppm), Plavne (4 ppm) i na prostoru Papratna-Repušnica (6.7 ppm), zatim paleovulkaniti (4.7 ppm) i metavulkaniti (9.5 ppm) Koreške Slatine, metapeščari (8-9.5 ppm) i metakonglomerati (4.4 ppm) Crnovrške i Inovske serije, pokazuju se kao potencijalno interesantne sredine gde mogu da se očekuju uranske mineralizacije. Torijum i kalijum, uglavnom, asociraju sa uranom, odnosno njihove povećane vrednosti sadržaja javljaju se u istim litološkim sredinama. Interesantno je da je koeficijent koncentracije (lokalni fon/klark Zemljine kore), najveći za molibden (2.88), zatim bakar (1,66), uran (1.50) i olovo (1.44), dok je za torijum (0.65), kalijum (0.64) i cink (0.78) manji od jedan, što znači da je lokalni fon niži od prosečnog sadržaja u Zemljinoj kori.

Trijaski sedimenti u Karpato-Balkanidima Istočne Srbije, poznati su u zapadnom delu gde su razvijeni u zoni od Kučajne na severu do planine Ruj na jugoistoku i nastavljaju u Bugarsku, i u središnim delovima Karpato-Balkanida – reon Stare Planine. Vulkanogena aktivnost nije zabeležena u vreme trijasa. Stvaranje trijaskih sedimenata na početku je bilo vezana sa plitkim slatkovodnim kontinentalnim basenima, a u kasnijoj fazi sedimentacija je vršena u većim dubinama, u uslovima mora, sa postojanim fizičko-hemijskim uslovima sedimentacije. U najnižim nivoima donjeg trijasa, deponuju se peščari, konglomerati, alevroliti, koje naviše smenjuju peskoviti krečnjaci i dolomiti, da bi u uslovima mora dominantno mesto imale karbonatane facije. U gornjem trijasu Stare planine i dalje preovlađuju karbonatne stene sa alevrolitima i peščarima.

U pogledu mineralne potencijalnosti trijaslki sedimenti nisu posebno perspektivni za obrazovanje sedimentnih ležišta. Nešto veći interes imaju klastični donjotrijasko-permski sedimenti Stare Planine (šareni peščari) u kojima je registrovana mineralizacija urana – Dojkinci sa povećanim sadržajem molibdena i bakra (Gertik, 2003; Janković, 1990; Kovačević, 1997).

Stvaranje jurskih sedimenata počinje lijaskom marinskom transgresijom na paleoreljefu obrazovanom od trijaskih i paleozojskih tvorevina (Anđelković, 1975). Lijasko more je u početku plitko i u njemu se talože terigeni sedimenti koji mestimično sadrže ugalj. Tokom vremena dolazi do produbljavanja basena i deponovanja krečnjaka, glinaca i alevrolita. U srednjoj juri transgresija se širi, a režim sedimentacije se karakteriše povišenom diferencijacijom morskog dna, što se odražava u stvaranju raznovrsnih facija sedimenata, među kojima preovlađuju karbonatno-terigene stene u plitkim delovima basena, a laporovito-karbonatne i karbonatne stene u dubokim delovima basena.

Gornjojurske tvorevine imaju najveće rasprostranjenje, a među njima mogu se izdvojiti: facije sprudnih krečnjaka (karbonatne platforme Kučaja i

Miroča), pelaške karbonatne stene u središnim delovima Istočne Srbije, flišni sedimenti duž oboda Karpato-Balkanida i Srpsko-Makedonske mase i vulkanogeno-sedimentna serija smeštena u krajinskom trogu, nastalom najverovatnije, u vezi sa otvaranjem tetisa Vardarske zone (Grubić, 1980). Metalogenija jurskih sedimenata, a pogotovu vulkanogeno-sedimentne serije je dosada vrlo malo izučavana.

Sedimenti donje krede imaju široko rasprostranjenje i prema uslovima stvaranja i paleogeogragfskom razvoju mogu se izdvojiti: plitkovodni sedimenti najšire rasprostranjeni (krečnjaci, peščari, laporci, kao i konglomerati i breče), sedimenti nastali u dubljem moru razvijeni uglavnom u balkanskoj sinklinali (laporovito-glinovito-krečnjačke stene sa muglama rožnaca) i flišni sedimenti (peščari, glinci, laporci, krečnjaci), ograničeni uglavnom na Lužničku zonu i Krajinski trog (Anđelković, 1975).

Gornja kreda je zastupljena sa vulkanogeno-sedimentnim stenama (senonski peliti, laporci i tufovi) preko kojih leže konglomerati i vulkanogeno-intruzivni kompleks. Najveće rasprostranjenje imaju u borskoj metalogenetskoj zoni gde će biti više reči o ovim kompleksima. Krajem gornje krede tereni Istočne Srbije postaju kopno, kao posledica tektonskih kretanja.

Sa stanovišta metalogenije važno je istaći formiranje tri regionalna lineamenta, koji delom imaju karakter riftova. Prvi lineament je Ridanjsko-krepoljinska zona u zapadnom obodu Karpato-Balkanida, Timočko (borsko) - dobropoljska zona u središnjem delu i razlomna zona Miroč - Vrška Čuka-Vratarnica u istočnom delu Karpato-Balkanida. Ove razlomne zone predstavljaju osnovni regionalni kontrolni faktor stvaranja i razmeštaja magmatskih kompleksa sa kojima je povezano obrazovanje veoma značajnih rudnih ležišta u prvom redu bakra i zlata.

Formiranje ležišta i rudnih pojava u prvom redu bakra, a stim u vezi i molibdena, u Karpato-Balkanidima Istočne Srbije tumači se u novije vreme procesom riftogeneze, sa adekvatnim razmicanjem blokova kontinentalne kore, praćenim u početku veoma aktivnim vulkanizmom, a potom u fazi zatvaranja rifta intruzivnim magmatizmom, poznatim kao laramijski plutonizam. Takva ležišta su smeštena u Borskoj i Ridanjsko-Krepoljinskoj metalogenetskoj zoni, a genetski su vezana sa kalko-alkalnim magmatskim kompleksima (andeziti, delom daciti i njihovi plutonski ekvivalenti).

Magmatski kompleksi nastaju pretežno iz magmi koje se formiraju dehidratisanjem subdukovane afro-arabijske i/ili indijske okeanske kore ispod Evroazije i/ili parcijalnim topljenjem gornjeg omotača iznad subdukcione zone. Magme su prodirale naviše kroz kontinentalnu koru duž zona razlamanja i riftnih struktura obrazovanih iznad subdukcione zone. Na osnovu inicijalnih odnosa Sr^{87}/Sr^{86} mogu se izdvojiti dve osnovne grupe magmatskih kompleksa u prostoru između JI Evrope i Tibeta, odnosno duž Tetijskog evroazijskog metalogenetskog pojasa:

- Magme koje su nastale parcijalnim topljenjem subdukovane okeanske kore i gornjeg omotača, bez kontaminacije krustalnim materijalom, $Sr^{87}/Sr^{86} = 0.703\text{-}0.705$.
- Magme koje se formiraju od materijala gornjeg omotača, ali su u velikoj meri kontaminirane materijalom kontinentalne kore $Sr^{87}/Sr^{86} = 0.706 - 0.712$.

Vulkaniti timočkog kompleksa pripadaju drugoj grupi magmi, jer je odnos $Sr^{87}/Sr^{86} = 0.707 - 0.712$ (Lovrić, 1972; Janković, 1990).

Najvažniji tipovi ležišta bakra i asocijacije minerala su: rudna tela masivnih sulfida (Bor), porfirski tip mineralizacije (Majdanpek, Cerovo, Mali Krivelj, Dumitri Potok, Valja Strž, Veliki Krivelj, Borska reka, Borski potok), žiličasti tip rudne mineralizacije duž struktura razlamanja i rudoklasti.

Mineralizacije molibdenita u Karpato-Balkanidima Istočne Srbije vezane su za karbonski, odnosno hercinski granitoidni kompleks, lokalizovan u sevrnom delu Istočne Sbije i u domenu Stare planine, sl. 92, 93. Pored toga značajne koncentracije molibdenita, zajedno sa porfirskim rudama bakra, genetski je vezano sa kalko-alkalnim i pratećim magmatskim kompleksima kredno-paleogene starosti (Borska metalogenetska zona). Iako granitporfiri i dioritporfiriti Aldinac – Repušnica sadrže povećan sadržaj Mo i Cu, šanse za obrazovanje značajnijih koncentracija tih metala su neznatne, imajući u vidu da na današnjem stepenu poznavanja metalogenije tog prostora, nije moguće sagledati koji bi to bili izvori rudnih metala.

Granitoidne intruzije u Karpato- Balkanidima

U Karpato-Balkanidima Istočne Srbije, poznato je više karbonskih, odnosno hercinskih granitoidnih kompleksa lokalizovanih u severnom delu ovog područja i u delu Stare Planine (sl. 93). Rezultati ispitivanja ukazuju da su obrazovani u jednom istom tektonskom ciklusu i generalno potiču iz jednog magmatskog ognjišta. Međutim, pojedini masivi, odnosno delovi masiva bili su obrazovani u različitim fazama i podfazama istog tektonomagmatskog ciklusa (Divljan & Divljan, 1970).

Tabela 28. *Distruibucija U, Th, K, Cu, Zn, Pb i Mo u magmatskim stenama (permmske starosti) Karpato-Balkanida u Istočnoj Srbiji (ppm)*

Table 28. *Distribution of U, Th, K, Cu, Zn, Pb and Mo in igneous rocks (Permian age) of Carpathian-Balkanides in Eastern Serbia (ppm)*

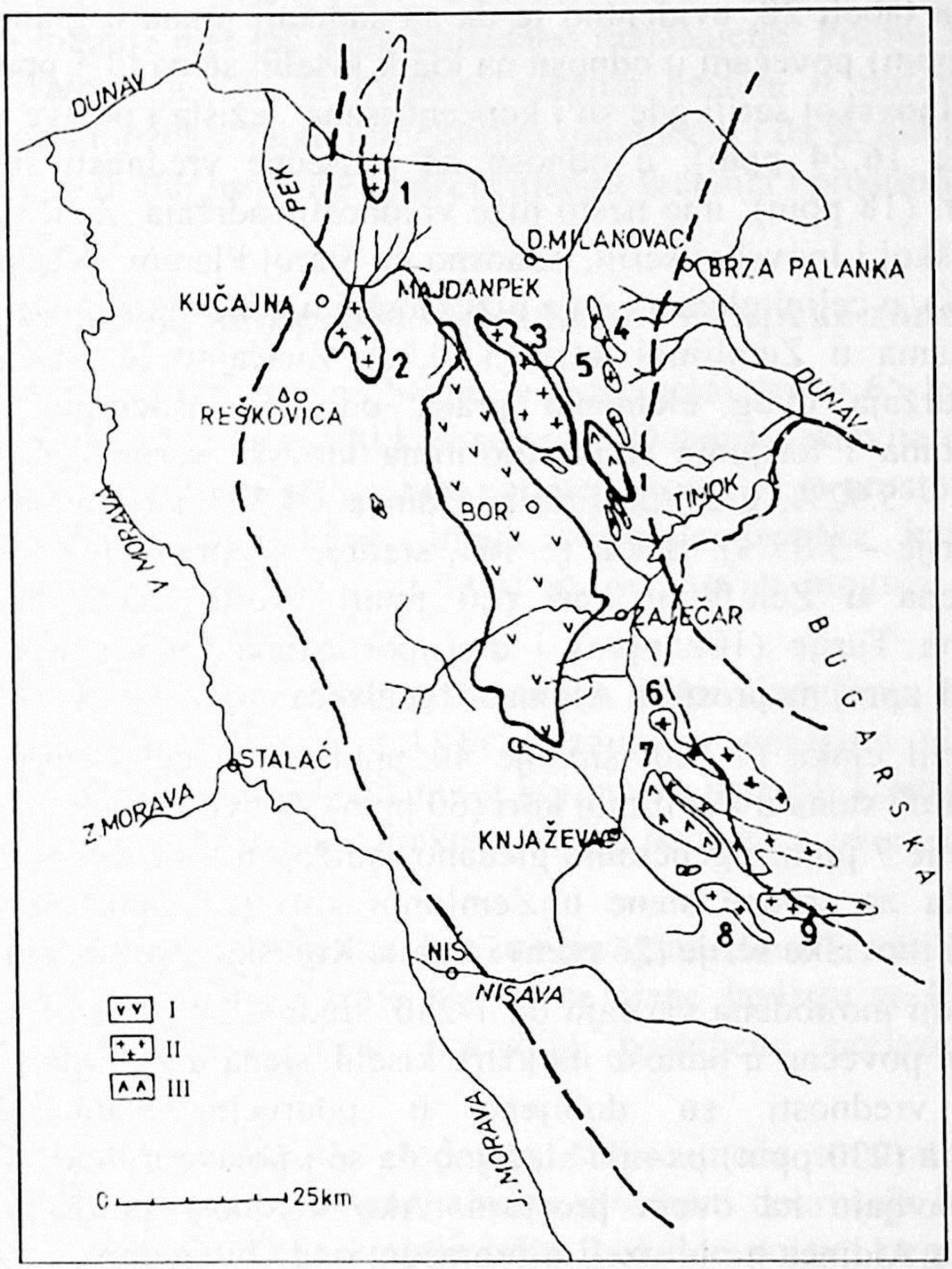
Lokalnost	Stena	U	Th	K%	Cu	Zn	Pb	Mo
Dobra	Graniti(1)	1	2	0.16	30	50	14	2
	Dacito-andeziti (2)	1.5	4	2.11	60	49	18	3
	Sijenitporfir(1)	1	2	0.39	40	67	16	2
Brnjica	Graniti (2)	2.5	3	1.91	15	55	13	1
	Dacito-andeziti (2)	1.5	2.5	0.99	35	58	8	2.5
	Sijenitporefiri(2)	2.5	3.5	1.93	37	51	8	2
Turija	Graniti (2)	2	5.5	2.91	46	75	4	1

Lokalnost	Stena	U	Th	K%	Cu	Zn	Pb	Mo
	Dacito-andeziti (3)	6	12	2.83	36	78	5	2
	Sijenitporfir(1)	3	5	1.49	102	90	5	3
Mastakan (Plavna)	Graniti (5)	4.6	10.2	2.86	15	33	4	1
Mali Crni Vrh	Graniti (1)	3	8	2.67	12	12	5	3
	Dioritporfirit (1)	9	9	2.53	20	37	5	1
	Sijenitporfir (1)	1	2	0.89	12	45	3	3
Koreška reka	Graniti (10)	10	19	1.55	14	35	5	2
	Dacito-andeziti (1)	0	1	0.47	48	8	5	2
	Sijenitporfir (1)	7	82	1.99	43	25	5	1
	Trahit (1)	6	14	5.92	10	64	24	2
Koprivnica (kod Salaša)	Dacito-andeziti (4)	4.5	11.5	2.40	25	86	4.5	1.5
	Granitporfir (1)	29	55	2.51	5	7	55	3
	Sijenitporfir (1)	3	5	1.85	6	60	3	1
	Trahit (2)	4,5	15.5	1.31	12	65	5	1.5
Vrška Čuka	Dacito-andeziti (6)	4.2	7	1.95	14	40	5.7	3
Papratna-Repušnica	Graniti (2)	8	28	3.13	5	35	7	1
	Dacito-andeziti (2)	4	11.5	2.57	7	72	7	2
Aldinac-Repušnica	Granitporfir (6)	10	18	4.37	51	16	1	230
	Dioritporfirit (2)	4	15	2.06	563	20	1	2
	Kvarcporfirit (1)	4	12	2.46	45	25	1	2
Bučje-Janja	Graniti (2)	1	2	2.16	16	39	8	2.5
	Dacito-andeziti (1)	2	14	2.33	3	33	5	1
	Trahit (1)	4	9	2.23	28	120	7	2
Crnovrška serija	Graniti Janje (6)	7	24	2.68	9	35	4	2
	Kvarcporfir (2)	14	25	2.19	11	38	5	2
	Granitporfir (2)	3	9	2.44	9	31	26	2
	Granodioritporfirit (1)	10	22	3.05	16	26	2	2
Inovska serija	Albitisani mikrodiorit (5)	12	18	6.25	101	47	12	2
Ukupno: Granitoidi i srodne stene; dacito-andeziti: opseg, srednji sadržaj, koeficijentkoncentracije (Kc)								
Granitoidi (63)	O p s e g	1-14	2-82	0.16-6.25	5-563	7-120	1-55	1-230
	Srednji sadržaj	7.13	16.24	2.72	46	40	7	24 (1.82)
	Koeficijent koncentracije (Kc)	2.04	0.90	0.81	2.3	0.67	0.33	24 (1.82)
Dacito-andeziti (21)	O p s e g	1.5-6	1-14	0.47-2.83	3-60	8-86	4.5-18	1-3
	Srednji sadržaj	3.67	8.33	2.09	26	58	6.8	2.29
	Koeficijent koncentracije (Kc)	2.04	1.19	0.91	0.74	0.80	0.45	2.54

Izvor podataka (Source of records): *G e r t i k & K o v a č e v i ć , 1985,1986; (7) - broj proba*

Prema mineralnom sastavu i količinskim odnosima najvažnijih minerala, među granodioritima se izdvajaju granitmonconiti i granodioriti biotitsko-amfibolskog tipa, kao najrasprostrnjeniji, dok se sporadično javljaju plagiograniti, kvarcdioriti i lokalno sijeniti u zonama sa endometamorfnim promenama (D i v l j a n & D i v l j a n , 1967). Utiskivanje magmi je obično praćeno termičkim i/ili metasomatskim delovanjem na okolne stene, a prema stepenu

izdiferenciranosti razlikuju se magmatski kompleksi sa širokim dijapazonom diferencijacije i monofazni tipovi intruzija sa dominacijom jednog magmatskog tipa.



***Sl. 93**. Granitoidni kompleksi Istočne Srbije (prema D i v l j a n & D i v l j a n , 1967)*
I. Vulkaniti, II. Graniti, III. Gabro, 1. Brnjički, 2. Neresnički, 3. Gornjanski, 4. Turijski, 5. Plavljanski, 6. Suvodolski, 7. Radičevski, 8. Janjski, 9. Ravnobučki.
***Fig. 93**. Granitic complexes in Eastern Serbia (after D i v l j a n & D i v l j a n , 1967)*
I. Volcanic rocks, II. Granitic rocks, III. Gabbro, 1. Brnjica, 2. Neresnica, 3. Gornjan, 4. Turija, 5. Plavna, 6. Suvodol, 7. Radičevac, 8. Janja, 9. Ravno bučje.

Granitoidi Karpato-Balkanida, prema petrohemijskim karakteristikama, pripadaju kalko-alkalnim granitima, pretežno granitnim i granodioritnim grupama magmi. U procesu diferencijacije magme dolazilo je do obogaćenja Ca u endometamorfnim diferencijatima uz istovremeno opadanje sadržaja K u feldspatima. Granitoidi Stare planine pokazuju plagiogranitski afinitet, dok granitoidi u severnom delu Istočne Srbije više teže monconitskim tipovima (D i v l j a n & D i v l j a n , 1967).

Granitoide Istočne Srbije, izuzev gornjanskog kompleksa, karakteriše relativno siromaštvo pegmatita i aplita. Geohemijski sastav i distribucija U, Th, K, Cu, Zn, Pb i Mo u granitskim kompleksima data je u tabeli 28.

Prema tabeli 28, evidentno je da su sadržaji urana u granitoidima (1-14, srednje 7.13 ppm) povećani u odnosu na klark kiselih stena (3.5 ppm), pogotovu u Crnovrškoj i Inovskoj seriji gde su i koncentrisana ležišta i pojave urana. Torijum (2-82, srednje 16.24 ppm), u odnosu na prosečne vrednosti srodnih stena u Zemljinoj kori (18 ppm), ima nešto niže vrednosti sadržaja. Značajnija povećanja ima u Crnovrškoj i Inovskoj seriji, odnosno na Staroj Planini. Kalijum (0.16-6.25, srednje 2.72%), u celini gledano, ima niži sadržaj u odnosu na prosečne vrednosti u srodnim stenama u Zemljinoj kori (3.34.%). Značajno je istaći da povećane vrednosti sadržaja ovog elementa prate, odnosno asociraju, sa povećanim sadržajima urana i torijuma (mikrodioritima inovske serije - 6.25%, trahitima Koreške reke - 5.92%, granitporfirima Aldinca - 4.37%) i granodioritporfiritima Crnovrške serije - 3.05%). Bakar (5-563, srednje 46 ppm) ima više sadržaje od analognih stena u Zemljinoj kori (20 ppm). Nešto veće vrednosti ima u sijenitporfirima Turije (102 ppm) i dioritporfiritima (563 ppm) i granodiorit-porfiritima (51 ppm) na prostoru Aldinac-Repušnica.

Sadržaji cinka (7-120, srednje 40 ppm) su u celini niži od prosečnih vrednosti srodnih stena u Zemljinoj kori (60 ppm). Olovo je zastupljeno u intervalu od 1-55, srednje 7 ppm, i generalno gledano sadržaj u ispitivanim granitoidima je niži od klarka za srodne stene u Zemljinoj kori (21 ppm), ako izuzmemo granitporfire Crnovrške serije (26 ppm) i trahite Koreške reke (24 ppm).

Sadržaji molibdena variraju od 1-230, srednje 24 ppm, najčešće 1-3 ppm, što znači da je povećan u odnosu na klark kiselih stena u Zemljinoj kori (1 ppm). Maksimalne vrednosti su dobijene u području Aldinac-Repušnica u ganitporfiritima (230 ppm) pa nije slučajno da se i pojave milibdena, u asocijaciji sa uranom, javljaju na ovom prostoru. Ako vrednost sadržaja molibdena u granitporfirima Aldinca ne bi uzeli u proračun, onda bi srednji sadržaj za granite iznosio 1.82 ppm, skoro dva puta više od klarka.

Koeficijent koncentracije u dacito-andezitima najveći je za Mo (2.54), zatim U (2.04) i Th (1.19), a za K, Cu, Zn i Pb je manji od jedan, što znači da je lokalni fon, ovih elemenata, manji od klarka za srodne (intermedijarne) stene u Zemljinoj kori.

Interesantno je napomenuti da je koeficijent koncentracije molibdena, kako u vulkanogeno-sedimentnom kompleksu, tako u granitoidima i dacito-andezitima, povećan (2.54-24), što znači da bi trebalo očekivati i značajne pojave i ležišta na proučavanom prostoru. Međutim, prisustvo molibdena u ispitivanim stenama, ne odražava se i odgovarajućim brojem ležišta i pojava na proučavanom području.

Polazeći od sadržaja ispitivanih elemenata datim u tabeli 27 i 28 može se konstatovati sledeće: (a) geohemijsku specijalizaciju na uran i torijum imaju porfiriti i granodioritporfiriti, (b) na bakar u prvom redu granodioritporfiriti, pa metapeščari i donekle zeleni škriljci, (c) vrlo izraženu geohemijsku specijalizaciju na molibden imaju granodioritporfiriti, što ukazuje na postojanje molibdenskog

orudnjenja (Cvetkov do, Repušnica, Sorčin do, Zvorčino Branište), i metapeščari, (d) ispitivane stene ne pokazuju geohemijsku specijalizaciju na olovo i cink, ako izuzmemo neke metapeščare i paleovulkanite.

Poreklo magme nije još uvek pouzdano razjašnjeno. Prema Jankoviću (1990), najverovatnije je, da je matična magma nastala u dubljim delovima kontinentalne kore, možda u blizini sa gornjim omotačem i da su dubinski razlomi, pružanja S-J do SZ-JI, bili osnovna kontrola njenog kretanja i prostornog smeštaja.

Magmatski kompleksi Neresničko - Brnjičke zone

Na krajnjem severu Istočne Srbije, u zoni dugoj preko 65 km poznata su dva granitoidna kompleksa, **brnjički** koji se preko Dunava nastavlja u Rumuniju i **neresnički.** Njihov međusobni odnos nije potpuno jasan, jer je prostor između njih prekriven tercijarnim sedimentima. Imaju slične petrološke karakteristike i lokalizovani su na istoj razlomnoj strukturi. pa je sasvim moguće da su delovi jedne te iste batolitske intruzije.

Brnjički granitoidni masiv predstavlja jednu izduženu masu koja se preko Dunava nastavlja u Rumuniju. U Srbiji zauzima površinu od oko 25 km^2. Smešten je u niskokristalastim škriljcima u kojima su izazvali kontaktne promene uglavnom alkalno-matasomatskog karaktera. Bliže podatke o ovom masivu dao je Simić (1962).

U granitoidnom kompleksu dominiraju granodioriti, zatim leukokratni graniti, porfiroidni graniti i na kraju kao žične stene javljaju se kvarcporfiriti i kvarcporfiri. Lokalno granodioriti pokazuju postepene prelaze u tonalite, plagiogranite i kvarcdiorite.

Brnjički masiv je duboko erodovan, što se može smatrati nepovoljnim faktorom u pogledu mineralne potencijalnosti. Produkti delovanja hidrotermalnih rastvora se ili ne zapažaju ili su krajnje retki. Lokalne pojave pegmatita i aplita mogle bi biti obeležje dubokog erozionog nivoa.

Prema geohemijskim karakteristikama, u odnosu na ostale granitoide Istočne Srbije, brnjički granitoid ima smanjene sadržaje Li (50% niže nego u drugim granitoidima), Pb, Sr, V, Cr, dok je udeo Ba gotovo za 80% niži, što se može tumačiti tendencijom diferencijacije prema bazičnom kompleksu. Udeo urana je nizak (2.5 ppm), Th (3 ppm), Cu (15 ppm), Zn (55 ppm), Pb (13 ppm), Mo (1 ppm), a cirkona 100 ppm (Pavlović & Ristić, 1961; Janković, 1990; Gertik & Kovačević, 1985, 1986). Sadržaj molibdena je na nivou klarka za kisele stene (1 ppm), a bakra znatno niži (20 ppm)

Neresnički granitoidni kompleks obuhvata površinu od oko 96 km^2 i utisnut je u kristalkaste škriljce Homolja. Izgrađen je od granitmonconita i granodiorita i ima naglašen alkalni karakter. U krovinskom delu javljaju se lokalno plagiograniti, dioriti i gabrodioriti, a u obodnim zonama kvarcporfiri, riolitporfiri i retko aplitske žice (Divljan & Divljan, 1981; Divljan & Mićić, 1967). Starost kompleksa je između 332 i 291 milion godina (Deleon i dr., 1962).

Sadržaji mikroelemenata Ni, Sr i Cr su visoki, dok su sadržaji Ga i Zr niski, što bi moglo da se zaključi da su pri formiranju ovih stena vidnu ulogu igrali i procesi asimilacije i hibridizacije na što ikazuju i relikti amfibolskih škriljaca (Divljan & Divljan, 1981).

Erozioni nivo je zahvatio duboke delove magmatskog masiva, tako ukoliko je došlo do formiranja rudnih ležišta u apikalnim delovima ili krovinskim škriljcima, taj produktivni deo je erozijom razoren. Pojavljivanje antimonsko-volframovih mineralizacija kako u granitima tako i u susednim škriljcima u istom nivou sa pegmatitima moguće je jedino ako se radi o produktima različite starosti i izvora rudnih metala.

Magme koje su dale kompleks granita potiču iz kontinetalne kore, iz sredina iz kojih nisu mogle da ponesu značajnije koncentracije obojenih matala bakra, olova, cinka, molibdena i dr (Janković, 1990).

Pored kvarcnih žica u neresničkom masivu su poznati pegmatiti, retke kvarcne žice sa šelitom, dok su na magmatskom kompleksu, na račun razaranja njegovih stenskih masa, obrazovana i mala nanosna ležišta monacita.

Kvarcne žice sa šelitom su veoma retke. Neke od njih su poznate u gornjem toku reke Komše, između Slatine i Pojane Šikare. Kvarcna žično-sočivasta tela su malih razmera, retko duža od 20-30 m, sa moćnošću od 0,05 do 1,0 m sa kratkim pružanjem po padu. Pojedinačne probe imale su od tragova do 1,4 % WO_3, sa vrlo niskim sadržaajem zlata (do 1g/t). Kvarcne žice sa šelitom obično sadrže i nešto pirita, pirotina, halkopirita, markasita, galenita, siderita i vrlo retko molibdenita (?). Ekonomski značaj ovih pojava je vrlo mali.

Granitoidi Plavne i Turije

Granitoidi Plavne nalaze se SI od granitoida Gornjana na oko 8 km i zahvataju površinu od 10 km^2. Pošto između njih postoje žični proboji granitporfira iste starosti moguće je da obe mase granita pripadaju jednom većem magmatskom telu. Očvrsnuo je na relativno maloj dubini. Zaplavljen je pretežno jurskim sedimentima.

U masivu se retko zapažaju žični derivati intruziva, kao i promene granitoida izazvane hidrotermalnim rastvorima. Stepen erodovanosti je mali, što bi moglo da bude od interesa u pogledu mineralne potencijalnosti, mada druga obeležja povoljna za formiranje rudnih ležišta nisu uočena (Divljan, 1966/67; Janković, 1990).

Na osnovu spektrohemijskih analiza može se zaključiti da su udeli Li, Rb, Zr, znatno niži od srednjih vrednosti srodnih stena. U odnosu na granite Gornjana zapaža se nešto viši sadržaj hroma, nikla i delom vanadijuma, što može biti posledica endometamorfnih promena. Sadržaj pojedinih elemenata u granitima Plavne kreće se u sledećim relacijama: Pb=25-56 ppm, Cu=tr-6 ppm, Zr=35-126 ppm, Co, Sc, Cr u tragovima, Ba=316-530 ppm, Sr=68-220 ppm, Li=11-16 ppm, Rb=70-116 ppm, V=tr-32 ppm, Ga=8-18 ppm, Y=tr-20 ppm i Ni=tr-5 ppm (Divljan, 1966/67).

U uranskom ležištu Plavna u domenu plavljanskih granitoida javlja se povišen sadržaj molibdena (do 623 ppm, Kovačević, 1986). Nema podataka o poreklu visokog sadržaja molibdena.

Sličan zaključak bi mogao da se izvede i u pogledu ocene mineralne potenci-jalnosti za granitske masive Popovice (4 km^2) i Turije.

Gornjanski granitoidni kompleks

Gornjanski granitoidni kompleks je jedan od najvećih hercinskih masiva na severu Istočne Srbije (160 km^2). Detaljno je prikazan u radovima Divljana & Mićić a (1960) i Divljana (1970). Prema podacima apsolutne starosti pripada karbonu. U metalogenetskoj reonizaciji pripada Porečko-staroplaninskoj metalogenetskoj zoni (Janković, 1967, 1990), sl. 94.

Najveći deo masiva izgrađen je od kvarcmonconita i granodiorita, pri čemu je središni deo od kvarcmonconita, a obodni od granodiorita. Udeo diorita i sijenita je mali i svodi se na obodne delove

Postanak diorita se dovodi u vezu sa kristalizacijom kontaminirane granitske magme. Kroz središnje delove masiva javljaju se u vidu traka proboji aplito-granita koji se mogu pratiti više kilimetara. Pored njih javljaju se aplitske žice i pegmatitski skladovi.

U kontaktnim zonama granitoidnog kompleksa došlo je do raznovrsnih promena i stvaranja skarnova (Rudna Glava, Crnajka), kornita u škriljcima (najčešće filita), kao i produkata termičkog kontaknog metamorfizma.

Sadržaj akcesornih minerala nije isti u svim tipovima stena. U granodioritima više su zastupljeni apatit i ilmenit, a u alkalnim stenama šire rasprostranjenje imaju cirkon, torit, alanit, monacit i ksenotim. Normalni graniti sadrže malo sfena, alanita i retko torita.

Uran u gornjanskom masivu je veoma neravnomerno distribuiran. Iako je srednji sadržaj 3.47 ppm, postoje delovi sa preko 10 ppm ukupnog urana. Porast sadržaja urana i torijuma je proporcionalan porastu sadržaja kalije, a obrnuto proporcionalan promenama sadržaja natrije. Prema Deleonu (1958) sadržaj mikroelemenata u granitima Gornjana sa Tanda i Crnajke je sledeći: Li=19-22 ppm, Rb=215-302 ppm, Cs=14-21 ppm, Ga=17-17,5 ppm, Pb=12-17 ppm, Cu=1-19 ppm, Sr=161-220 ppm, V=29-64 ppm, Cr=20-30 ppm, Zr=155-163 ppm, K=2.84-3.66%, K/Rb=94-170. Očigledno da je sadržaj alkalnih elemenata povećan u odnosu na srodne stene u Zemljinoj kori (Vinogradov, 1962).

Endogena, difuzno-impregnaciona rudna mineralizacija (Cu, W, Th, U, Mo) je jače izražena u alkalnim članovima granitoidnog kompleksa. Erozioni nivo je duboko zaseko granitoidni kompleks, tako da su u samom masivu, i pored naknadnih žičnih intruzija granita, zaostale samo visokotemperaturne mineralne parageneze (lokalne pojave pegmatita i monacita).

Pojave promena u kontaknim delovima granitoida pod uticajem postmagmatskih fluida su povoljno metalogenetsko obeležje, što znači da je u tim delovima moglo doći do formiranja ležišta nekih elemenata. Na to ukazuju

skarnovska ležišta Fe sa halkopiritom, tanke žične pojave molibdenita, šelita i drugih elemenata. Od posebnog interesa bi mogle da budu male intruzije i žična tela granitporfira, lokalizovane u delijovanskom gabro masivu (Glogovica), koje najverovatnije, predstavljaju žične derivate gornjanskog masiva, sa lokalno izraženim plagiogranitskim karakterom, kao posledicom endometamorfnih reakcija sa okolnim gabrom. U krovinskom delu tih intrizija javljaju se brojne kvarcne žice, koje lokalno sadrže zlato i nešto sulfida. Neke od tih žica bile su ranije predmet eksploatacije. U svakom slučaju sredine sa malim intruzijama kvarcporfira, utisnute u gabro masiv zaslužuju detaljnija proučavanja, kao potencijalni izvori rudnih mineralizacija, u prvom redu zlata. Slične promene su zapažene u predelu Stare Planine.

Rudne pojave molibdena u gornjanskom granitskom kompleksu

Kao što smo već istakli od rudnih pojava ističu se one koje se nalaze duž severoistočnog oboda, prostorno smeštene u okolnim kristalastim škriljcima ili samim granitima. Među njima se ističe ležište magnetita skarnovskog tipa u Rudnoj Glavi i magnetitski hidrotermalni sklad u Crnajki.

U reonu Tande i Luke, u južnoj obodnoj zoni Gornjanskog granitoida poznato je više pojava molibdenske mineralizacije (Perin potok, Mali i Veliki Gabar i dr.).

Perin potok. – Pojave molibdenita sa šelitom nalaze se na oko 1 km severno od sela Topole (leva pritoka Perinog potoka), na krajnjem južnom delu Gornjanskog granodioritskog masiva (Savić, 1953; Simić i dr., 1953; Janković, 1967, 1990).

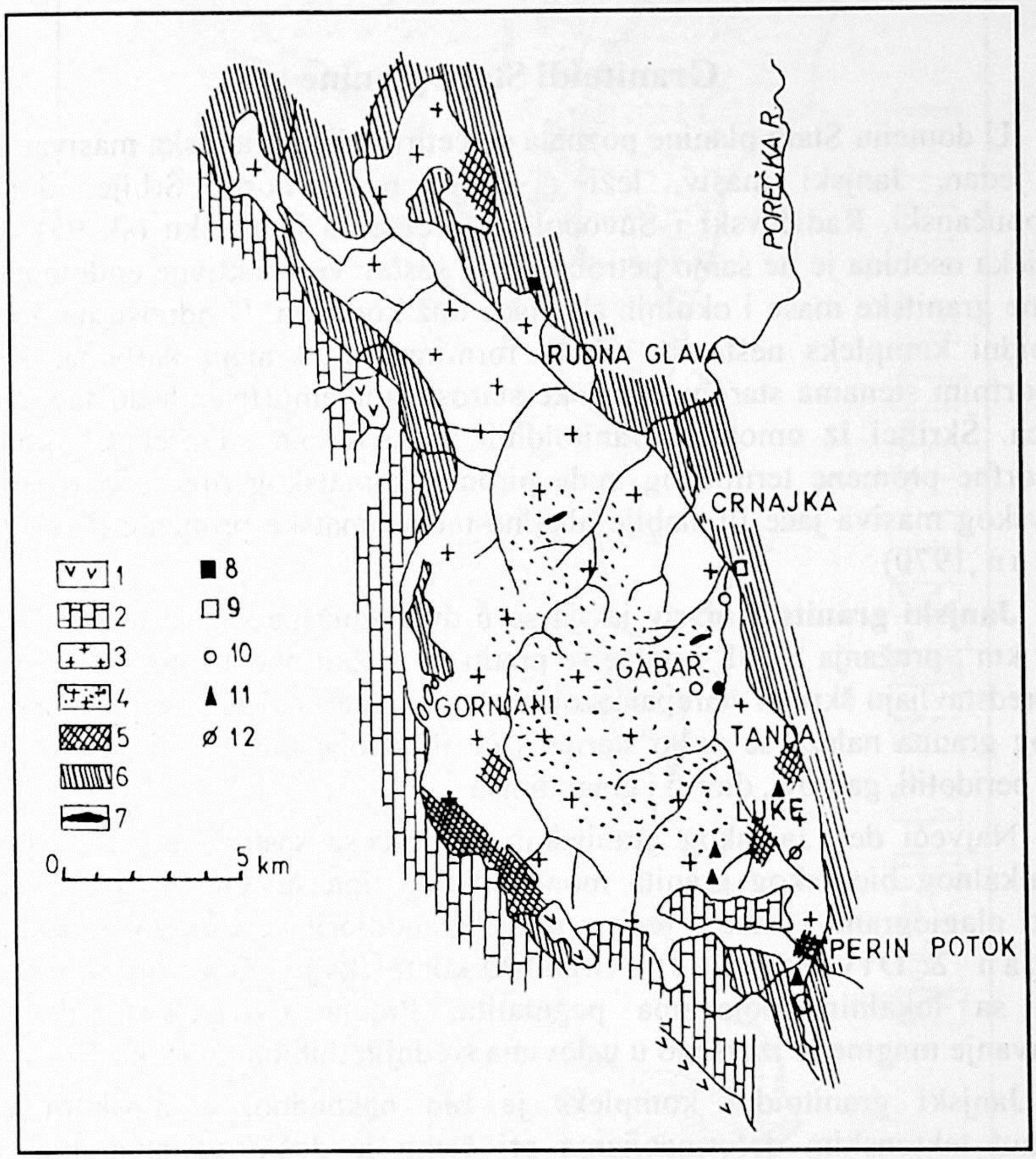
Molibdenit se javlja u vidu impregnacija i tankih kvarcnih žica čija se moćnost kreće od 0,05 do 0,2 m. Rudne pojave molibdenita smeštene su u hidrotermalno promenjenim, uglavnom kaolinisanim granitima sa crvenim feldspatima. Manje pojave molibdenita poznate su i u amfibolitima, koji se nalaze duž oboda granitoida u kojima su poznate pojave aplita i pegmatita.

Pored molibdenita u mineralnoj paragenezi nalazi se i nešto halkopirita, pirita i šelita. Udeo molibdena u šelitu je značajan (do 1% Mo). Šeliti sa visokim sadržajem molibdena imaju žutu luminiscenciju

Šelit je uglavnom, poznat u amfibolitima. Javlja se u vidu impregnacija. Pored šelita uočeni su magnetit i siderit, a sasvim retko i arsenopirit. U ekonomskom pogledu pojave u Perinom potoku su malog značaja.

Veliki i Mali Gabar. – U granitoidima Gornjana, u lokalnostima Veliki i Mali Gabar, najčešći vid pojavljivanja molibdenitskih koncentracija su žice praćene halkopiritom i pirotinom. U pegmatitsko-kvarcnim žicama, koje su obrazovane u granitima, a čija je moćnost do 1.5 m (po pružanju praćene i do 200 m), nalaze se rasejane koncentracije molibdenita, zatim pirotina, halkopirita, šelita, i vrlo retko galenita, sfalerita i antimonita. Udeo šelita je promenljiv, od molibdenitsko-šelitskih koncentracija u pojedinim žicama, do pretežno šelitskih

pojava sa krajnje retkim učešćem ili bez molibdenita. Ove pojave su u ekonomskom pogledu bez značaja.



Sl. 94. *Gornjanski magmatski kompleks (prema J a n k o v i ć , 1990)*

1. Andeziti Timočke oblasti, 2. Mezozojski krečnjaci, 3. Granodioriti, 4. Kvarcmonconiti, 5. Dioriti, 6. Paleozoik, 7. Aplit-pegmatit, 8. Skarnovska mineralizcija-magnetit, 9. Hidrotermalna mineralizacija: magnetit± halkopirit, 10. Molibdenitske žice, 11. Šelit ± molibdenit, 12. Žice barita.

Fig. 94. *Gornjan Igneous complex (after J a n k o v i ć , 1990)*

1. Timok andezites, 2. Mesozoic limestones, 3. Granodiorites, 4. Quartzmontzonites, 5. Diorites, 6. Palaeozoic, 7. Aplite-pegmatite, 8. Skarn mineralization-magnetite, 9. Hydrothermal mineralization: magnetite ± chacopyrite, 10. Molybdenite veins, 11. Scheelite ± molybdenite, 12. Barite veins.

Luke. – U selu Luke u lokalnosti Selište šelit se javlja u pegmatitskoj žici izgrađenoj od kvarca i crvenog feldspata. To su kvarcne žice male moćnosti i

kratkog pružanja. U Lukama su poznate i baritske žice manjih razmera. U nekim baritskim žicama uočene su manje pojave galenita i fluorita (D i v l j a n , 1953).

Granitoidi Stare planine

U domenu Stare planine poznata su četiri velika granitska masiva, od kojih samo jedan, Janjski masiv, leži u celini na teritoriji Srbije, dok ostali (Ravnobučanski, Radičevski i Suvodolski) prelaze u Bugarsku (sl. 95). Njihova zajednička osobina je ne samo petrohemijski sastav već i aktivne endometamorfne promene granitske mase i okolnih škriljaca duž kontakta. U odnosu na gornjanski granitoidni kompleks nešto su mlađi, formirani su krajem karbona. Zaležu u metamorfnim stenama staropaleozojske starosti, metamorfisanih do facije zelenih škriljaca. Škriljci iz omotača granitoidnih masa delom su pretrpeli kontaktno-metamorfne promene termičkog, ređe pirometasomatskog tipa, a oko janjskog i radičevskog masiva jače ili slabije alkalno-metasomatske promene (D i v l j a n & D i v l j a n ,1970)

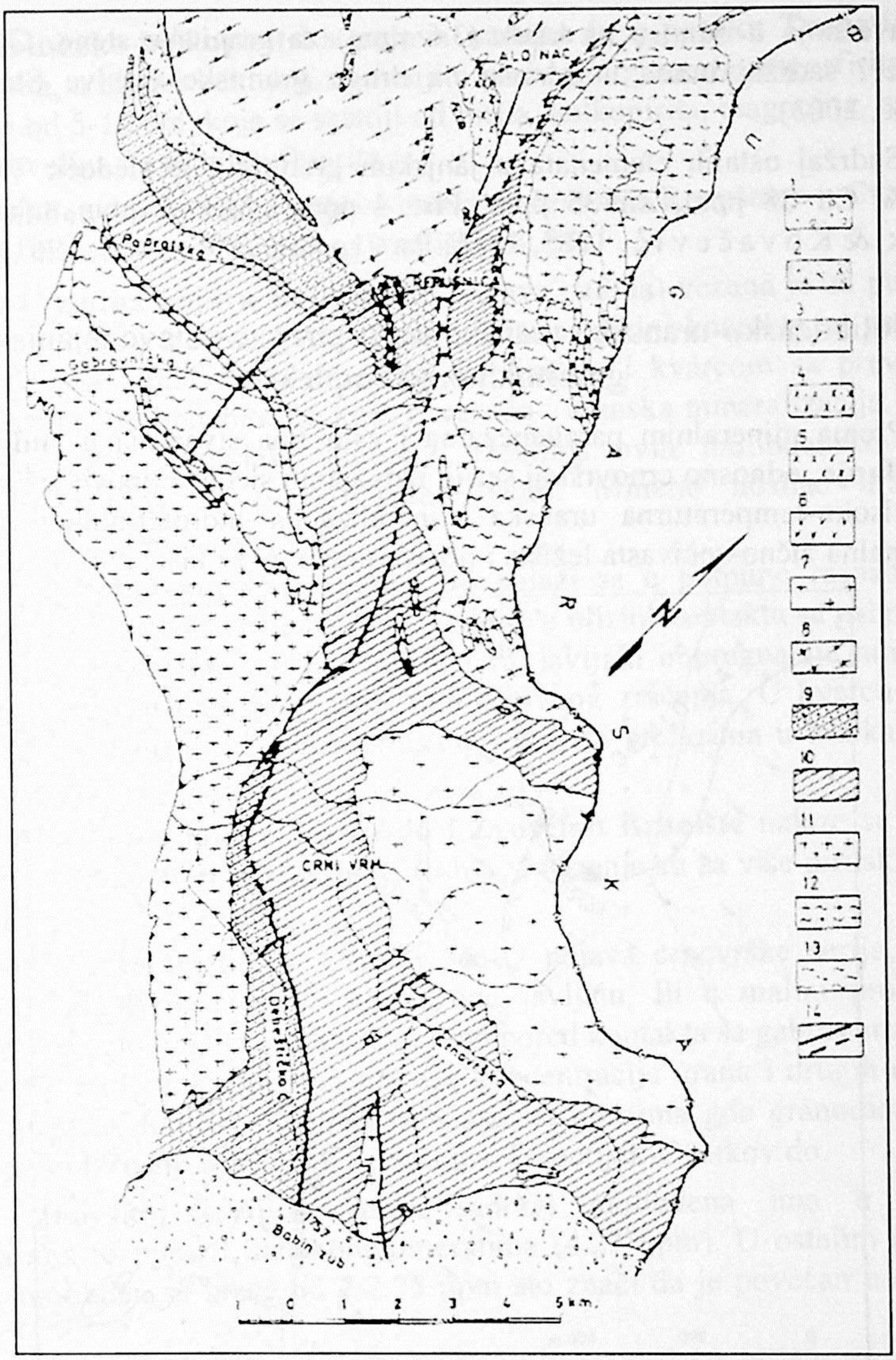
Janjski granitski masiv javlja se u dve izdužene sočivaste mase površine oko 30 km^2, pružanja SZ-JI, i može se pratiti na dužini oko 17 km (sl. 95). Okolne stene predstavljaju škriljci staropaleozojske "crnovrške" serije. U neposrednoj blizini Janjskog granita nalaze se nešto starije, jače ili slabije metamorfisane, magmatske stene – peridotiti, gabrovi, dioriti i granodioriti.

Najveći deo Janjskog granitskog kompleksa sastoji se od srednjezrnog kalko-alkalnog biotitskog granita monconitskog tipa sa tendencijom prelaska u natrijski plagiogranit i znatno ređe u prave granodioritske i granosijenitske facije (D i v l j a n & D i v l j a n , 1981). Granitski kompleks je praćen brojnim aplitskim žicama sa lokalnim pojavama pegmatita. Prema J a n k o v i ć u (1990) očvršćavanje magme je izvršeno u uslovima srednjih dubina (5-10 km).

Janjski granitoidni kompleks je bio naknadno, u alpskom ciklusu, podvrgnut tektonskim deformacijama pri čemu je došlo do stvaranja mnogih rasednih zona, duž kojih su okolne stene hidrotermalno promenjene (hloritizacija, biotitizacija, sericitizacija), što je od posebnog interesa za obrazovanje određenih rudnih mineralizacija, pogotovu urana (Mezdreja, Gabrovnica i dr.), zatim zlata i bizmuta, dok je udeo bakra, olovo-cinka i molibdena neznatna.

U pogledu mineralne potencijalnosti najpovoljnije sredine za odlaganje bile su krovinski delovi intruziva koji su erozijom odneti. Zapravo termički uticaj intruzija na okolne stene mogao je da obezbedi mobilizaciju pojedinih elemenata iz tih sredina i da ih hidrotermalnim fluidima prenese u druge sredine, pretežno u zoni kontakta, gde mogu biti deponovani u vidu rudnih mineralizacija. Postavlja se pitanje dali je uopšte došlo do ovih procesa i da li su produkti tih procesa očuvani (J a n k o v i ć , 1990).

U toku dosadašnjih ispitivanja janjskog kompleksa određena su ona područja gde su otkrivena uranska ležišta, pri čemu je raspodela urana u granitima Janje uslovljena, prvenstveno, mehaničkim i hidrotermalnim promenama. Sadržaj urana varira najčešće od 3-7, mestimično i 7-11, a retko preko 11 ppm, što je



***Sl. 95**. Pregledna geološka karta rudnog polja Crnovrške serije, Stara planina (Gertik, 2003)*

1. Konglomerati i peščari perma, 2. Piroklastiti perma, 3. Kvarcporfiri, 4. Granodioritporfiriti Aldinca, 5. Granodioritporfiriti Repušnice, 6. Porfiriti, 7. Graniti Ravnog Bučja, 8. Gabrovi zaglavačkog masiva, 9. Konglomerati i peščari crnovrške serije, 10. Zeleni škriljci i argilošisti crnovrške serije, 11. Graniti Janje, 12. Gnajs-graniti Radičevca, 13. Gnajsevi i amfiboliti, 14. Rasedi.

***Fig. 95**. Sketch map of Crnni vrh serie ore field, Stara planina (Gertik, 2003)*

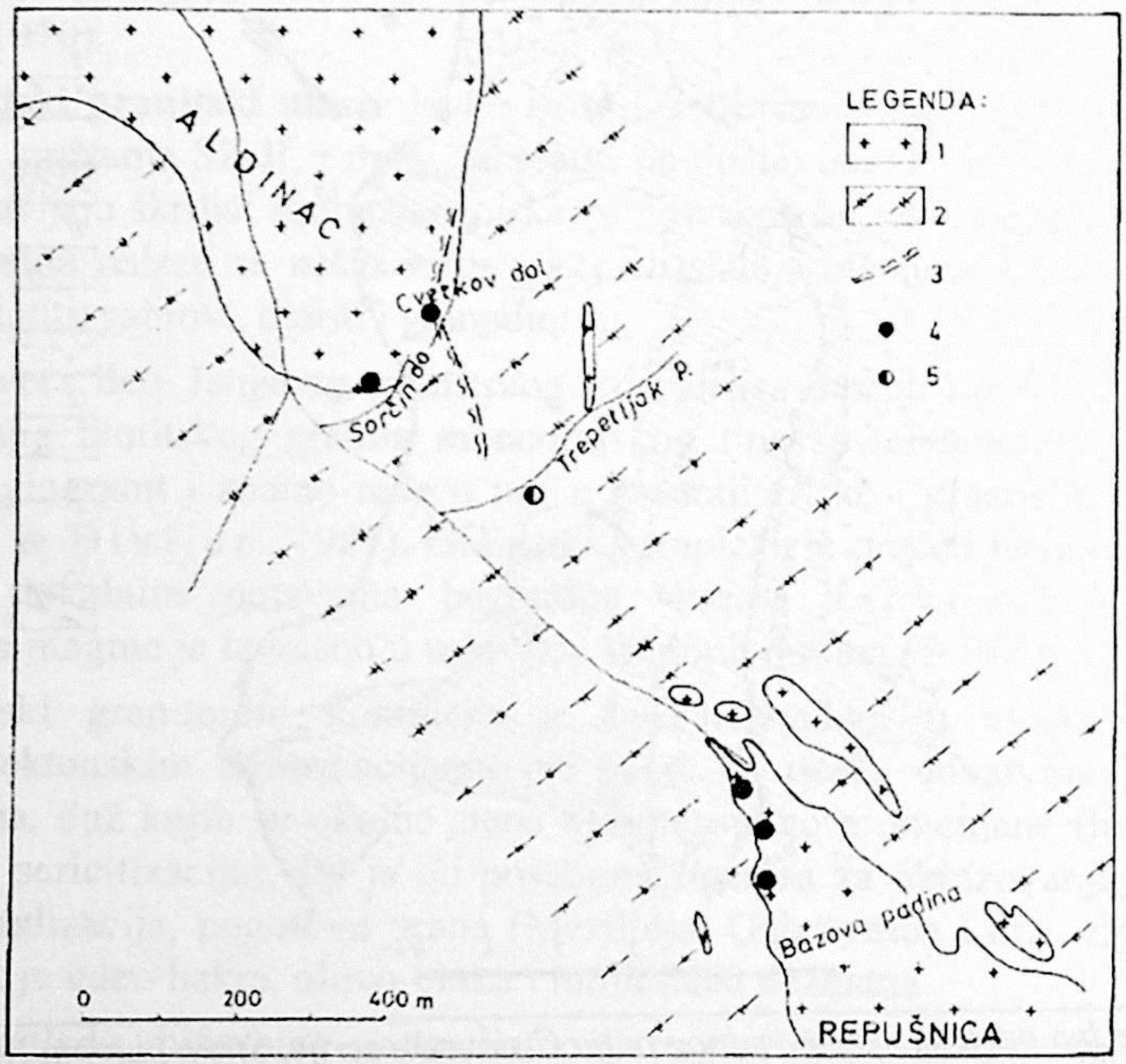
1. Permian conglomerates and sandstones, 2. Permian pyroclastic rocks, 3. Quartzporphyrites, 4. Aldinac granodiorite-porphyrites, 5. Repušnica granodiorite-porphyrites, 6. Porphyrites, 7. Ravno bučje granites, 8. Zaglavak massive gabbros, 9. Crni vrh seie conglomerates and sandstones, 10. Crni vrh serie green schists and argiloschists, 11. Janja granites, 12. Radičevac gneiss-granites, 13. Gneisses and amphibolites, 14. Faults.

znatno uvećanje u odnosu na klark (3.5 ppm) za granitske stene. Graniti Janje imaju veći sadržaj urana u odnosu na druge granitske masive Stare Planine (Gertik, 2003).

Sadržaj ostalih elemenata u janjskim granitima je sledeći: Th=24 ppm, K=2.68%, Cu=28 ppm, Zn=35 ppm, Pb= 4 ppm i Mo= 2 ppm, tabela 27, 28, (Gertik & Kovačević, 1985, 1986; Pavlović & Ristić, 1961).

Molibdensko-uranske i uransko-halkopiritske pojave u janjskom granitoidnom kompleksu

Prema mineralnim paragenezama i uslovima stvaranja u **rudnom polju granita Janje**, odnosno crnovrškoj seriji, izdvajamo sledeće tipove ležišta i pojava urana: visoko-temperaturna uranska mineralizacija hidrotermalnog područja i hidrotermalna žično-sočivasta ležišta i pojave urana (Gertik, 2003)



Sl. 96. *Molibdensko-uranske pojave na području Aldinac-Repušnica (Gertik & Kovačević, 1988, modifikovano).*

1. Granodioritporfiriti, 2. Gabro, 3. Rasedna zona, 4. Mo-U rudne pojave, 5. Cu-U rudne pojave

Fig. 96. *Molybdenum-uranium occurrences in Aldinac-Repušnica area (Gertik & Kovačević, 1988, modified).*

1. Granodioriteporphyrites, 2. Gabbro, 3. Fault zone, 4. Mo-U-ore occurrences, 5. Cu-U ore occurrences

Visokotemperaturne mineralizacije urana hidrotermalnog područja predstavljene su **uraninitsko-halkopiritskim i molibdenitsko-uranskom mineralnom asocijacijom**

Uraninitsko-halkopiritska pojava nađena je u potoku Trepetljak gde se u gabrovima, u blizini kontakta sa manjim probojem granodiorotporfirita, nalazi žica debljine od 5-15 cm, koja se sastoji od pirita, halkopirita, magnetita, hematita, halkozina, kovelina, uraninita i fluorita.

Molibdensko-uranske pojave nalaze se kod sela Repušnica u Cvetkovom dolu, Sorčinom dolu i kod Zvorčinog Braništa (sl. 96)

Mo-U rudna pojava Repušnica (Bazova padina) vezana je za pukotine i prsline u probojima i žicama granodioritporfirita u blizini kontakta sa gabrovima (sl. 96). Pukotine i prsline ispunjene su kaolinitom i kvarcom sa prevlakma i manjim gnezdima molibdenita, za koja je vezana i uranska mineralizacija. Ređe se javljaju šelit, pirit i prevlake limonita. Debljina ovih molibdensko-uranskih mineralizovanih zona ne prelazi jedan metar. Mineral nosilac urana nije identifikovan.

Mo-U rudna pojava Cvetkov Do nalazi se u potpuno raspadnutom i zdrobljenom granodioritporfiritu Aldinca, gde se u blizini kontakta sa gabrovima, u piritsko-kvarcnoj zoni dužune oko 100 metara, javljaju impregnacije molibdenita sa povećanim vrednostima intenziteta radioaktivnog zračenja. U kvarcu i oklnoj steni fino su uprskani pirit, molibdenit, magnetit, sa prelazima u markasit i vrlo retko hematit

Mo-U rudne pojave Sorčin do i Zvorčino Branište nalaze se kod sela Aldinca u kompaktnim granodioritporfiritima, a vezanie su za više piritskih žica sa molibdenitom.

Osnovna karakteristika Cu-U i Mo-U pojava crnovrške serije, odnosno područja Aldinac-Repušnica, je što se one javljaju, ili u malim probojima u gabrovima ili u delovima granodioritporfirita pored kontakta sa gabrovima. Ovakav položaj ukazuje na mogućnost da se veće koncentracije urana i drugih elemenata mogu očekivati u dubljim nivoima, odnosno na mestima gde granodioritporfiriti nisu erozijom otkriveni u domenu Repušnica-Trepetljak-Cvetkov do.

U **Inovskoj seriji** povećan sadržaj molibdena ima u arkoznim metapeščarima (5 ppm) i metakonglomeratima (4.23 ppm). U ostalim članovima ove serije molibden se kreće od 2-2.75 ppm što znači da je povećan u odnosu na klark.

U **Šarenoj seriji** u delovima sivih i sivorumenkastih klastita nalazi se uranska mineralizavcija u vidu pehblende koju obavezno prate sulfidi selena, molibdena, bakra i olova. Molibdena u ovim sedimentima ima 4.5 ppm (Gertik, 2003).

U **Dojkincima** molibden se kreće od 4-13 ppm. Sa 13 ppm je zastupljen u horizontu sa rudnim sočivima. Pored Mo rudna tela urana u ležištu Dojkinci sadrže 1100 ppm Cu i 600 ppm Pb (Gertik, 2003).

Ravnobučanski granit je od janjskog udaljen oko 4 km i otkriven je na površini od 20 km^2 u Srbiji. U Bugarskoj je poznat kao svetonikolski granitski masiv. Utisnut je u crnovršku staropaleozojsku seriju. Bitno se ne razlikuje od janjskog. Masiv je monofazan odnosno uniformnog sastava i strukture i predstavljen je biotitskim i biotitsko-amfibolskim monconitgranitom do

granodioritom. U kontaknoj oreoli obrazovane su manje mase kornita u vidu traka. U samim granitima se lokalno javljaju apliti, pegmatiti i žice lamprofira. Središni delovi su duboko erodovani, što je nepovoljan faktor za mineralnu potencijalnost. Nizak stepen proučenosti ovog granitskog kompleksa ne dozvoljava jednu pouzdaniju ocenu mineralne potencijalnosti njegovih kontaktnih delova (Divljan & Divljan, 1970; Janković, 1990). Sadržaj mikroelemenata u ravnobučansko granitu je sledeći: Li=17, Rb=123, Cs=55, Ga=22.5, Pb=17.5, Cu=7.7, Ba= 1558, Sr=204, V=31, Cr=49, Zr=277 ppm, K=1.72% (Deleon, 1958). Izuzev Ba, Cr i Zr koji imaju povećan sadržaj u odnosu na klark, svi drugi elementi imaju niže sadržaje od odgovarajućih stena u Zemljinoj kori (Vinogradov, 1962).

Radičevski masiv se manjim delom prostire u Srbiji (60 km^2), a glavna masa u Bugarskoj je poznata kao Stakevski leukokratski pluton. Pokazuje najveća odstupanja od ostalih staroplaninskih masiva. Izgrađen je od biotitskog i dvoliskunskog gnajs-granita sa donekle naglašenim alkalnim karakterom. U obodnom delu masiva zastupljeni su produkti kontaktno-metasomatskih procesa, ponekad u zoni širokoj i do 1 km. Prema dubini očvršćavanja smatra se da je jedan od najdublje očvrslih plutona u ovom delu Karpato - Balkanida (Divljan & Divljan, 1981; Janković, 1990).

Zbog duboke erodovanosti, rudna ležišta genetski vezana sa ovim magmatskim kompleksima su nepoznata. Kontaktna zona gde bi mogla da se očekuju ležišta mineralnih sirovina je slabo istražena, odnosno nije bila predmet sistematskih ispitivanja. Rudne mineralizacije i ako su obrazovane na kontaktu treba očekivati na većim dubinama, jer su verovatno nastale pri visokim pritiscima i temperaturama.

Suvodolski granitski masiv se prostire i u Bugarskoj gde je poznat kao Belogradčiški masiv. Leži u jezgru antiklinale Vrške Čuke, a utisnut je u staropaleozojsku dijabaz-filitoidnu formaciju. Zapadni i jugozapadni deo masiva prekriven je jurskim sedimentima.

Masiv je složenije građe, a nastao je u više faza. Prva faza je predstavljena intenzivno alterisanim hornbleda-biotitskim plagiogranitom do granodioritom. Druga faza intruzije predstavljena je biotitskim granit-monconitom, sličnom po sastavu i strukturi sa glavninom janjskih granita (Divljan & Divljan, 1970; Divljan, 1962). Znatno su manje alterisani od granitoida prve faze. Aplitoidni graniti se pretežno javljaju kao obodna facija granitmonconita i sa njima su postupno vezani. Zapaženi su i u vidu žica u plagiogranitima. Proces magmatske diferencijacije išao je u smeru porasta natrijske komponente. U razmeštaju pojedinih magmatskih članova zapaža se određena zonalnost, što se ogleda u tome da su središni delovi izgrađeni od amfibol-biotit granita, dok se aplitoidni i biotit-graniti javljaju na obodu. Kontaktno-metamorfne promene su prisutne prilikom utiskivanja magme. Sem istraživanja na uran (Arsenijević & Pešić, 1964/65) do sada nisu vršena druga sistematska metalogenetska ispitivanja suvodolskog granitoidnog kompleksa.

Prema Jankoviću (1990), u pogledu mineralne potencijalnosti ovog kompleksa pre može da se govori o perspektivnosti pojedinih članova. Tako na primer u aplitoidnim granitima lokalno se pojavljuju povišeni sadržaji Pb (80-100 ppm) i tragovi galenita (Arsenijević & Pešić,1964/65). Na osnovu sadržaja pojedinih elemenata u tragovima moglo bi se zaključiti da, na primer ima šanse da dođe do obrazovanja molibdenske mineralizacije, jer sfen sadrži i do 200 ppm Mo, a lokalno su zapažene i pojave molibdenita u amfibolsko-biotitskim granitima. Tragovi sulfida Pb, Cu, Fe zapaženi su u svim tipovima magmatskih stena u suvodolskom granitoidu (Arsenijević & Pešić,1964/65).

U pogledu potencijalnosti na uran ako bi sudili prema ukupnom i rastvornom uranu može se zaključiti da su središni delovi povoljniji od obodnih. Utvrđeno je da sa smanjivanjem odnosa K_2O/Na_2O dolazi do opadanja urana i torijuma (Arsenijević & Pešić,1964/65).

U celini ocenjen suvodolski masiv nije bez interesa da se podvrgne detaljnijem ispitivanju, pogotovu kontaktne zone granitoidnog kompleksa u kojima se javljaju mlađe intruzije granitporfira i riolitporfira i njihovi krovinski obodni delovi (Janković, 1990).

RIDANJSKO-KREPOLJINSKA METALOGENETSKA ZONA

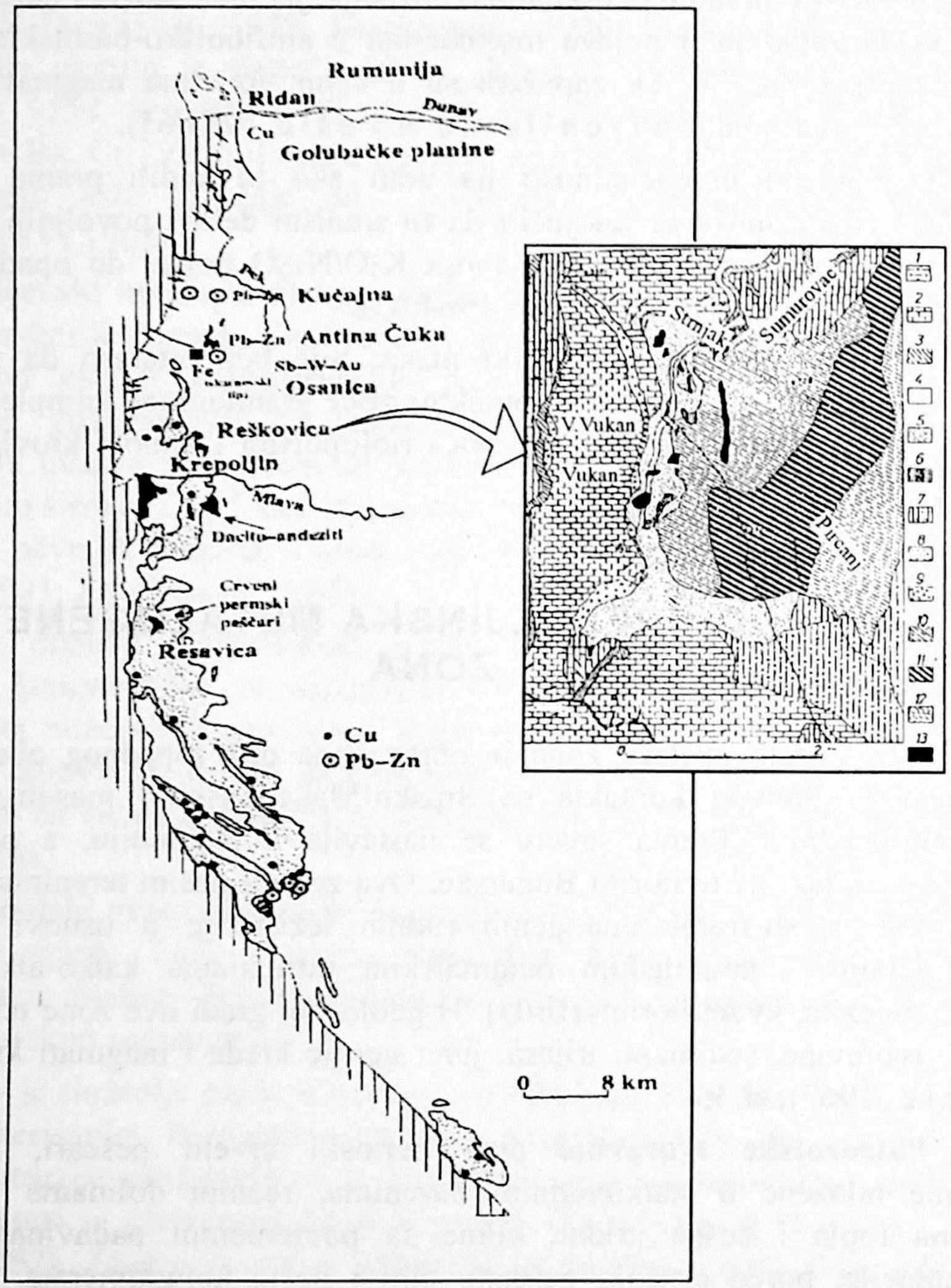
Ova metalogenetska zona je obrazovana duž zapadnog oboda Karpato-Balkanida i njihovog kontakta sa Srpsko-Makedonskom masom, obeleženog dubokim rasedima. Prema severu se nastavlja u Rumuniju, a prema jugu i jugoistoku prelazi na teritoriju Bugarske. Ova zona u našim terenima retko je šira od 10 km, a stvaranje endogenih rudnih ležišta je u osnovi kontrolisano gornjokrednim – laramijskim magmatskim intruzijama kalko-alkalne magme (dacita, andezita, kvarcdioritporfirita). U geološkoj građi ove zone učestvuju paleozojske tvorevine, sedimenti trijasa, jure, gornje krede i magmati kredne starosti (Grubić, 1967), sl. 97.

Paleozojske tvorevine čine permski crveni peščari, kontinentalne tvorevine taložene u slatkovodnim basenima, rečnim dolinama i jezerima u uslovima tople i sušne aridne klime sa povremenim padavinama. Produkte sedimentacije, pored crvenih peščara, čini i nešto konglomerata, a lokalno su razvijeni i peskovite gline i glinci (Antonijević i dr., 1970; Grubić, 1967).

Prema uslovima stvaranja crveni peščari se ne mogu smatrati povoljnom sredinom za formiranje značajnijih singenetski obrazovanih rudnih ležišta. Pojave uranske mineralizacije mogu se očekivati u sivim peščarima, ali i one su malih razmera. **Bakrove mineralizacije, i u njima prisutne niske molibdenske koncentracije**, koje se lokalno javljaju nemaju neki veći ekonomski značaj.

Trijaski sedimenti su produkti kontinuirane sedimentacije u slatkovodnim kontinentalnim basenima u kojima dominiraju terigene facije. Tek u gornjem delu donjeg trijasa dolazi do zamenjivanja, slatkovodnih, marinskim sedimentima. U

najnižim nivoima donjeg trijasa deponuju se peščari, konglomerati, alevroliti, koje naviše smenjuju peskoviti i laporoviti krečnjaci i dolomiti. U pogledu mineralne potencijalnosti, s obzirom na uslove stvaranja sedimenata, odsustva magmatske aktivnosti, kao i sredine njihovog deponovanja, nisu posebno perspektivni za obrazovanje sedimentnih ležišta.



Sl. 97. *Ridanjsko-krepoljinska zona sa geološkom kartom Reškovice (iz Janković, 1990, modifik.).*

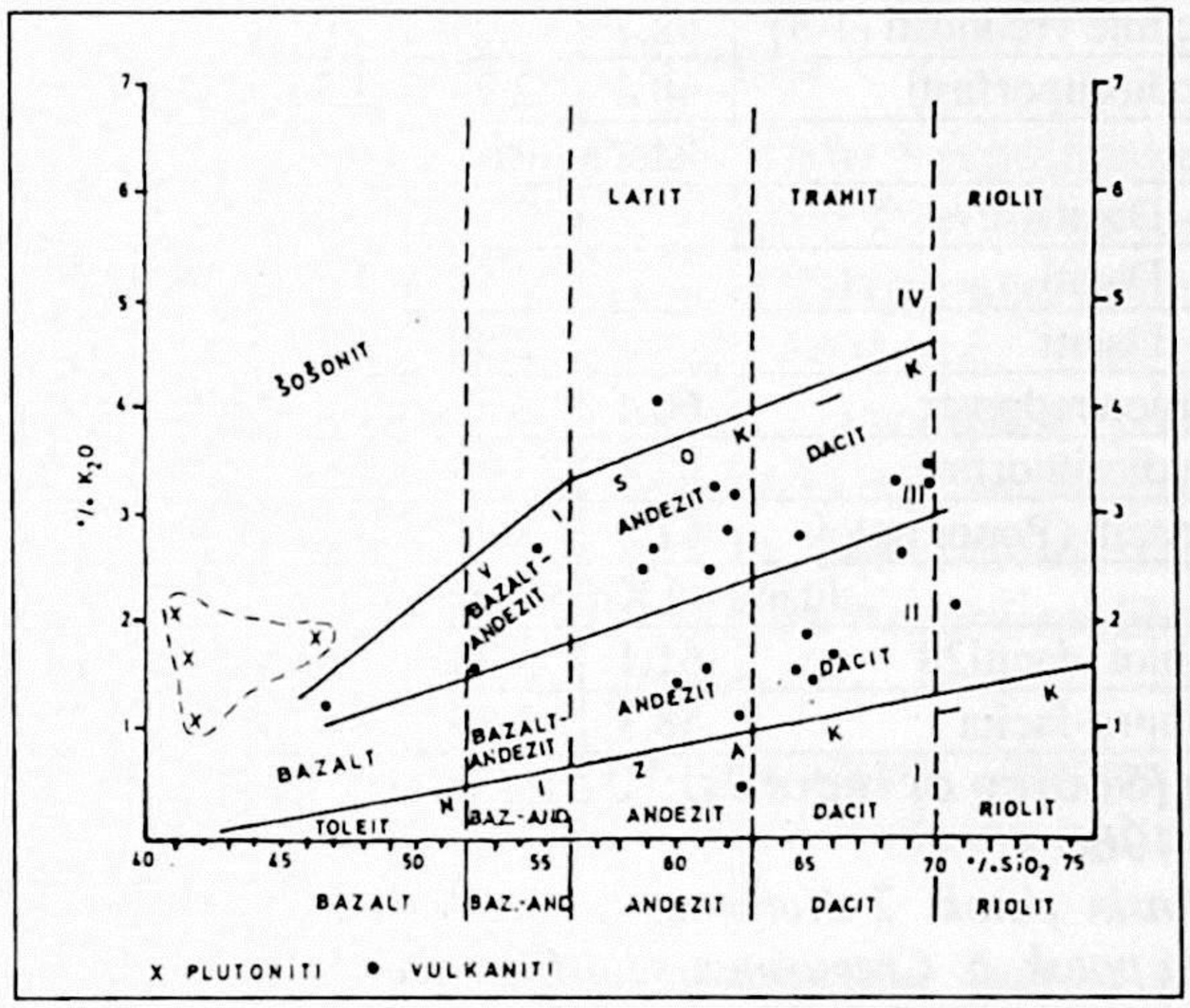
1. Neogeni sedimenti, 2. Jurski krečnjaci, 3. Jurski peskoviti krečnjaci, 4. Jurski rožnaci, 5. Mermeri, 6. Skarn, 7.Trijaski krečnjaci, 8. Gvozdeni šešir, 9. Padinska breča, 10. Metamorfisani kredni peščar, 11. Kvarcni peščar, 12. Crveni permski peščar, 13. Andezit.

Fig. 97. *Geological map of Ridanj-Krepoljin zone with detailed map of Reškovica area (from Janković, 1990, modified).*

1. Neogene deposits, 2. Jurasic limestones, 3. Jurasic sandy limestones, 4. Jurassic cherts, 5. Marls, 6. Skarn, 7. Triasic limestones, 8. Gossan, 9. Slope breccia, 10. Metamorphosed Cretaceous sandstone, 11. Quartz sandstone, 12. Permian red sandstone, 13. Andesite.

Stvaranje jurskih sedimenata se karakteriše povišenom diferencijacijom morskog dna, što se odražava u stvaeranju raznovrsnih facija sedimenata, među kojima preovlađuju karbonatno terigene stene u plitkim delovima basena i laporovito-karbonatne i karbonatne (krečnjačke) stene u dubokim delovima basena. Flišni sedimenti se javljaju u vidu uske zone duž oboda Karpato-Balkanida i Srpsko-makedonske mase, (Anđelković, 1975).

Gornjokredni sedimenti javljaju se pretežno duž Ridanjsko - Krepoljinske zone u vidu izolovanih partija senonskih marinskih facija (krečnjaci, laporci, glinci i peščari). Nastali su pretežno u plitkom moru. Sobzirom, na uslove postanka i sredine deponovanja, mineralna potencijalnost ovih sedimenata može se smatrati krajnje niskom.



Sl. 98. Klasifikacioni dijagram magmatskih stena Ridanjsko – Krepoljinske zone na osnovu odnosa K_2O/SiO_2 (Janković, 1990)

***Fig. 98.** Classification diagram of igneous rocks from Ridanj-Krepoljin zone on the basis of K_2O/SiO_2 ratio (Janković, 1990)*

Prema petrohemijskim i metalogenetskim karakteristikama, među magmatskim kompleksima mogu se izdvojiti dva osnovna: **alkalne bazaltoidne stene i kalko-alkalni kompleksi** (sl. 98). Prostorno su odvojeni i njihova starost još uvek nije pouzdano definisana, alkalne stene su mlađe. **Poreklo alkalnih bazaltoidnih** stena (olivin-nefriti, nefeliniti, limburgiti i tešiniti) nije razjašnjeno. Najverovatnije da magma koja je dala ove stene vodi poreklo iz gornjeg omotača. Metalogenija ovih kompleksa je potpuno neizučena (Janković, 1990)

Kalko-alkalni magmatski kompleksi (dacito-andeziti), javljaju se u vidu manjih masa, a predstavljeni su subvulkanskim intruzijama i ređe piroklastitima, uključiv i breče. Prostorno su lokalizovani u više reona. Hipoabisalnim dajkovskim intruzijama pripadaju lokalne pojave kvarcdioritporfirita. O petrohemijskim karakteristikama ovih magmatskih kompleksa detaljnije su pisali Divljan &

Karamata, (1967) i Milenković i dr., (1986). U tabeli 29 dat je sadržaj nekoh komponenti i rudnih elemenata u piojedinom tipovima magmatskih stena.

Tabela 29. *Srednji sadržaj halkofilnih elemenata i SiO_2, Na_2O i K_2O u vulkanitima Ridanjsko - krepoljinske metalogenetske zone*

Table 29*. Mean content of chalcophyle elements and SiO_2, Na_2O and K_2O in volcanic rocks of Ridanj-Krepoljin metallogenetic zone*

Magmatska stena		%			Ppm				
		SiO_2	Na_2O	K_2O	Pb	Zn	Cu	Mo	Ag
Zapadni deo									
1.	Am.-biot. daciti i andeziti	61.4	4.01	1.71	31	39	62	0.5	0.1
2.	Daciti	64.0	3.96	2.28	35	77	40	1.6	0.3
3.	Andeziti, daciti		4.16	2.15	52	61	48	1.3	o.15
	Približno srednje vrednosti (1-3)	62.7	4.04	2.04	39	59	50	1.13	0.18
4.	Kvarcdioritporfiriti	60.4	2,92	2.36	54	33	46	1.42	0.23
Istočni deo									
5.	Daciti		2.58	1.71	42	39	42	1.1	0.3
6.	Daciti		2.52	1.72	26	68	32	1.5	0.2
7.	Daciti		2.66	1.77	50	45	35	1.0	0.35
	Srednje vrednosti	60.4	2.58	1.73	39	59	36	1.18	0.21
8	Kvarcdioritporfirit	57.5	3.58	2.24	37	37	40	1.66	0.15
9.	Am.-biot. daciti (Ponor potok	61.5	3.01	1.98	28	22	37	1.0	0.10
Južno od Krepoljina (37)									
10.	Am.-biot. daciti28	61.1	3.28	1.68	56	46	46	1.6	0.17
11.	Lampro-facija	58.3	3.85	3.04	40	50	100	0.8	0.17

Izvor podataka (Source of records): *Janković, 1990; Milenković i dr., 1986.*

1. Dedinski potok, 2 Kučajna, 3. Medveđica, 4. Kravarica, selo Ždrelo, 5 Ridanski potok, 6. Cremošnja, selo Placvičevo, 7. Krepoljin, 8. Ridanski potok, 9. Ponor potok, 10. Selo Sige, 11. Selo Breznica, južno od Sige.

Prema tabeli 29 vulkaniti Ridanjsko-Krepoljinske zone bi se mogli smatrati potencijalnim izvorima polimetalične mineralizacije u prvom redu olova, zatim bakra i molibdena. U celini posmatrano, vulkaniti Ridanjsko-Krepoljinske zone imaju povišene sadržaje olova (39 ppm), zatim bakra (36-100 ppm), molibdena (do 1.66 ppm) i srebra (do 0.35 ppm), što je u odnosu na klark za srodne stene u Zemljinoj kori (Pb=15, Cu=35, Mo=0.9, Ag=0.05 ppm, Vinogradov, 1962)) znatno uvećanje i ne odražava se adekvatnim pojavana i ležištima u zoni . Cink je u celini zastupljen sadržajima koji su niži od klarka za intermedijarne stene (72 ppm).

Hidrotermalne promene okolnih stena, kao i stvaranje skarnova, iako malih razmera, iznad apikalnih delova skrivenih intruzija i u kontaktnom delu otkrivenih magmatskih tela, kao i mermerizacija krečnjaka, mogu se smatrati povoljnim obeležjem rudne potencijalnosti.

Na osnovu metalogenetske analogije sa rumunskim delom Ridanjsko-Krepoljinske zone moglo bi se zaključiti da i u našem delu ove zone postoje

metalogenetski preduslovi da se obrazuju slična rudna ležišta kao u Rumuniji (ležišta magnetita sa sulfidima bakra, ležišta barita u magnezitskim skarnovima, porfirska ležišta bakra i dr.).

U genetskoj vezi sa kalko-alkalnim magmatizmom (dacito-andezita) i intruzijama kvarcdioritporfirita u Ridanjsko-Krepoljinskoj zoni javljaju se manja skarnovska ležišta i pojave magnetita (Ridan) i polimetalična ležišta Fe, Cu, Mo (Reškovica), zatim hidrotermalno- metasomatska ležišta olova, cinka, srebra i zlata u kračnjacima (Kučajna), kao i manja hidrotermalno-žična ležišta i pojave olova, cinka i zlata (Antina čuka, Petrovo brdo, Ponor potok), bakra (Resavica, Ridan), antimona (Breznica) i antimon-volframska (Osanica), koje su prostorno smeštene bilo u samoj zoni, bilo izvan nje (sl. 97). Osanica se odlikuje veoma specifičnom asocijacijom, antimonsko-volframskom, nastalom na niskim temperaturama hidrotermalnog područja, a smeštena je u škriljcima.

U permskim crvenim peščarima Ridanjsko-Krepoljinske zone, koji se prostiru od Sige blizu Krepoljina na severu, do Suve Planine na jugoistoku, u vidu jedne uske zone, poznato je na desetine pojava bakronosne mineralizacije: Siga, Resavica, Bancarevo, Studen, Izvor i dr. (Jankovi ć, 1967,1990). Bakrova mineralizacija se obično javlja u vidu žilica i prožilaka, pretežno paralelno slojevitosti crvenih peščara. U većini slučajeva teško je uočiti primarne minerale (halkopirit, bornit), već se uglavnom zapažaju sekundarni minerali, najčešće malahit, ređe azurit i halkozin. Češće se uočavaju tragovi molibdenita. Ove Cu-mineralizacije su bez većeg ekonomskog značaja.

Prema stepenu istraženosti i ekonomskom značaju u Ridanjsko-Krepolinskoj zoni, treba istaći **ležište olova i cinka Kučajna i plimetalično ležište Fe, Cu, Mo Reškovica.**

Ležište olova i cinka sa visokim sadržajem srebra i zlata Kučajna nalazi se na oko 6 km od varošice Kučevo. Ležište je istraživano i eksploatisano još u antičko doba. Poslednja istraživanja vršena su u periodu 1984-88 godina, ali nisu otkrivene značajnije rezerve. Danas ležište nije pristupačno direktnom promatranju i izučavanju (Jankovi ć, 1990).

Rudonosna zona Kučajne obrazovana je duž zapadnog kontakta dacito-andezita i krečnjaka, a najznačajnija rudna tela lokalizovana su u predelu Banjskog potoka. Rudna zona duga je skoro 1 km, a široka oko 150 m, a po dubini praćena je oko 140 m. Prema obliku rudna tela su manja gnezda i nepravilne sočivaste žice u krečnjacima na kontaktu sa dacito-andezitima i/ili male mugle u tufoznim brečama. Rudna mineralizacija se samo izuzetno uočava u skarnovima. Rudna tela su neravnomerno raspoređena u ležištu. Prema stepenu koncentracije sulfida, izdvajaju se masivna, sa preko 60% sulfida i impregnaciona rudna tela.

Sadržaj Pb+Zn u pojedinim rudnim telima premašivao je 50%. Pored olova i cinka, kučajnska ruda sadrži i vrlo visok sadržaj srebra. Prema jednoj analizi komada rude iz potkopa "Kosta", sadržaj pojedinih elemenata je sledeći; Pb=45.5%, Fe=14.7%, Ag=1856 g/t (Jankovi ć, 1990; Milosavljevi ć, 1955).

Mineralni sastav ležišta Kučajna je vrlo raznovrstan, a prema broju minerala srebra u galenitu kučajnska ruda je među prvima u Srbiji (argentit, samorodno srebro, pirargirit, diskrazit, polibazit-pirseit, burnonit, bulanžerit, tetraedrit). Galenit je dominantan mineral u rudnoj paragenezi sa visokim sdražajem srebra (do 3000 g/t).

Pb-Zn ležište Kučajna pripada hidrotermalno-metasomatskom tipu orudnjenja, obrazovano na relativno niskim temperaturama

Polimetalično ležište Reškovica

Polimetalično ležište Reškovica (Fe, Cu, Mo) nalazi se u izvorišnom delu istoimene rečice, nekoliko kilometara severno od reke Mlave. Od Petrovca na Mlavi udaljena je oko 13 km. U Reškovici ima tragova starog rudarenja, naročito iz srednjeg veka. Ruda je, verovatno, korišćena zbog bakra, a i zbog gvožđa i srebra. (Janković, 1956, 1990).

Uže područje Reškovačkog rudišta izgrađeno je od paleozojskih, mezozojskih i tercijarnih tvorevina, sl. 97. Od posebnog su interesa magmatske stene, (daciti i dacito-andeziti, retko andezit-bazalti), jer su sa njima, genetski, vezane i rudne pojave. Iako nisu otkriveni, sasvim je izvesno da su u dubljim delovima prisutni granodioriti i dioriti, koji su izazvali stvaranje prostranih masa skarnova i metamorfisanje krečnjaka i njhovo pretvaranje u mermere.

Rudne pojave se nalaze u jednoj uskoj zoni koja se proteže u pravcu S-J, istočnim obodom Velikog i Malog Vukana. Mineralizacija se na površini manifestuje Fe-Mn šeširima.

Prema mineralnom sastavu i karakteru mineralizacije rudne pojave Reškovice, prema Janković u (1990) mogu se podeliti u tri grupe:

- Mineralizacije u promenjenim krečnjacima skarnovskog tipa, pretežno predstavljene magnetitom (potkop "Vova").
- Skarnovska polimetalična mineralizacija (halkopirit-sfalerit-galenit), sa lokalnim pojavama bizmutskih minerala i šelita. Lokalno se u krečnjacima, zapaža sočivasto-žična mineralizacija galenita (Kravarnički potkop).
- Hidrotermalna molibdenitska mineralizaccija u peščarima se javlja prostorno odvojena od skarnovskih pojava, ali pripada istom magmato-tektonskom periodu. To su pretežno tanke kvarcne žice sa molibdenitom, moćne 0,2 do 2,0 cm, kratkog pružanja (Vrošica, Mečkine rupe).

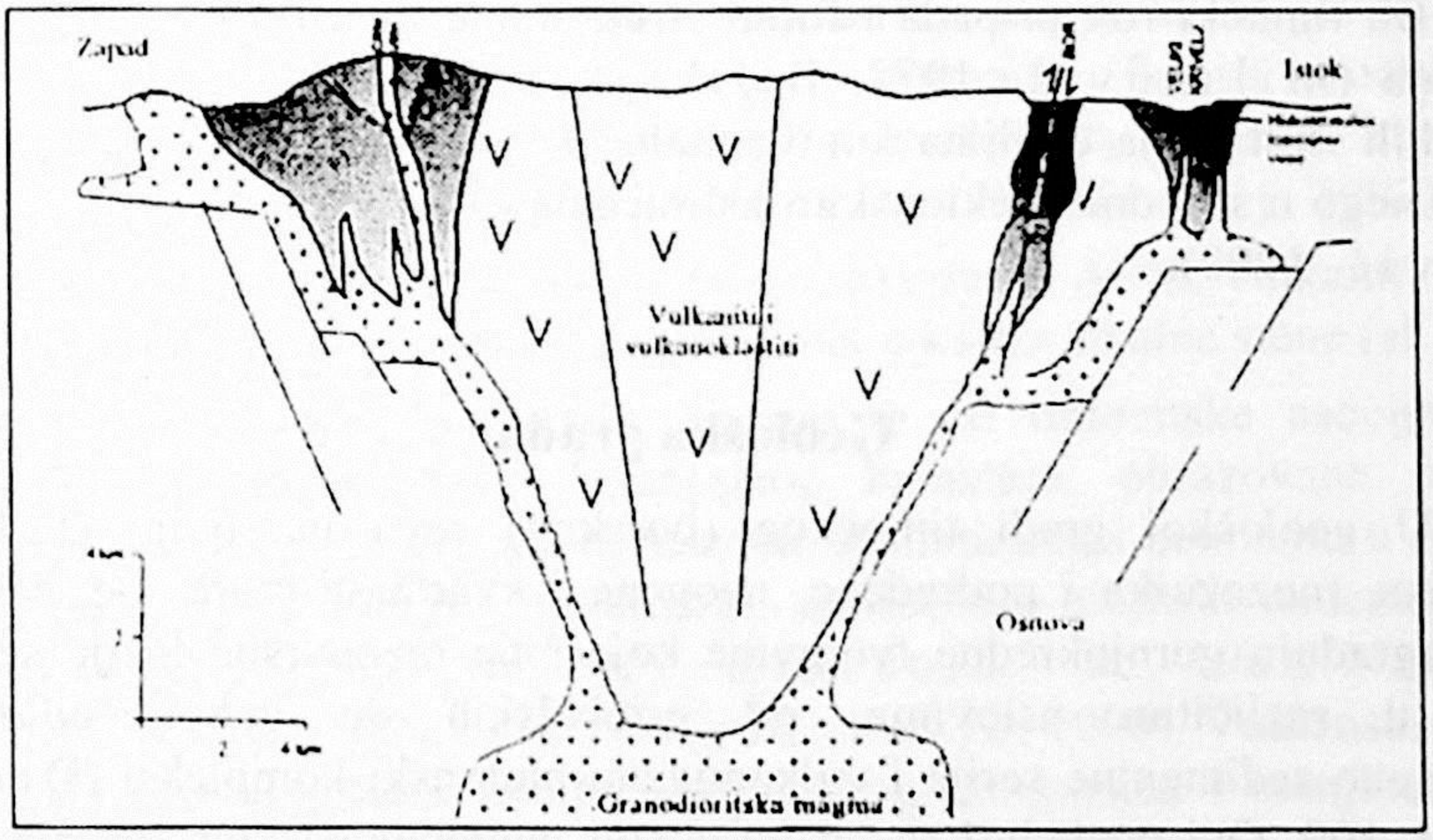
Na vododelnici Kravaričke i Reškovačke reke, na lokalnosti Vrošica, zapažene su na osnovu podataka istražnih bušotina, u jako silifikovanim peščarima, pojave molibdenita praćene sa neznatnim koncentracijama halkopirita i pirita. To su tanke kvarcne žice obrazovane uz proboj dacita, sa varijabilnim sadržajem molibdena, od 100-800 ppm. Pored silifikovanja, zapaža se i stvaranje, na račun veziva peščara, sericita, hlorita i biotita. U vulkanitima razvijeni su produkti

kaolinizacije. U kravaričkom potoku, u mermernim brečama kod Mečkine rupe, nađeni su i minerali vulfenita (B a r i ć , 1938).

Mineralni sastav u reškovačkom ležištu čine veći broj minerala, grupisanih u skarnovskim paragenezama bakra, olova, cinka volframa, molibdena, gvožđa, bizmuta i dr. Najšire rasprostranjenje ima magnetit i pirit, zatim halkopirit, sfalerit, galenit, samorodni bizmut, hematit, bornit, molibdenit, šelit i vrlo retko arsenopirit. Šelit se, uglavnom, javlja samostalno sa skarnovskim mineralima, a samo izuzetno sa sulfidima olova i cinka.

BORSKA METALOGENETSKA ZONA

Borska metalogenetska zona zbog značajnih ležišta bakra spada u jedno ekonomski najznačajnije područje Srbije. Rudonosni prostor lokalizovan je u jednoj rovovskoj, jako izraženoj strukturi, čija širina ne prelazi 20 km, a duga je preko 150 km. Ona se na severu preko Majdanpeka i Dunava nastavlja u Rumuniju, a prema jugu i jugoistoku, po prelasku u Bugarsku, nastavlja se na Srednjegorsku metalogenetsku zonu i pruža se dalje prema Crnom moru. Borska metalogenetska zona se u terenima Srbije, prostorno i genetski poklapa sa Timočkim magmatskim kompleksom (TMK).



Sl. 99. *Poprečni presek kroz rov Borske metalogenetske zone (K o ž e l j , 2002, šematizovano)*

Fig. 99. *Cross section through the Bor metallogenic zone (K o ž e l j , 2002, schematized)*

Savremena izučavanja strukturno-geološke građe i metalogenetskog razvoja šireg prostora Borske zone dovode se u vezu sa procesima tektonike ploča (A n d r i ć i dr. 1972; G r u b i ć , 1974; A n t o n i j e v i ć i dr. 1974, K a r a m a t a , 1974, 1975, 1982; J a n k o v i ć , 1977, 1980, 1990; K o ž e l j , 2002). Formiranje ovog rova počinje od gornjeg apta i traje do kraja gornje krede kada se prema K a r a m a t i (1975) vrši zatvaranje okeanskog područja i obrazuje rov u koji

izbijaju magme nastale stapanjem donjih delova kontinentalne kore i podvučene kontinentalne okeanske kore. Te magme imaju hibridni bazaltoidni karakter što dokazuju, kalijom obogaćeni, andeziti i prateća metalogenija (Cu, Mo, a podređeno Pb, Zn)

Prema morfologiji, Borska metalogenetska zona ima oblik tipične rovovske strukture, koju karakteriše blokovsko gravitaciono spuštanje. Tangencijalnim pomeranjem prvo je došlo do istezanja i istanjivanja kontinentalne ploče, što je imalo za posledicu pucanja i laganog tonjenja polomljenih blokova u dublje delove terena. U narednoj fazi usled smanjenja litostatičkog pritiska došlo je do prodiranja stopljene magme iz gornjeg omotača i zapunjavanja rov sinklinale. Vulkanskom aktivnošću formiran je debeo paket vulkanoklastičnog materijala koji je najdublji u središnim delovima rov sinklinale, sl. 99 (Đorđević i dr. 1964, Kželj, 2002). Pravac pružanja rova se poklapa sa pravcima glavnih struktura, odnosno sa dubokim razlomima koji su dopirali do magmatskih ognjišta i bili glavni dovodni kanali velikoj količini magme. Obodi rova su okarakterisani prisustvom longitudinalnih rasednih zona (zlotska i pečko-svrljiška) koje se satoje od ešalonirano raspoređenih rasednih površina koje padaju prema središnom delu rova i dopiru do manjih dubina, odnosno do bokova rova. Ovi rasedi, prema Kželju (2002), su imali dvostruku ulogu: (1) bili su glavni putevi dovođenja vulkanoklastičnog materijala i (2) i glavni pravci cirkulacije hidrotermalnih rastvora. Najveći broj rudnih ležišta bakra i drugih elemenata vezan je za ove zone.

Da timočki rov pripada riftnim strukturama ukazuju i podaci geofizičkih ispitivanja (Milanović, 1972; Bilibajkić i dr., 1972). Prema podacima geofizičkih ispitivanja debljina kontinentalne kore ispod timočkog rova je manja (31 km) nego u susednim tektonskim jedinicama (30-40 km; Andrić i dr., 1972, Janković, 1990).

Geološka građa

U geološkoj građi timočkog (borskog) rova učestvuju stene starijeg paleozoika, mezozoika i podređeno, neogene i kvartarne tvorevine. Najveći deo terena izgrađuju gornjokredne tvorevine koje čine raznovrsne facije sedimenata, nastale u različitim uslovima, od priobalskih do dubokovodnih, zatim vulkanogeno-sedimentne serije i vulkanogeno-plutonski kompleksi (Drovenik, 1960), sl. 100. Ovi poslednji su od posebnog metalogenetskog značaja za ležišta bakra različitih tipova.

Stene proterozoika kao najstarije, izgrađuju obodne delove Borske metalogenetske zone. Zastupljene su u pravcu Majdanpek-Crnajka-Bela reka na istoku i u oblasti Kučajsko-homoljskih planina na zapadu. Predstavljene, su raznim vrstama gnajseva, mikašista, zelenih škriljaca, meta spilita, meta - keratofira i dr.

Stene paleozoika su predstavljene raznim vrstama peščara, argilošista, filita, konglomerata, krečnjaka, kao i hercinskim granitoidnim stenama. Stene proterozoika i paleozoika nisu otkrivene na površini terena u okviru Borske metalogenetske zone, ali su utvrćene anklave u vulkanoklastima. Na osnovu

sličnosti anklava sa stenama istočnog i zapadnog oboda Borske metalogenetske zone, zaključeno je da stene proterozoika i paleozoika predstavljaju osnovu vulkanogeno-sedimentnoj seriji.

Najveći deo **mezozojskih tvorevina** (trijas, jura, donja kreda) predstavljen je karbonatnim stenama, a u manjoj meri kvarcnim konglomeratima, gvoždevitim peščarima i karbonatnim konglomeratima. Njihovo rasprostranjenje je ograničeno na obodne delove Borske metalogenetske zone.

Stenski kompleks gornje krede predstavljen je vulkanitima andezitskog sastava i sedimentnim stenama znatne debljine koje izgraćuju najveći deo terena borske metalogenetske zone. Sedimenti gornje krede sastoje se od raznovrsnih facija laporaca, glinaca, peščara, rudistnih krečnjaka i facija bočatnih peščara flišolikog tipa. Gornjo-krednim sedimentima pripadaju i facije lagunsko-bočatnih sedimenata sa pojavom uglja. Sem uglja ovi sedimenti sadrže i infiltraciono-sedimentna ležišta gvožđa koja nisu ekonomski interesantna (Antonijević, 1972; Janković, 1990),

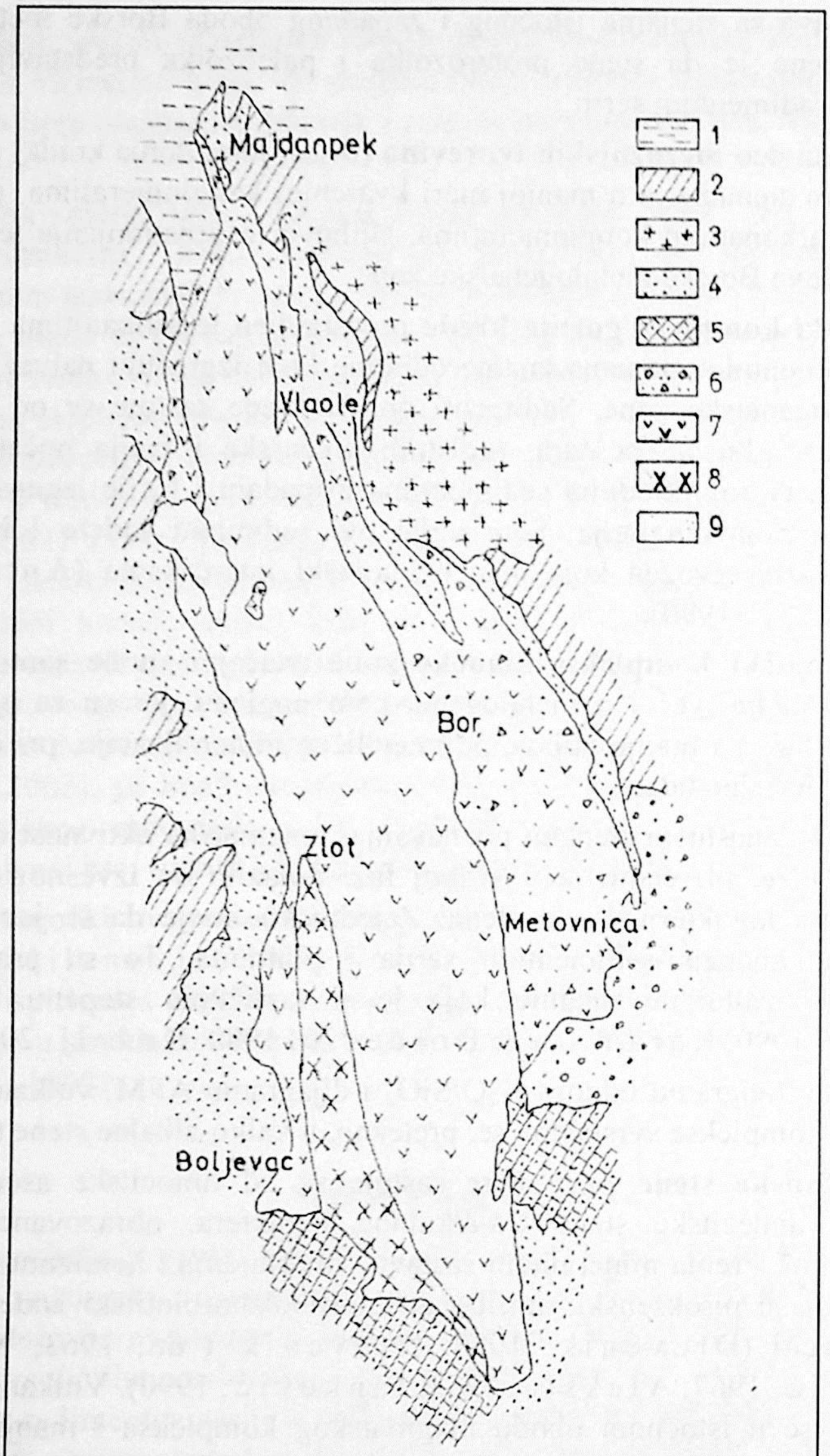
Magmatski kompleksi timočke zone značajni su ne samo u pogledu raznovrsnosti facija, već i u metalogenetskom pogledu, jer su sa njima vezana velika ležišta bakra i manje pojave polimetalične mineralizacije, pri čemu zlato i srebro imaju značajan udeo.

Prema današnjem stepenu poznavanja, magmatska aktivnost odvijala se u **tri osnovne faze,** pri čemu je u svakoj fazi dolazilo do izvesnog kolebanja u petrohemijskim karakteristikama stena. Zajedničko im je da se javljaju u vidu vulkanita, vulkanogeno-sedimentnih serija i plutonita. To su produkti jedne subkrustalne bazaltoidne magme koja je u različitom stepenu hibridizirana (Janković, 1990; Karamata & Đorđević, 1980; Koželj, 2002).

Prema dijagramu odnosa K_2O/SiO_2 i dijagramu AFM, vulkaniti timočkog magmatskog kompleksa svrstavaju se, pretežno, u kalko-alkalne stene (sl. 101).

Vulkanske stene prve faze sastoje se od timocitske asocijacije koju predstavljaju andezitske stene Ca-alkalnog karaktera, obrazovane iz magme zasićene vodom. Prema mineralnom sastavu, strukturama i hemizmu u okviru ove faze izdvojeni su piroksenski, amfibolski, amfibolsko-biotitski andeziti, andezit-timociti i daciti (Drovenik, 1958; Drovenik i dr., 1963; Nikolić & Anđelković, 1967; Aleksić, 1983; Janković, 1990). Vulkanske stene ove faze javljaju se u istočnom obodu magmatskog kompleksa i manjim delom na severu, (sl. 100). Najčešće se javljaju u vidu piroklastičnih breča, ređe kao izlivi i žice.

Vulkanske stene druge faze (andezit-bazaltna asocijacija), nastale su posle prekida magmatske aktivnosti prve faze. Stene ove faze imaju najveće rasprostranjenje, a prostorno zauzimaju središne delove magmatskog kompleksa. Predstavljene su raznim vrstama piroksensko-amfibolskih i piroksenskih andezita, a javljaju se pretežno u vidu piroklastita. U odnosu na stene prve faze siromašnije su silicijom, a na dijagramu AFM raspoređuju se u granično područje kalko-alkalne i toleitske serije, prelazeći delom u toleitsko područje (Janković, 1990).

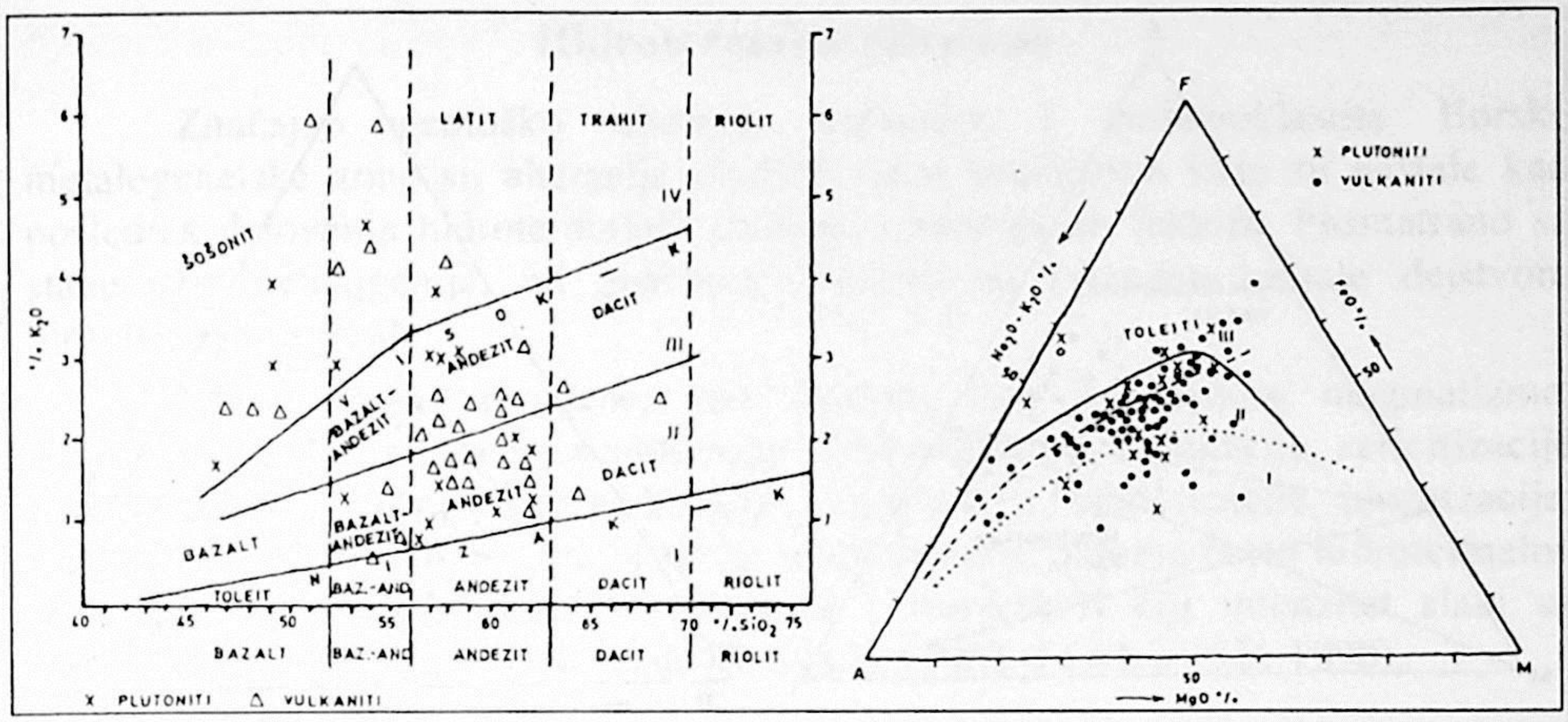


Sl.100. *Pregledna karta rasprostranjenosti produkata pojedinih magmatskih faza u Timočkom magmatskom kompleksu (prema Janković, 1990).*

1.Proterozoik, 2. Paleozoik, 3. Gornjanski granitoid, 4. Gornjojurski i donjokredni krečnjaci, 5. Kredni sedimenti, 6. Pretežno vulkaniti I faze, 7. Pretežno vulkaniti II faze, 8. Često pojavljivanje vulkanita III faze, 9. Gornjokredni plutoniti.

Fig. 100. *Sketch map of distribution of particular igneous phases in Timok igneous complex (after Janković, 1990).*

1. Proterozoic, 2. Palaeozoic, 3. Gornjan granite, 4. Upper Jurasic and Lower Creataceous limestones, 5. Cretaceous deposits, 6. Mainly volcanic rocks of I phase, 7. Mainly volcanic rocks of II phase, 8. Frequent occurrence of rocks of III phase, 9. Upper Creataceous plutonic rocks.



Sl. 101. *Dijagram klasifikacije magmata Borske metalogenetske zone na osnovu odnosa K_2O/SiO_2 i AFM (Jankovi ć, 1990)*

Fig. 101. *Classification diagram of igneous rocks from Bor metallogenetic zone on the basis of K_2O/SiO_2 ratio and AFM (Jankovi ć, 1990)*

Vulkanske stene **treće faze** (latitska asocijacija) imaju najmanje rasprostranjenje i to u JZ delu TMK, (sl. 100). To su latiti i trahit-andeziti znatno bogatiji alkalijama od stena prve i druge faze, pa se mogu smatrati alkalnim stenama. Pojavljuju se najčešće u vidu dajkova i mlađe su od stena prve i druge faze.

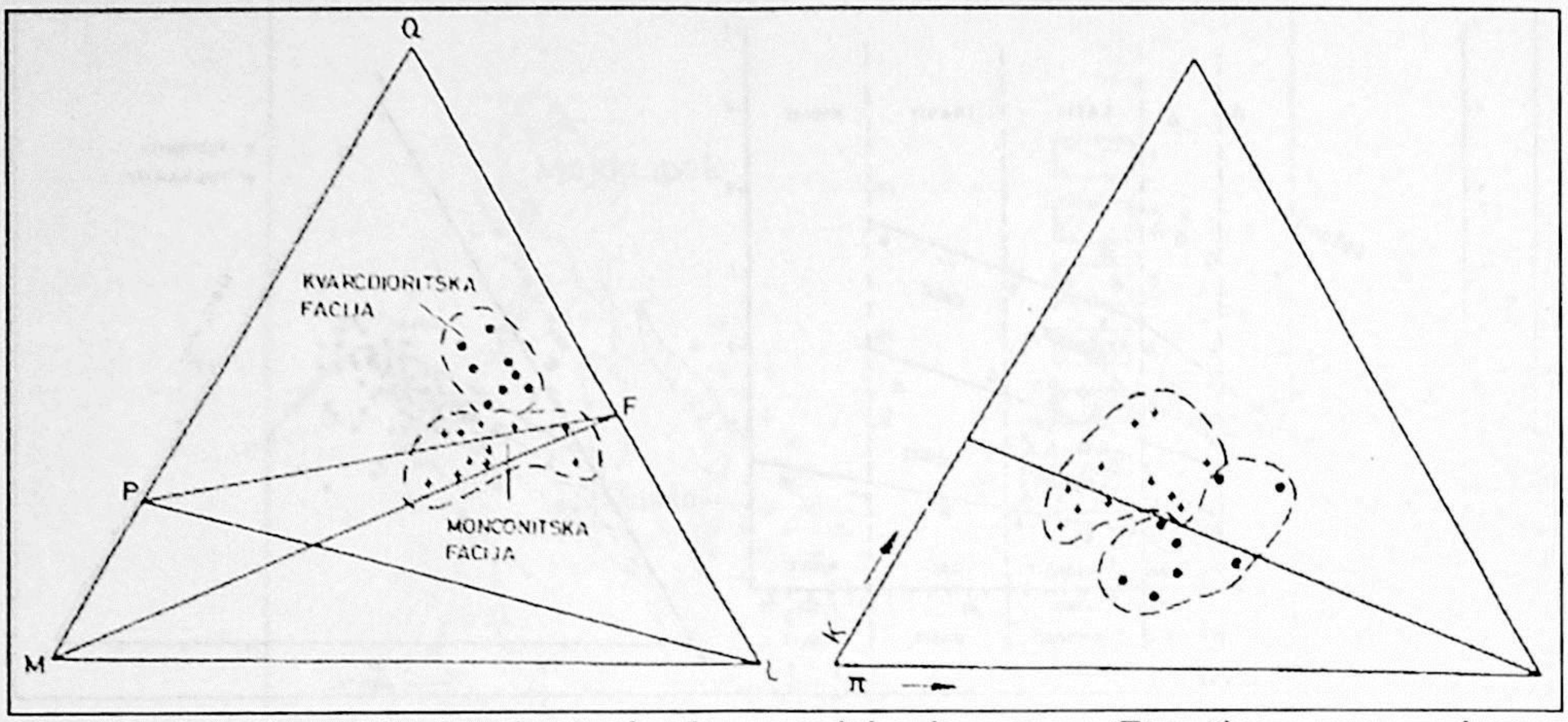
S obzirom na submarinski karakter vulkanizma, u vreme relativnog smirivanja vulkanske aktivnosti, dolazilo je u nekim delovima timočke magmatske oblasti do stvaranja manjih ili većih masa sedimentnih stena (laporci, peščari, tufiti), koje se često nalaze interstratifikovane u piroklastičnom materijalu.

Ovako nastale vulkanogeno-sedimentne stene, zahvaćene su laramijskom orogenezom, koja je stvorila puteve i omogućila utiskivanje magme iz koje su nastale **plutonske stene**. Kao završna faza ove magmatske aktivnosti gornje krede, javljaju se hidrotermalni rastvori koji su u tek konsolidovanim vulkanogeno-sedimentnim stenama izvršili intenzivne promene i doneli bakrovu, a stim u vezi i molibdenovu mineralizaciju.

Laramijski plutoniti najčešće su predstavljeni **monconitskom, dioritskom i kvarcdioritskom facijom** stena, od kojih je za bakrovu mineralizaciju najvažnija kvarcdioritska facija, koja se i petrohemijski izdvaja u odnosu na monconitsku faciju (sl. 102).

Poseban značaj za bakrovu mineralizaciju, iz kvarcdioritske facije, ima autometasomatski izmenjen kvarcdioritporfirit (Veliki Krivelj, Majdanpek). To su najčešće sitnozrne stene, tamne ili tamnozelenkaste boje sa ofitskom i porfiroidnom strukturom. Varijateti sa porfiroidnom strukturom su interesantniji kao nosioci i donosioci bakrove mineralizacije (Đ o r đ e v i ć, 1977/1978).

Sadržaj makro i mikro elemenata u stenama pojedinih vulkanskih faza detaljno je proučavan od strane A l e k s i ć a (1983) i dat je u tabeli 30.



Sl. 102. *Petrohemojske karakteristike Laramijskih plutonita u Timočkom magmatskom kompleksu na osnovu dijagrama OLM i Kπ (Đ o r đ e v i ć , 1977/1978)*

Fig. 102. *Petrochemical features of Laramian plutonic rocks in Timok igneous complex on the basis of OLM and Kπ diagrams (Đ o r đ e v i ć , 1977/1978)*

Tabela 30. *Srednji sadržaj halkofilnih elemenata u vulkanitima Timočkog magmatskog kompleksa, ppm, (A l e k s i ć , 1983; iz J a n k o v i ć , 1990)*

Table 30. *Mean content of chalcophyle elements in volcanic rocks of Timok igneous complex, ppm (A l e k s i ć , 1983; from J a n k o v i ć , 1990)*

Vrsta stena	Cu	Pb	Zn	Mo	Ag	As	Se
Timocitska asocijacija							
Amfibolsko-piroksenski andeziti (26)	106	3.5	100	2.5	0.05	2.2	8
Amfibolski andeziti (19)	56	2.0	78	2.5	0.05	2.3	12
Amfibolsko-biotitski andeziti (14)	94	1.0	68	2.6	0.03	1.1	2.4
Timociti (28)	30	2.4	87	0.7	0.03	2.2	22
Amfibolsko-biotitski daciti (20)	20	6.0	58	0.5	0.05	1.0	20
Andezit-bazaltna asocijacija							
Piroksensko-amfibolski andeziti i piroksenski andeziti (41)	80	14.0	98	2.2	0.04	7.0	6
Latitska asocijacija							
Piroksenski latit (21)	21	11.0	116	1.9	0.46	5.7	30

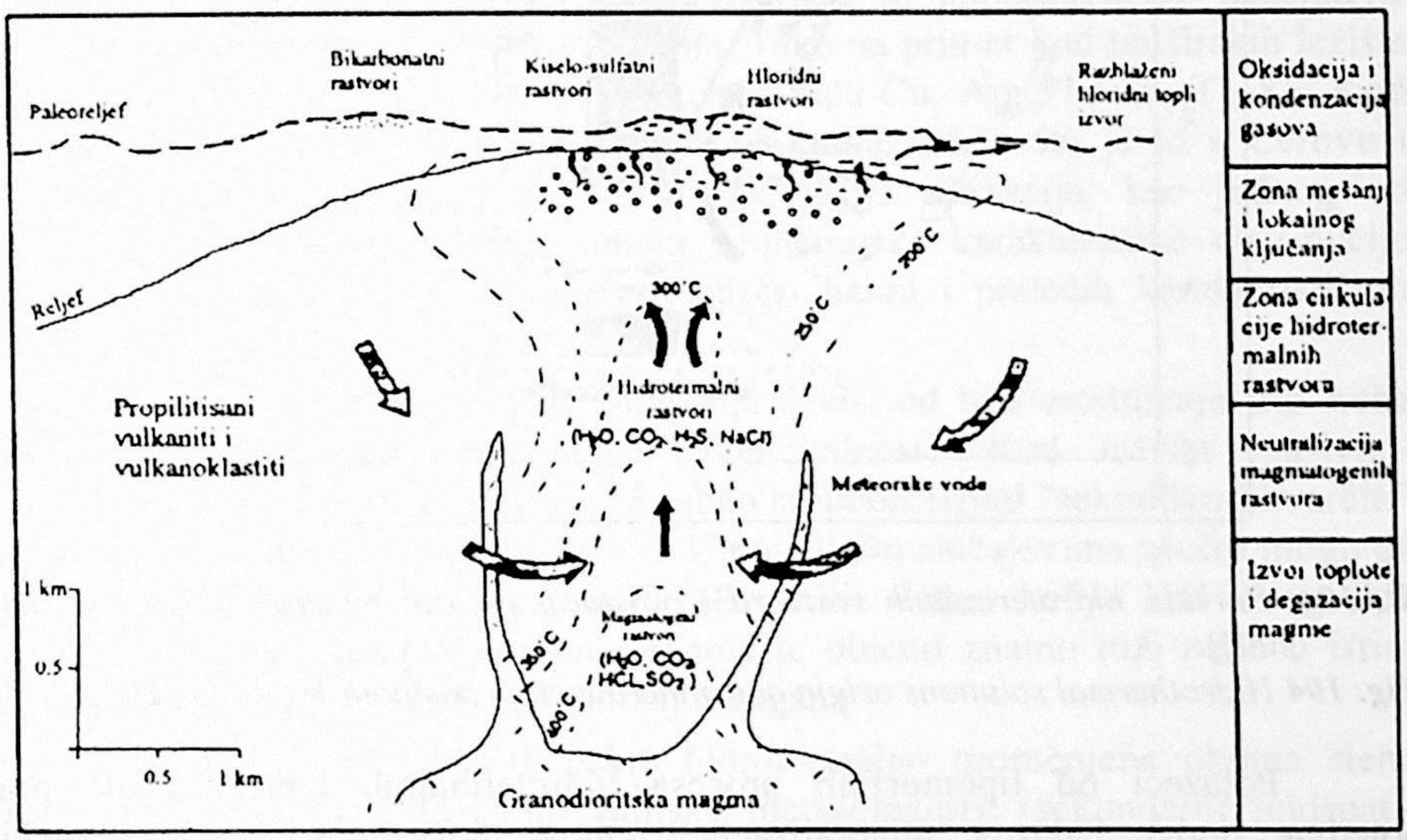
Izvor podataka (Source of records): *A l e k s i ć , 1983; J a n k o v i ć , 1990; (14)- broj analiziranih proba*

Prema tabeli 30, srednji sdaržaji proučavanih elemenata ukazuju da su vulkaniti timočkog magmatskog kompleksa obogaćeni bakrom, molibdenom, cinkom i selenom, a osiromašeni olovom, posebno u odnosu na magmatske komplekse Ridanjsko-Kreooljinske zone (vidi tabelu 29). Evidentno je da TMK ima izraziti mineralni potencijal prema ekonomski značajnim koncentracijama bakra i selena, delom čak i cinka (Čoka Marin), čiji su sadržaji u stenama TMK povišeni, dotle povišeni sadržaji molibdena u stenama nisu u skladu sa sadržajima u rudnim ležištima, uključiv i porfirska ležišta bakra (uglavnom ispod 100 ppm Mo u rudi).

Hidrotermalne promene

Značajno geološko obeležje vulkanita i vulkanoklastita Borske metalogenetske zone su alteracije okolnih stena orudnjenja koje su nastale kao posledica delovanja hidrotermalnih rastvora i supergenih faktora. Posmatrano sa stanovišta metalogenije, od posebnog interesa su promene nastale dejstvom hidrotermalnih fluida.

Hidrotermalne promene, kao završna faza laramijskog magmatizma, manifestuju se kroz procese biotitizacije, feldspatizacije, silifikacije, sericitizacije pirofilitizacije, kaolinizacije, piritizacije, alunitizacije, epidotizacije, hloritizacije, kalcitizacije, sulfatizacije i zeolitizacije okolnih stena. Veoma često hidrotermalne izmene pokazuju zonalnost (horizontalnu i vertikalnu) čiji intenzitet slabi sa udaljavanjem od porfirskih intruzija (K o ž e l j , 2002; J a n k o v i ć , 1990).

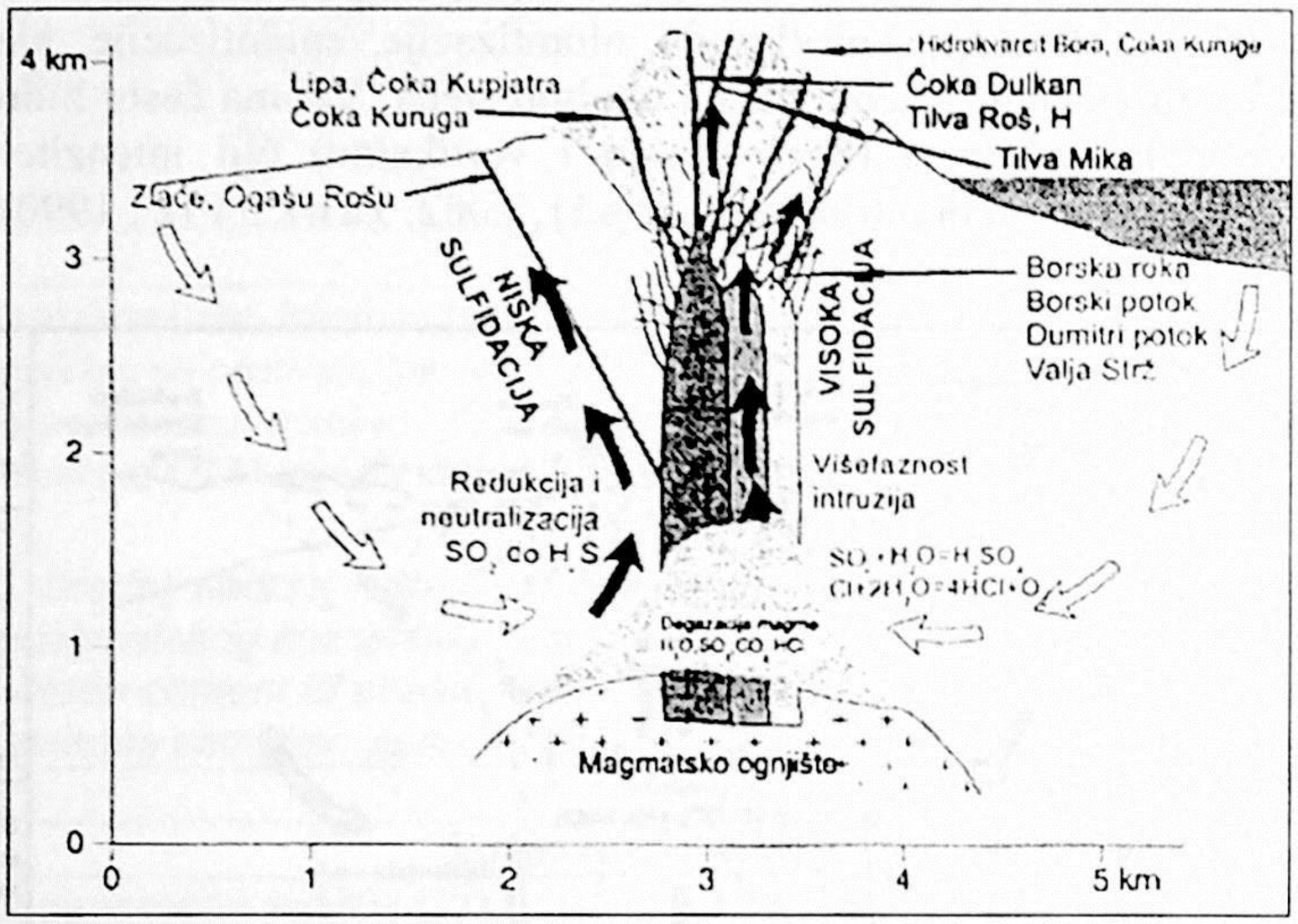


Sl. 103. Opšti model hidrotermalnog sistema Borske metalogenetske zone (K o ž e l j , 2002)
***Fig. 103.** General model of hydrothermal system in the Bor metallogenic zone (K o ž e l j , 2002)*

Zone hidrotermalno promenjenih stena u Timočkom magmatskom kompleksu zauzimaju prostor od oko 164 km^2, od toga stene prve vulkanske faze 27 km^2, druge 125 km^2 i treće faze oko 12 km^2 . U istočnim delovima zone presek izmenjenih stena je pretežno ovalnog oblika i malih razmera (rudno polje Bor) ili izduženog po pravcu raseda (rudno polje Mali Krivelj-Cerovo, Čoka Marin). U zapadnom delu površine izmenjenih andezita su znatno prostranije. Glavni pravci delovanja hidrotermalnih rastvora bili su po uzanim prostorima, neposredno uz longitudinalne rasede i utusnute subvulkanske intruzije. Veličina lateralnog prostiranja hidrotermalnih rastvora i prožimanja veće zapremine efuzivnih stena,

direktno je proporcionalna učešću sekundarnih struktura, koje su u vezi sa glavnim strukturnim pravcima.

Aktivnost hidrotermalnih rastvora čije je delovanje uslovilo formiranje mineralizacije bakra, zlata i drugih elemenata odlikuje se višefaznošću. Radi boljeg razumevanja stepena i načina na koji je došlo do alterisanja stena, transporta, odlaganja metala i postrudnih procesa, na slici 103, dat je opšti model hidrotermalnog sistema Borske metalogenetske zone (K o ž e l j , 2002)



Sl. 104. *Poreklo hidrotermalnih rastvora i prostorni položaj mineralizacija(K o ž e l j , 2002)*

Fig. 104 *Hidrothermal solutions origin and mineralization position(K o ž e l j , 2002)*

Polazeći od tipomorfnih procesa hidrotermalnih izmena, koje prate pojedine tipove bakrove mineralizacije, njihove povezanosti sa magmatskim stenama, kao i predpostavljenih erozionih nivoa, K o ž e l j (2002) je dao jedan opšti uprošćen model prostornog položaja ležišta bakra u Timočkoj magmatskoj oblasti (sl.104)

Svakako da su mogućnosti primene ovog, pa i drugih modela (Đ o r đ e v i ć , 1977/1978), u velikoj meri ograničene zbog intenzivne postrudne tektonike koja je zahvatila većinu hidrotermalno izmenjenih zona. Postrudna tektonika često remeti odnose pojedinih tipova izmena mineralizacija (Bor, Mali Krivelj, Lipa, Dumitri potok, Veliki Krivelj), o čemu se mogu naći detaljniji podaci u radu D r o v e n i k a (1966).

Mineralna potencijalnost

Izlivne stene kalko-alkalne magme zauzimaju najveći deo TMK. Izlivanje magme je vršeno kroz vulkanske aparate linijskog i/ili centralnog tipa, a višefazna

eksplozivnost je jedna od osnovnih obeležja i veoma značajna za stvaranje bakrovih mineralizacija.

Pri oceni mineralne potencijalnosti treba imati u vidu činjenicu da su sva do sada poznata rudna ležišta vezana ne samo genetski sa magmatskim kompleksom, već da su ona i prostorno smeštena u njima. Poslednja istraživanja pokazuju da se pored bakra i pratećih komponenti (zlato, srebro, molibden) u ovom kompleksu mogu očekivati i ekonomski značajne koncentracije sulfida olova i cinka (Valja Saka, Čoka Marin), kao u Srednjegorju u Bugarskoj.

Među kriterijume mineralne potencijalnosti ubrajaju se:

- Hidrotermalno promenjene stene. U magmatskom kompleksu poznate su brojne pojave hidrotermalno promenjenih stena. Većina do sada pronađenih rudnih ležišta i pojava bakra bila je vezana sa takvim sredinama. Tipovi alteracija u tim sredinama nisu uvek isti, već preovlađuje silifikovanje i piritisanje praćeni hloritisanjem i argilitisanjem. Treba naglasiti da su karakteristične asocijacije elemenata u tesnoj vezi sa tipom orudnjenja. Tako na primer kod porfirskih ležišta to su Cu, Ag, Pb, As, Mo, a kod masivnih sulfida Cu, Ag, Pb, As, Tl, Sb. Kod porfirskih ležišta odnos Cu/Mo može biti od interesa, kao što je to u Cerovu i Velikom Krivelju. Otuda se pri korišćenju facija alteracija, kao jednog od indikatora orudnjenja, najčešće, uzimaju geohemijske karakteristike distribucije pojedinih elemenata u njima (povećan sadržaj bakra i pratećih karakterističnih asocijacija elemenata).

- Odnos facija alteracija i orudnjenja zavisi od tipa orudnjenja, što treba imati u vidu pri oceni mineralne potencijalnosti. Kod ležišta masivno-impregnacionih sulfidnih orudnjenja, posebno su interesantni "sekundarni kvarciti" (silifikovanje, alunitisanje, argilitizacija). U pojedinim slučajevima zeoliti mogu da budu indikatori bakrove mineralizacije (Breznik). Udeo kalije kod ovog tipa orudnjenja u promenjenim okolnim stenama je obično znatno niži nego u istim svežim stenama. To isto vredi i za sadržaj mangana.

- Kod porfirskih ležišta bakra hidrotermalno promenjene okolne stene obično su predstavljene facijama kalijske metasomatoze (sekundarni feldspati-ortoklas i/ili biotit), sericitisanja, hloritisanja i argilitizacije. Zonalan raspored facija alteracija može biti jedan od kriterijuma mineralne potencijalnosti. Udeo kalijuma u alterisanim stenama kod ovog tipa orudnjenja je znatno viši nego u svežim stenama. Prostorno porfirske mineralizacije su lokalizovane u istim strukturama koje kontrolišu i razmeštaj rudnih tela masivnih sulfida, ali u dubljim nivoima (Borska reka).

- Među ostale geološke kriterijume ocene bakronosnosti treba istaći hipoabisalne i/ili subvulkanske intruzije za porfirska ležišta bakra i strukture vulkanskih aparata kod ležišta masivnih sulfida i impregnacionog tipa bakronosne mineralizacije. Od kriterijuma mineralne potencijalnosti mogu se koristiti još podaci koje pružaju kolor i infracrveni aerosnimci (sredine povećanog toplotnog gradijenta), zatim geofizički podaci u prvom redu izazvana polarizacija i gravimetrijska i geomagnetska ispitivanja (kombinovano).

Morfogenetski tipovi ležišta bakra Borske metalogenetske zone

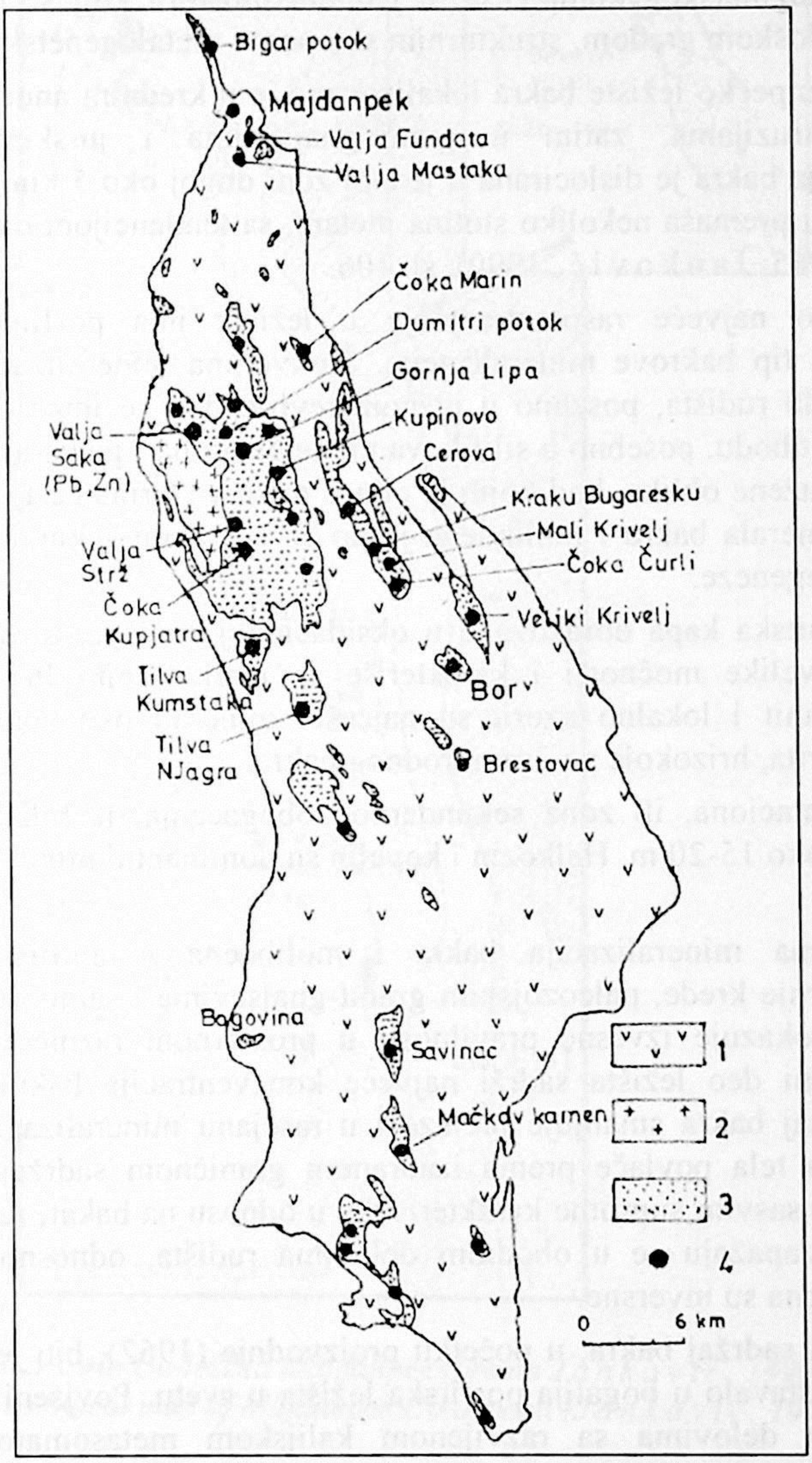
Rudna ležišta bakra u ovoj metalogenetskoj zoni su formirana u vulkanitima i vulkanoklastitima, pretežno andezitskog sastava duž istočnog i zapadnog oboda Timočkog magmatskog kompleksa, sl. 105. Stvarana su na različitim dubinama i različitim uslovima u zavisnosti od fizičko-hemijskih karakteristika hidrotermalnih fluida i okolne sredine. Sva značajna ležišta su vezana za zone pojavljivanja dubokih razloma koji dopiru do dubokih delova kontinentalne kore, odnosno do gornjih delova magmatskog ognjišta. Pored dominantnih ležišta bakra, sa značajnim udelom zlata i molibdena, u ovoj zoni se, lokalno, javljaju i polimetalična ležišta Pb, Zn, Cu. Prema načinu pojavljivanja i uslovima formiranja poznato je više genetskih tipova ležišta bakra: ležišta masivnih sulfida, porfirska ležišta, kao i retke pojave žičnih i skarnovskih mineralizacija i izuzetnih pojava ležišta rudnih klasta. Detaljan prikaz tih ležišta nalazimo u radovima Jankovića i dr., (1980); Jankovića, (1990); Terzića i dr., (1969); Drovenika, (1966); Aleksića, (1966, 1969); Koželja, (1984, 2002); Donata, (1952); Spasova, (1965), Đorđevića, (1977/78) i dr. U daljem tekstu osvrnućemo se samo na porfirska ležišta bakra u kojima se molibden javlja kao značajna prateća komponenta.

Porfirska ležišrta bakra formirana su na najvećim rastojanjima od površine terena u i oko hipoabisalnih intruzija granodioritske magme (sl. 104). Odlikuju se štokverkno-impregnacionim strukturno-teksturnim varijatetom rude i zonalnim rasporedom hidrotermalnih alteracija. Mineralni sastav rudnih tela je relativno jednostavan, a dominantno mesto zauzimaju pirit, halkopirit, magnetit, molibdenit. U dubljim delovima ležišta lokalno se javljaju bornit i enargit. Sasvim lokalno se nalaze neodigenit, halkozin i kovelin. Prema obodnom delovima mineralizovanih prostora koncentracija sulfidnih minerala i korisne komponente bakra se smanjuje, a prelaz prema okolnim stenama je postepen.

Razmere porfirskih ležišta su velike i daleko prevazilaze volumen ostalih ležišta bakra u Borskoj metalogenetskoj zoni. Najveća ležišta u poprečnom preseku imaju površinu preko 0.5 km^2, dok vertikalni interval rasprostranjenja rudne mineralizacije premašuje 2000 m., zapravo vertikalni interval mineralizacije, dosadašnjim istraživanjima nije utvrđen. Prema dubini mineralizacija se polako sužava i u najdubljim delovima ograničena je na uske prostore oko intruzija kvarcdioritporfirita.

Prostorni položaj i stepen koncentracije glavnih i pratećih elemenata tesno je povezan sa vrstom i stepenom hidrotermalnih izmena. U neposrednoj okolini porfiskih intruzija razvijena je K-silikatna metasomatoza sastavljena od biotitisanih, silifikovanih i mestimično sericitisanih andezita. Delom hidrobiotiti zamenjuju hornblendu i biotit. Za K-metasomatozu u odnosu na druge facije hidrotermalnih alteracija vezano je najviša koncentracija, halkopirita i pirita. Koncentracije zlata variraju u širokim granicama i ne zavise od dubine rasprostiranja porfirske mineralizacije bakra. Tako u porfirskim ležištima koja se javljaju u pripovršinskim uslovima koncentracije zlata variraju od 0.07 g/t (Veliki Krivelj), do oko 0.25 g/t (Majdanpek). U porfirskim lezištima dubokih nivoa

(Borska reka) koncentracije zlata su oko 0.20 g/t u proseku. Najvećim delom zlato je vezano za pirit (30%), halkopirit (30%) i minerale jalovine (40%).



***Sl. 105**. Položaj najvažnijih ležišta i pojava bakra u Borskoj metalogenetskoj zoni (Jankovi ć, 1990, modifikovano). 1. Andezit, 2.Plutonit, 3.Hidrotermalno izmenjen andezit, 4. Ležišta i pojave bakra.*

***Fig. 105.** Distribution of main copper deposits and occurrences in Bor metallogenetic zone (Jankovi ć, 1990, modified). 1. Andezite, 2. Plutonite, 3.Hydrothermally altered andezites, 4. Cu deposits and occurrences.*

Tipični predstavnici porfirskih mineralizacija bakra su Majdanpek, Cerovo, Mali Krivelj, Dumitri potok, Valja Strž, Veliki Krivelj, Borska reka i Borski potok.

Porfirsko ležište Cu – Mo Majdanpek

Rudište Majdanpeka nalazi se na krajnjem severnom delu senonskog rova i Timočkog magmatskog kompleksa, u jednom prostoru koji se odlikuje veoma složenom geološkom građom, strukturnim sklopom i metalogenetskim odnosima.

Majdanpečko ležište bakra lokalizovzno je u krednim andezitima, delom i u malim intruzijama, zatim u granit-gnajsevima i jurskim krečnjacima. Mineralizacioja bakra je dislocirana u jednoj zoni dugoj oko 5 km, širokoj do 300 m, a po dubini premaša nekoliko stotina metara, sa tendencijom daljeg prostiranja (Spasov, 1965; Janković, 1990), sl. 106.

Daleko najveće rasprostranjenje u ležištu ima porfirski štokverkno-impregnacioni tip bakrove mineralizacije. Štokverkna mineralizacija dominira u središnjem delu rudišta, posebno u južnom reviru, dok se impregnacije javljaju, uglavnom, po obodu, posebno u silifikovanim andezitima i gnajs-granitima. Rudna tela imaju izdužene oblike, kod kojih je odnos dužina : širina često 8:10. U okviru asocijacije minerala bakra i molibdena jasno se izdvajaju sekundarne i primarne mineralne parageneze.

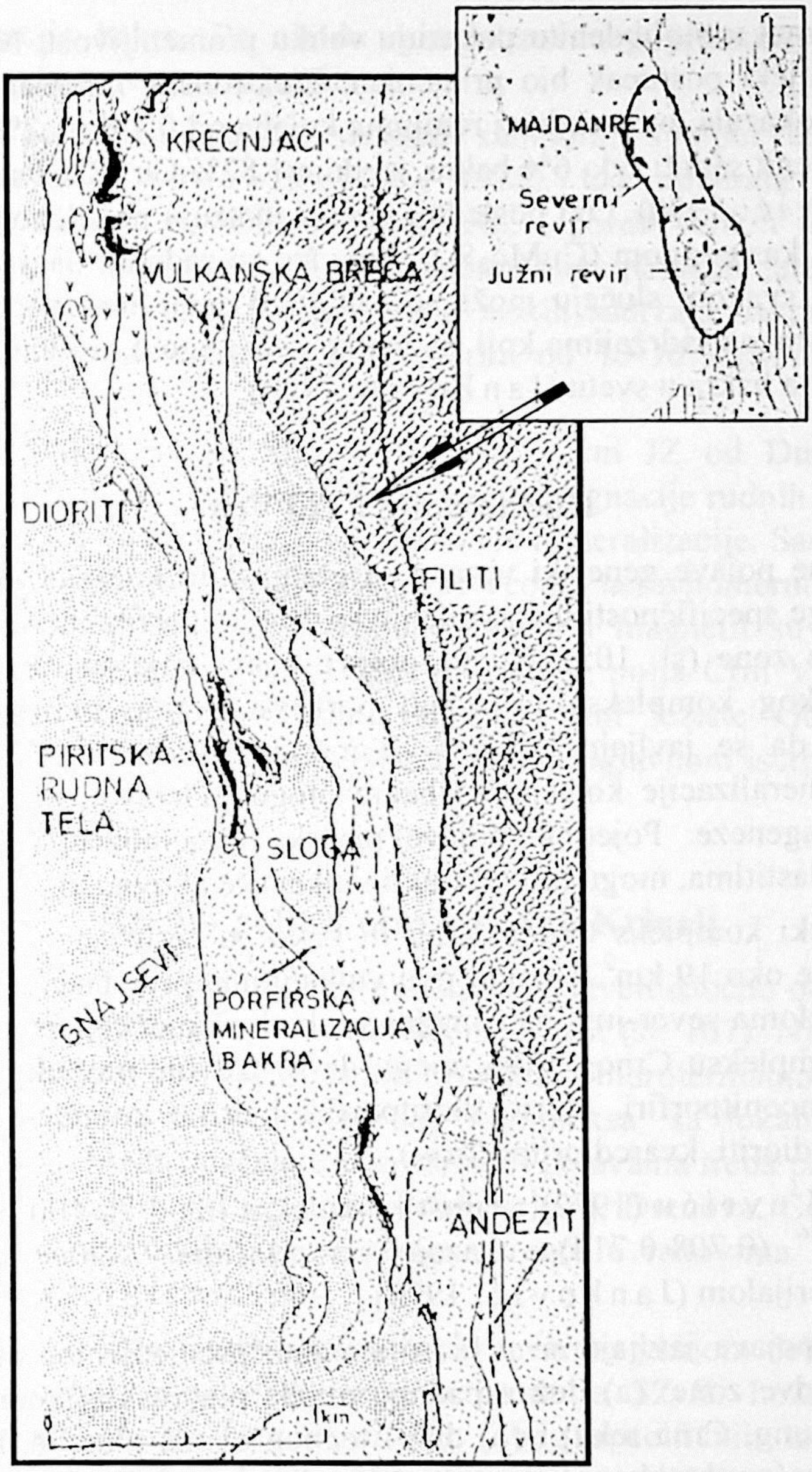
Limonitska kapa obrazovana u oksidacionoj zoni predstavlja najviši deo ležišta. Nije velike moćnosti i karakteriše se indikatornim limonitima. Pored limonita, malahit i lokalno azurit su najčešći minerali ove zone, sa lokalnim pojavama kuprita, hrizokole pa i samorodnog bakra.

Cementaciona, ili zona sekundarnog obogaćenja, je bila obrazovana sa moćnošću od oko 15-20 m. Halkozin i kovelin su dominantni minerali bakra u ovoj zoni.

Primarna mineralizacija bakra i molibdena u amfibolsko-biotitskim andezitima gornje krede, paleozojskim granit-gnajsevima i samo delom u jurskim krečnjacima pokazuje izvesne pravilnosti u prostornom razmeštaju. U opštem slučaju, središni deo ležišta sadrži najveće koncventracije bakra, pri čemu se lateralno sadržaj bakra smanjuje prelazeći u rasejanu mineralizaciju, tako da se konture rudnih tela povlače prema izabranom graničnom sadržaju. Distribucija molibdena ima sasvim suprotne karakteristike u odnosu na bakar, relativno najviše koncentracije zapažaju se u obodnim delovima rudišta, odnosno koncentracije bakra i molibdena su inversne.

Srednji sadržaj bakra, u početku proizvodnje (1962), bio je 0.82%, što je ovo ležište uvrštavalo u bogatija porfirska ležišta u svetu. Povišeni sadržaji bakra zapažaju se u delovima sa razvijenom kalijskom metasomatozom, dok su siromašnije mineralizovane partije (0.2 – 0.4% Cu) lokalizovane u stenama u kojima hloritsko-epidotsko-sericitska alteracija dominira.

Sadržaj molibdena u rudama Majdanpeka varira u širokim granicama, ali najčešće se kreće u dijapazonu 30 - 80 ppm. Udeo pojedinih sulfida u ležištu je takođe promenljiv. Njihov približan odnos u ležištu kao celini može da ilustruje sledeća proba: halkopirit 2,011 %, molibdenit 0,004 %, pirit 2,118 %, galenit 0,013 %, sfalerit 0,045 % i magnetit 1,280 %. Minerali jalovine su uglavnom kvarc, karbonati (kalcit, retko dolomit) i vema retko barit (Janković, 1990).



Sl. 106. *Geološka karta Cu-ležišta Majdanpek (prema J a n k o v i ć , 1990, modifikovano)*
Fig. 106. *Geological map of Majdanpek Cu-deposit (J a n k o v i ć , 1990, modified)*

Molibdenit je retka komponenta u mineralnoj paragenezi Majdanpeka. Najčešće se javlja udružen sa kvarcom u vidu tankih žica, debljine do 4 mm, ali je poznat i u vidu uklopaka u mnogim sulfidima, pre svega u halkopiritu. Slično drugim mineralima i molibdenit je formiran u više faza

Među mikroelemente koji se javlju u molibdenitu od posebnog interesa je renijum. I pored relativno obimnih ispitivanja, koja su do sada izvršena na monomineralnim frakcijama molibdenita, još uvek nema neke jasnije predstave o visini sadržaja renijuma u molibdenitu (J a n k o v i ć , 1990). Postojeći podaci o

sadržaju renijuma u molibdenitu pokazuju veliku promenljivost, bez obzira kiji je pri tome analitički postupak bio primenjen. Elektronska mikroanaliza, 17 proba molibdenita, pokazala je da sadržaj renijuma koleba od 0,2 do 1,2%, srednje 0,6%, ali i da molibdenit sadrži i do 6% bakra, srednje 1,82% Cu (Radusinović i dr., 1984; Janković, 1990). Ovi poslednji podaci ukazuju na sličnost majdanpečkih molibdenita sa kastengitom ($CuMo_2S_5$), samo što su sadržaji bakra u kastengitima znatno viši. U svakom slučaju može se zaključiti da je majdanpečki molibdenit bogat renijumom, sa sadržajima koji su znatno veći nego u molibdenitima u većini porfirskih ležišta bakra u svetu (Janković, 1990).

Rudno polje Crni Vrh

Bakarne pojave genetski vezane sa plutonskim kompleksom Crnog Vrha pokazuju mnoge specifičnosti u upoređenju sa drugim porfirskim ležištrima borske metalogenetske zone (sl. 105). Rudne pojave bakra koje su razmeštene duž SI oboda plutonskog kompleksa pripadaju porfirskom tipu mineralizacije, zatim piritskoj, bilo da se javljaju rasejana ili u vidu masivnih sulfida, i na kraju skarnovske mineralizacije koje pored bakra mogu sadržavati magnetit i galenit-sfaleritske parageneze. Pojedine pojave piritske mineralizacije u andezitima i niihovim piroklastitima, mogu biti produkti vulkanske aktivnosti.

Plutonski kompleks Crnog Vrha ili kako ga često zovu kompleks Valja Strž, je površine oko 19 km^2. Utisnut je u vulkanitima prve faze, a smešten je duž regionalnog razloma sever-jug, na zapadnom obodu Timočkog senonskog rova. U plutonskom kompleksu Crnog Vrha, mogu da se izdvoje produkti kalijskog niza (monconit, monconitporfiri, diorit, dioritporfiri i dr.) i kompleks stena zasićen silicijom (kvarcdioriti, kvarcdioritporfiriti).

Prema Lovriću (1972), starost kompleksa je od 70-100 miliona godina. Odnos $^{87}Sr/Sr^{86}$ (0.708-0.714), ukazuje na značajnu kontaminaciju magme krustalnim materijalom (Janković, 1990).

Rudne pojave javljaju se u hidrotermalno promenjenim stenama, gde se mogu izdvojiti dve zone: (a) duž zapadnog oboda plutonskog kompleksa (Kraku Petrulj-Kraku Lung, Crna reka) i (b) duž istočnog oboda plutona, koje su daleko prostranije (najveće u borskom kompleksu) i javljaju se u jednoj zoni dugoj oko 15 km i širokoj 2 km. Među brojnom pojavama rasejane bakrove mineralizacije u ovoj zoni detaljnije su istraživana i proučena dva ležišta: Dumitri potok i Valja Strž.

Porfirsko ležište Dumitri Potok, nalazi se oko 23 km SZ od Bora. Orudnjenje je obrazovano u hidrotermalno promenjenim andezitima, koji su mestimično probijeni dajkovima kvarcdioritporfirita. Ležište je detal;jno istraženo brojnom bušotinama i podzemnim radovima, tako da su poznate njegove glavne karakteristike.

Ležište je porfirskog tipa sa niskim sadržajem bakra (oko 0.2%) i zahvata veliku površinu. Mineralizacija je stvarana u jednoj fazi, pa je možda i to jedan od razloga niskih sadržaja bakra u ležištu. Povećane koncentracije bakra asociraju sa kalijskom metasomatozom (biotitizacija), dok silifikovane mase sadrže veoma

niske koncentracije bakra. Po obodu mineralizovanog prostora mestimično se zapažaju pojave skarnova sa magnetitom.

Prema podacima analize izotopa sumpora, sumpor u sulfidima je juvenilnog porekla (Drovenik i dr., 1975). Od minerala zastupljeni su halkopirit, pirit, lokalno molibdenit i magnetit. I pored velikih mineralizovanih masa (više stotina miliona tona) koje leže veoma blizu površine terena, ekonomski značaj ležišta Dumitri Potok je mali, zbog niskih sadržaja bakra (oko 0.2%) i molibdena (60 g/t), dok sadržaj pirita varira od 10-30% (Milenković & Aleksić, 1969)

Ležište bakra Valja Strž ja na oko 3 km JZ od Dumitri Potoka i obrazovano je pod sličnim uslovima. Rasejane impregnacije rudnih minerala, kako u plutonitima, tako u vulkanitima, su osnovni vid mineralizacije. Sadržaji bakra, ne samo da su niski (pretežno ispod 0.2%), već veoma neravnomerno raspoređeni u prostoru. Halkopirit, pirit, mestimično molibdenit i magnetit su najčešći rudni minerali. I ostale pojave i ležišta u domenu rudnog polja Crni Vrh, odlikuju se istim sadržajem bakra i molibdena. Izuzetak ičini ležište Gornja Lipa, sa sadržajima preko 1% Cu, koje je površinski kopom uglavnom iscrpljeno, a rudnik zatvoren.

Rudno polje Cerova – Mali Krivelj

Rudno polje Cerova-Mali Krivelj nalazi se severoistočno od Bora u jednoj desetak kilometara izduženoj zoni, a širokoj do 1 km (sl. 107). Njegovo osnovno obeležje predstavljeno je prostranim masama hidrotermalno promenjenih, izbeljenih, stena andezitsko-vulkanogenog kompleksa, sa lokalnom probojima kvarcdioritporfirita. Među značajnijim ležištima i pojavama treba pomenuti: ležište Cerova, Cementacija-Kraku Bugaresku, Mali Krivelj, Drenova, Čoka Ćuruli i dr. Bliži podaci o ovom rudnom polju mogu se naći u radovima Jovanovića (1975, 1989) i Jankovića (1990).

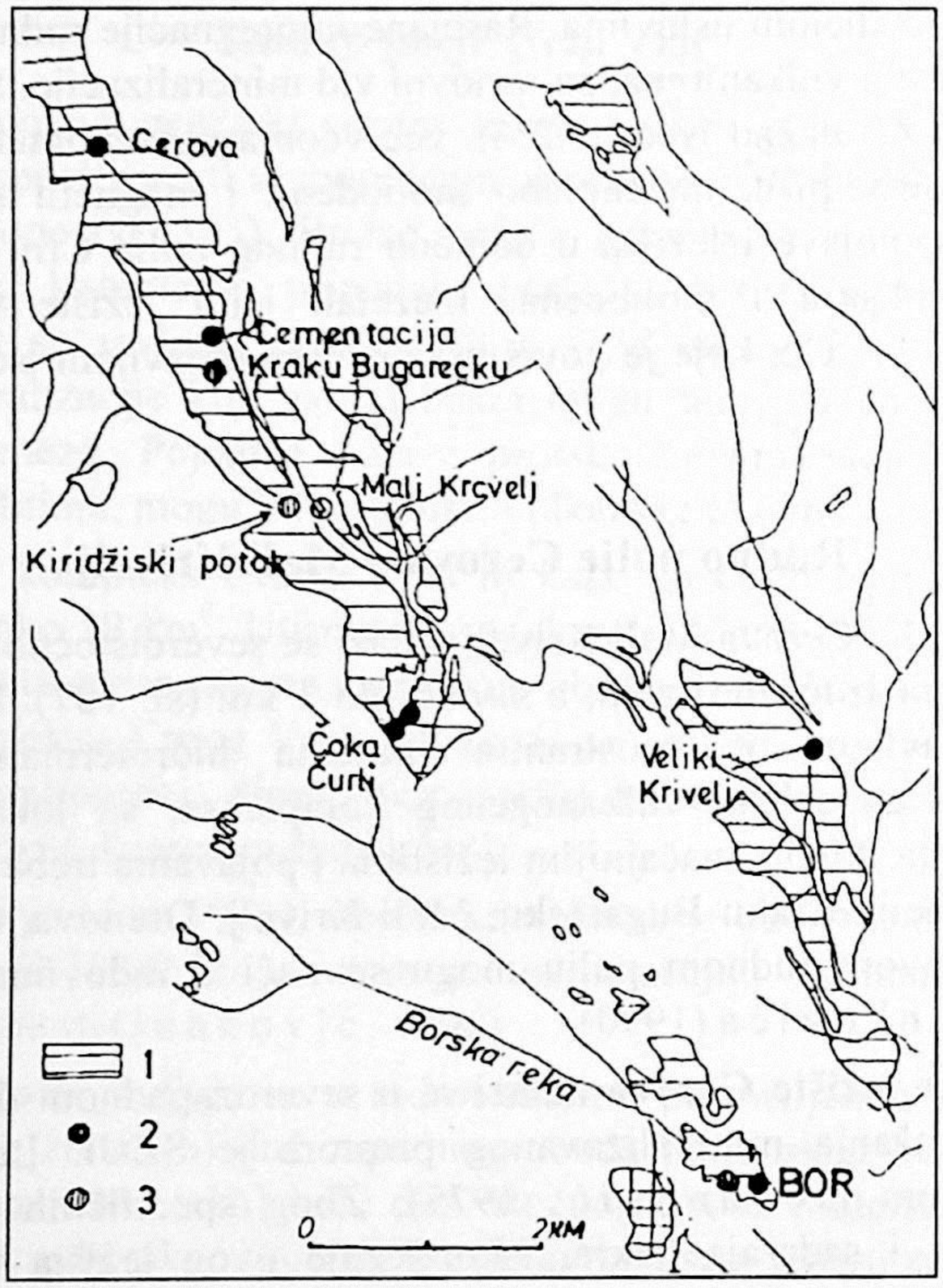
Porfirsko ležište Cerovo nalazi se u severozapadnom delu rudnog polja. Opšti pravac pružanja mineralizovanog prostora je SZ-JI. Ležište je detaljno istraženo bušenjem (Jovanović, 1975). Zbog specifičnih uslova zaleganja rudonosne mase, i sadržaja bakra, iskorišćenje ovog ležišta i pored relativno značajnih rezervi, ne predviđa se u bliskoj budućnosti.

Neposredna okolina Cerove izgrađena je od timocita, hornblenda-biotit andezita i neznatno njihovih piroklastita (sl. 108). Lokalno se javljaju dajkovi kvarcdioritporfirita čija se moćnost menja od desetak do 50 m. U severoistočnom delu rudonosnog prostora, na kontaktu sa timocitima, došlo je do stvaranja skarnova i kornita.

Rudna mineralizacija vezana je sa hidrotermalno promenjenim andezitima, gde posebnu paznju zaslužuje kalijska metasomatoza u domenu intenzivne rudne mineralizacije, otkrivene u dubljim delovima ležišta (biotitisanje i stvaranje sekundarnih kalijskih feldspata).

Mineralna parageneza, obrazovana u najmanje tri stadijuma, sastoji se od halkopirita, tragova bornita, zatim pirita, retko molibdenita, zatim magnetita, sfalerita, galenita, tetraedrita, kubanita, pirotina, samorodnog zlata, frajbergita, markasita i dr. Sadržaj bakra iznosi od 0.1-0.4%, a molibdena 0.001-0.006 g/t (Janković, 1990).

Porfirsko ležište bakra Drenova. - Nalazi se u jugoistočnim delovima porfirskog ležišta Cerovo, u okviru rudne zone Mali Krivelj – Cerovo, oko 15 km severozapadno od Bora. Prema podacima Vučkovića (1996) u ovom ležištu su registrovani povećani sadržaji molibdenita, pored već dominantnih halkopirita i pirita.

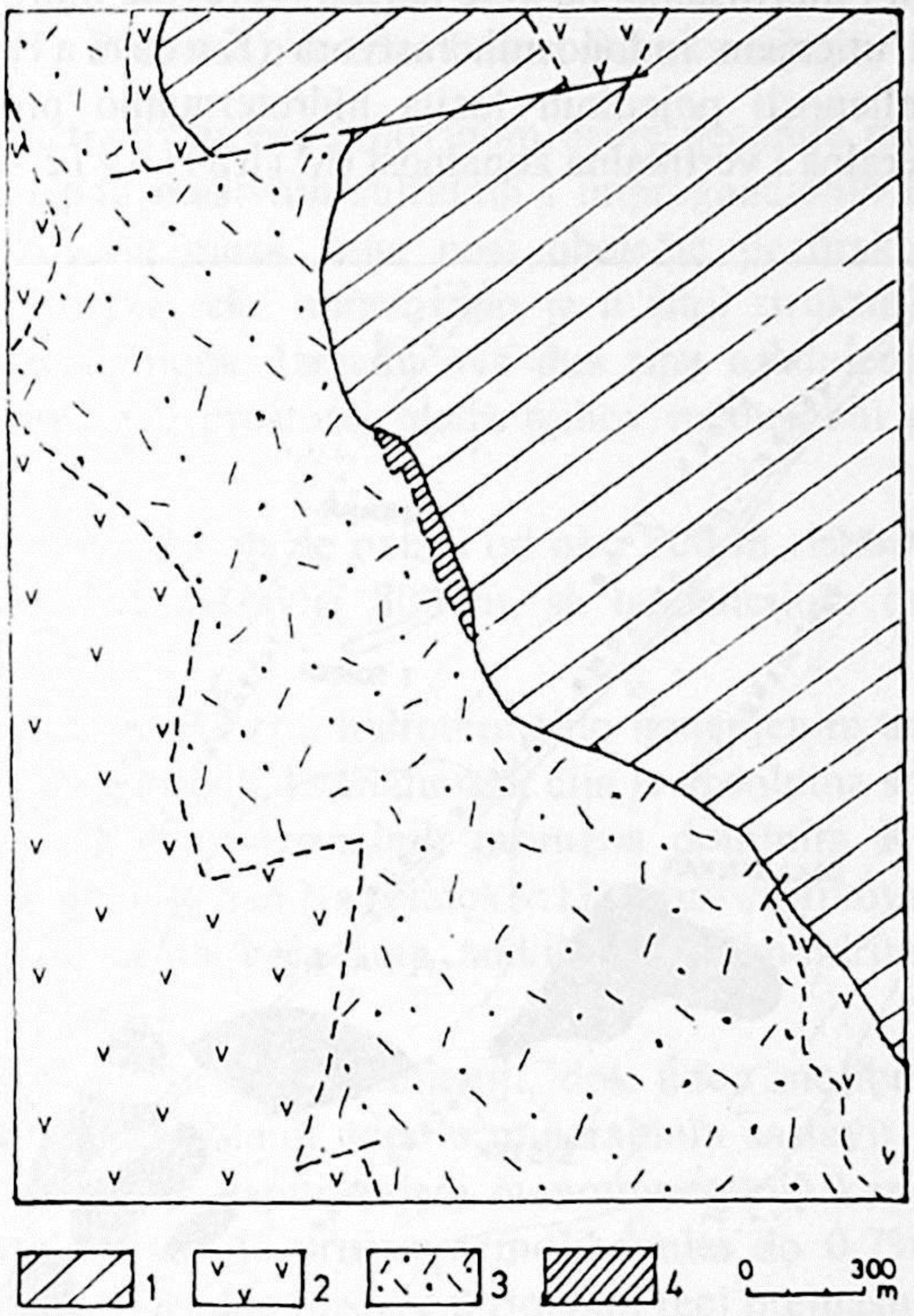


***Sl. 107**. Rudna ležišta bakra u zoni Cerova-Veliki Krivelj-Bor (prema Koželj, 1984)*
1. Hidrotermalno promenjeni andeziti, 2. Porfirska ležišta, 3. Masivno sulfidna ležišta

***Fig. 107.** Copper ore deposits in Cerova-Veliki Krivelj-Bor zone (after Koželj, 1984)*
1. Hydrothermally altered andezite, 2. Porphyry deposits, 3. Massive sulphide deposits

Prisustvo molibdena, je prvenstveno vezano za pojave sitnoljuspičastog molibdenita u kvarcnim, anhidritskim ili kvarc-anhidritskim žicama. Uočeno je, da je distribucija molibdena, kako u vertikalnoj, tako i u horizontalnoj ravni prilično ujednačena (50-100 ppm). Isto tako se uočava da Mo-mineralizacije leže u

obodnom delu maksimalnih koncentracija bakra, što znači da se bakar i molibden pojavljuju inversno. Inače ležište Drenova ima oko 25. 000 000 tona rude sa 0,33% Cu i 50 -100 ppm Mo (V u č k o v i ć , 1996).



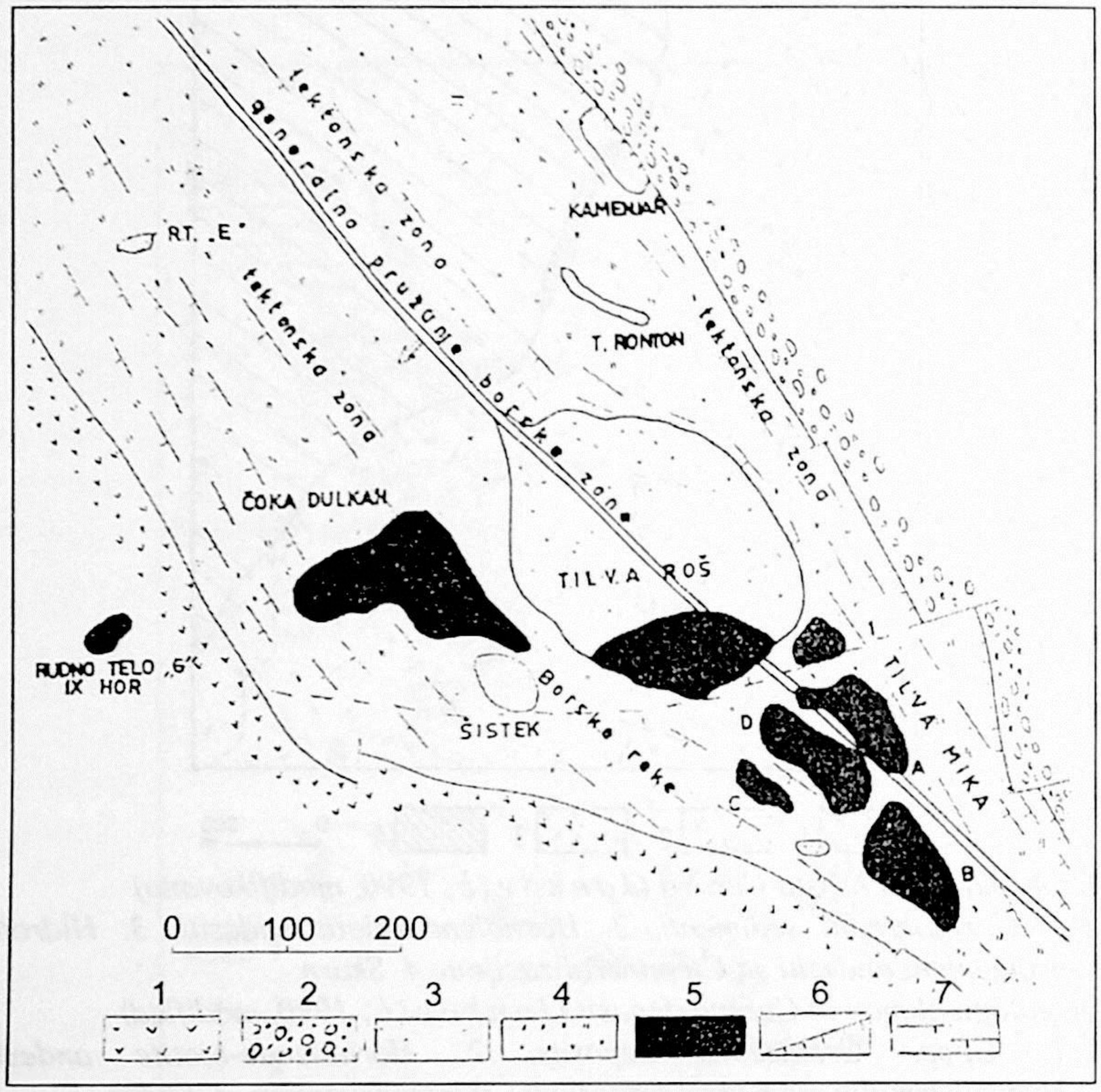
***Sl. 108**. Geološka karta ležišta Cerova (J a n k o v i ć , 1990, modifikovano)*
1. Gornjokredni sedimenti, 2. Hornblenda-biotit andeziti, 3. Hidrotermalno promenjeni andeziti sa Cu mineralizacijom, 4. Skarn
***Fig. 108**. Geological map of Cerova deposit (J a n k o v i ć , 1990, modified)*
1. Upper Cretaceous deposits, 2. Hornblende-biotite andezites, 3. Hydrothermally altered andezites wit Cu mineralization, 4. Skarn

Rudno polje Bor

Rudno polje Bor obuhvata nekoliko ležišta bakra, kao što su: centralno ležište, rudna tela jugoistoka, Veliki Krivelj i verovatno Brestovac. Okolina borskog rudišta izgrađena je, pretežno, od gornjekrednog vulkano-intruzivnog kompleksa i vulkanogeno-sedimentnih stena (senonski peliti, laporci i tufovi) preko kojih leže konglomerati. Bliži podaci o metalogeniji rudnog polja Bor nalaze se u radovima J a n k o v i ć a, (1990); K a r a m a t e i dr., (1981, 1983); D r o v e n i k a, (1968) i dr.

Prostorni razmeštaj rudnih tela u borskom rudištu je u tesnoj vezi sa strukturama vulkanskog aparata koji je kasnije u velikoj meri deformisan

(K a r a m a t a i dr., 1983), sl. 109. U takvim strukturama došlo je do prostornog preklapanja produkata vulkanske aktivnosti i delovanja rudonosnih hidrotermalnih rastvora. To se pre svega ogleda u karakteru promena andezitsko-dacitskih stena. U ranoj premineralizovanoj fazi dolazi do široko rasprostranjenih pojava piritisanja i silifikovanja, delom i hloritisanja, na koje naležu tvorevine hidrotermalne alteracije okolnih stena pod uticajem rudonosnih rastvora (K a r a m a t a, 1981, 1983). U prostornoj raspodeljenosti pojedinih facija hidrotermalno promenjenih okolnih stena zapaža se lateralna i vertikalna zonalnost (M i h a i l o v i ć – V l a j i ć, 1969).



Sl. 109. *Geološka karta Borskog ležišta sa hidrotermalno izmenjenim andezitima i rudnim telima (prema S t e v a n o v i ć, 1969, modifikovano)*

1. Andezit (timocit), 2. Konglomerati, 3. Impregnacijska rudna tela, 4. Hidrotermalno izmenjen andezit, 5. Masivna rudna tela, 6. Reversni rased, 7. Tektonska zona.

Fig. 109. *Geological map of Bor deposit with hydrothermally altered andezites and ore bodies (after S t e v a n o v i ć, 1969, modified)*

1. Andezite (timocite), 2. Conglomerates, 3. Disseminated type ore bodies, 4. Hydrothermally altered andezite, 5. Massive ore bodies, 6. Reverse fault, 7. Tectonic zone.

Pojave molibdenita u bakarnim rudama Borskog ležišta su retke i neznatne. Treba pomenuti pojave molibdenita, u vidu tankih prevlaka i u kvarcnim žicama, u

rudnom telu "Kamenjar," pošto predstavlja posebnu specifičnost mineralne parageneze, zato što molibdenit nije nigde opažen u Borskim rudnim telima masivno-štokverkno-impregnacionog tipa. Udeo molibdena u rudnom telu "Kamenjar", kao celini bio je oko 150 ppm.

Porfirsko ležište bakra Borska reka

Geološkim istraživanjima polovinom osme decenije prošlog veka (1976), utvrđeno je, da se ispod masivnih sulfidnih i impregnacionih tela u Boru, nalazi prostrana mineralizovana masa, koja nosi obeležje porfirskog tipa orudnjenja bakra. Orudnjenje Borske reke obrazovano je u istoj strukturi, kao i rudna tela masivnih sulfida iznad njega. Između ova dva tipa orudnjenja, gotovo da i ne postoji značajniji prekid u prostoru, mada njihov međusobni genetski odnos još uvek nije jasan.

Porfirska mineralizacija se nalazi od oko 500 m ispod današnje površine terena i kontinuirano se nastavlja 800 m, sa tendencijom daljeg prostiranja u dubinu.

Mineralizacija se nalazi u hidrotermalno izmenjenim andezitima u kojima su poznate i dajkovske intruzije kvarcdiorita, čija je apsolutna starost određena oko 62 miliona godina. Od hidrotermalnih promena dominira K-metasomatoza, sa znatnim preovladavanjem K nad Na (odnos 9:1), zatim silifikovanja, argilitisanja, u manjoj meri hloritisanja sa pojavama tankih žilica anhidrita i lokalno alunita (Jankovi ć i dr., 2003).

Pirit i halkopirit su najzastupljeniji, dok udeo molibdenita sveden je na veoma male koncentracije. Manji udeo u mineralnom sastavu ima bornit, enargit, digenit, halkozin i kovelin. Ispitivanjem monomineralnih koncentrata halkopirita mikrosondom, konstatovano je prisustvo molibdenita do 0,7% (Pavićevi ć & Jankovi ć i dr., 1985). Rudne rezerve u Borskoj reci premašuju 600 miliona tona rude sa 0.6% Cu, 35 g/t Mo, 0.25 g/t Au, 1.72 g/t Ag, 1.15% Fe_3O_4 (Brajovi ć & Pavlovi ć, 1990).

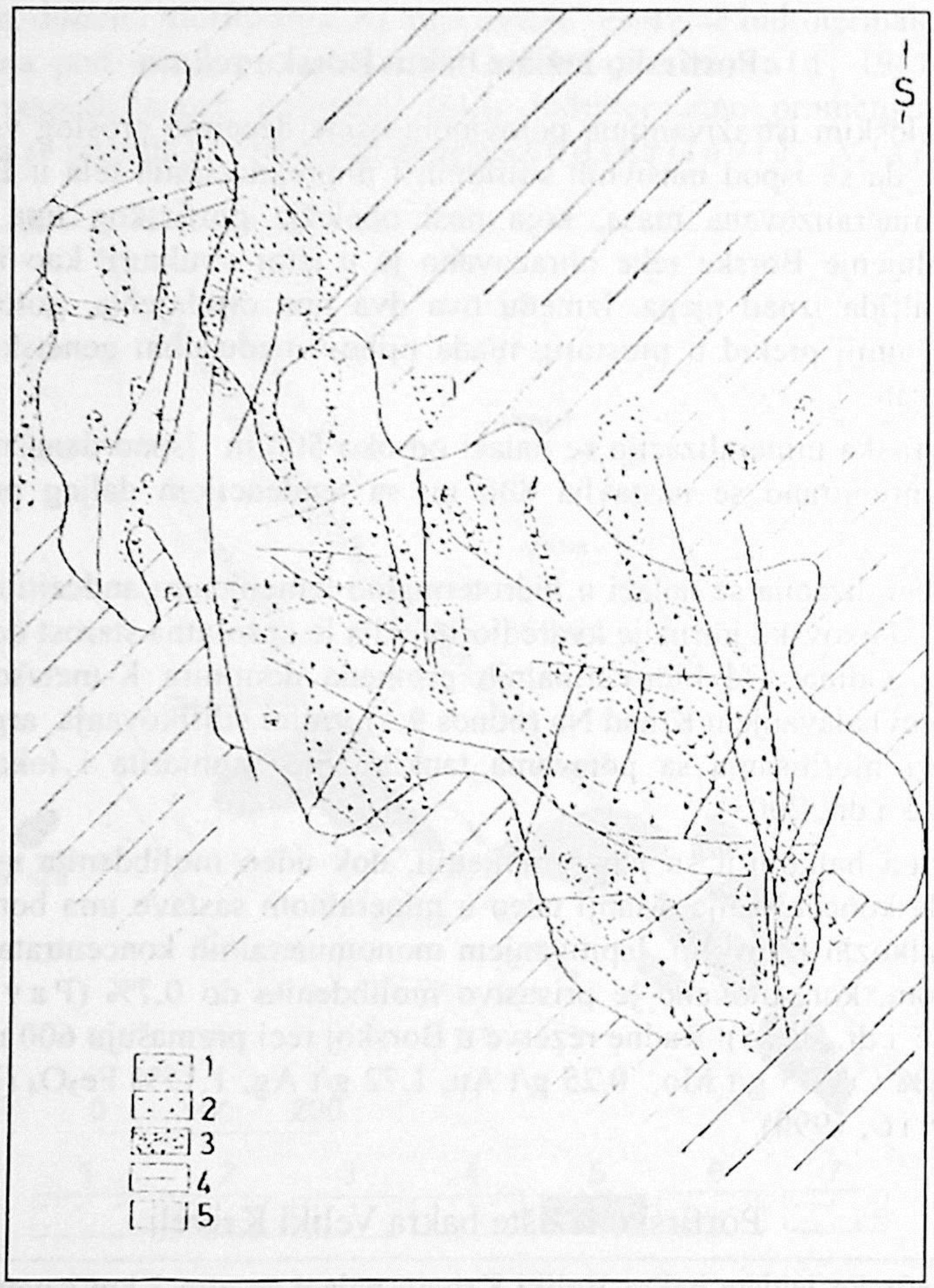
Porfirsko ležište bakra Veliki Krivelj

Porfirsko ležište bakra Veliki Krivelj nalazi se oko 3 km severno od Bora. Smešteno je u hidrotermalno izmenjenim gornjekrednim hornblenda-andezitima i njihovim piroklastitima, delom i samim intruzivnim kvarcdioritporfiritima (sl. 110). Lokalno se javljaju i krečnjaci.

Porfirska mineralizacija bakra smeštena je u jednoj zoni pružanja SZ-JI dugoj oko 1,5 km i širokoj oko 700 m. Dubina rudne mineralizacije premaša 800 m. Mineralizacija je tesno vezana za hidrotermalno izmenjene zone koje u ležištu imaju zonalan raspored. U horizontalnom preseku jasno se mogu izdvojiti sledeće alteracije od kojih zavisi raspodela molibdena i bakra.

U centralnom delu ležišta najizraženija izmena je intenzivna silifikacija i sericitizacija, sa srednjim sadržajem molibdena oko 20 ppm. Sledeća zona koja se nadovezuje na ovu je silifikacija slabijeg intenziteta sa mestimičnim pojavama

argilitizacije i srednjim sadržajem molibdena oko 50 ppm. Spoljašnja zona u konturi 0,2 % Cu, karakteriše se procesima argilitizacije, gde sadržaj Mo znatno varira sa tendencijom srednjeg sadržaja oko 30 ppm Mo (N i k o l i ć , 1996), sl.111.



Sl. 110. *Geološka karta porfirskog ležišta Veliki Krivelj (J a n k o v i ć , 1990)*
1. Andeziti, 2. Kvarcdioritporfiriti, 3. Skarn, 4. Rasedi, 5. Orudnjeni hidrotermalno promenjeni andeziti

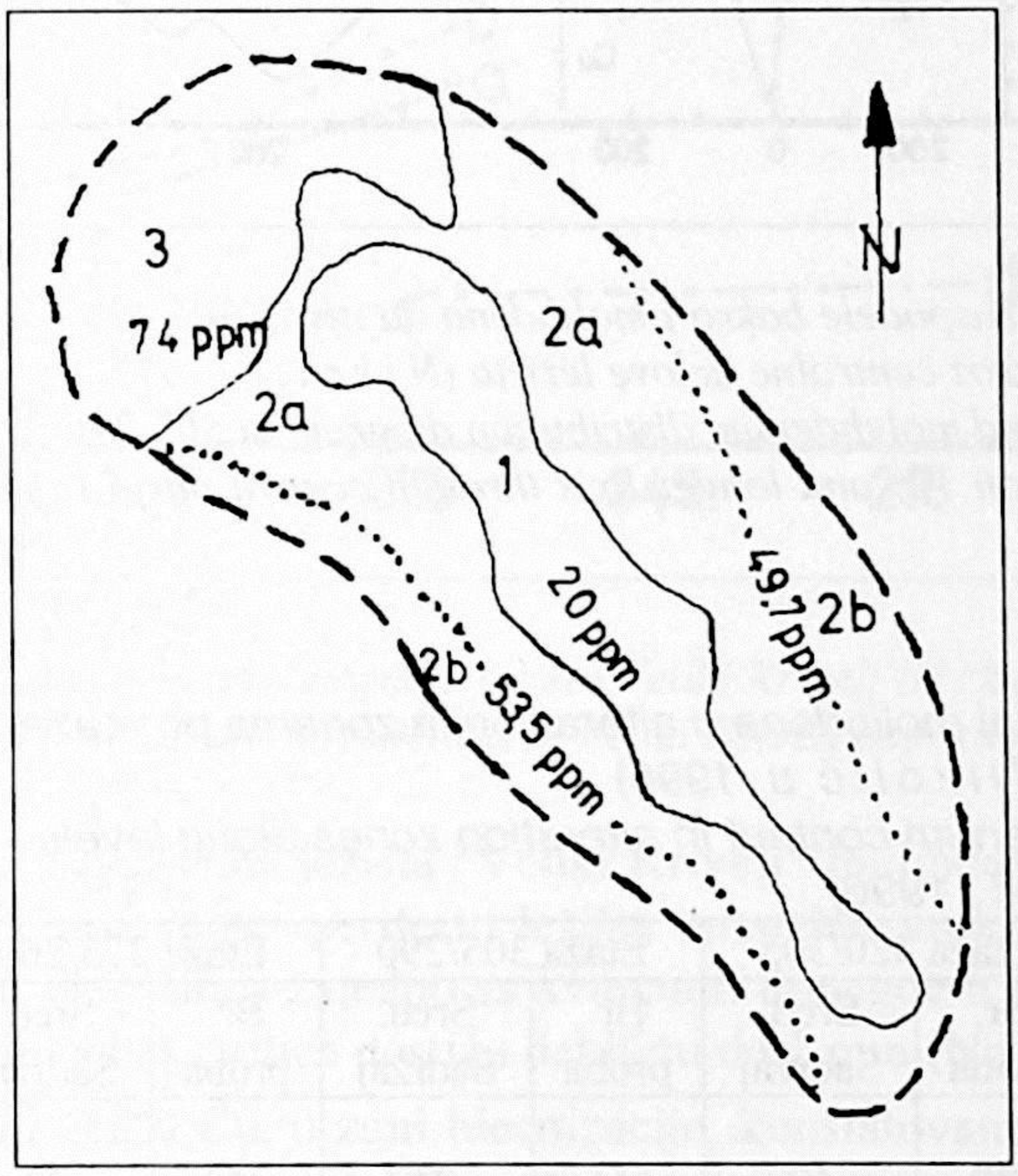
Fig. 110. *Geological map of Veliki Krivelj porphyry deposit (J a n k o v i ć , 1990)*
1. Andezite, 2. Quartzdioriteporphyrite, 3. Skarn, 4. Faults, 5. Mineralized hydrothermally altered andezites

Krajnja izmena u ležištu najslabijeg intenziteta je hloritizacija. Smeštena je u konturi sadržaja bakra <0.2%, odnosno srednji sadržaj Cu=0.1%. Pošto je ova zona samo delimično zahvaćena eksploatacijom, to nema dovoljno podataka o sadržaju molibdena.

Kao poseban deo u pogledu distribucije molibdena izdvaja se severozapadni deo ležišta veliki Krivelj, gde je česta pojava skarnova i povećano učešće zlata, sa srednjim sadržajem molibdena oko 74 ppm.

Korelaciona zavisnost pojavljivanja bakra i molibdena postoji i ona je inversna. Naime, u centralnomn delu ležišta sadržaj bakra je najveći i to oko 0,5%, dok je sadržaj molibdena najmanji (20 ppm). Ka periferiji ležišta bakar kontinuirano opada, dok molibden raste, ali samo u zoni silifikacije slabijeg intenziteta od oko 50 ppm, da bi u zoni argilitizacije pao na 30 ppm, što se vidi na slici 112.

U vertikalnom profilu ležišta Veliki Krivelj mogu se jasno izdvojiti dve karakteristične zone: cementaciona i primarna.



Sl. 111. *Šematski prikaz raspodele molibdena u pojedinim zonama ležišta Veliki Krivelj (N i k o l i ć, 1996).*

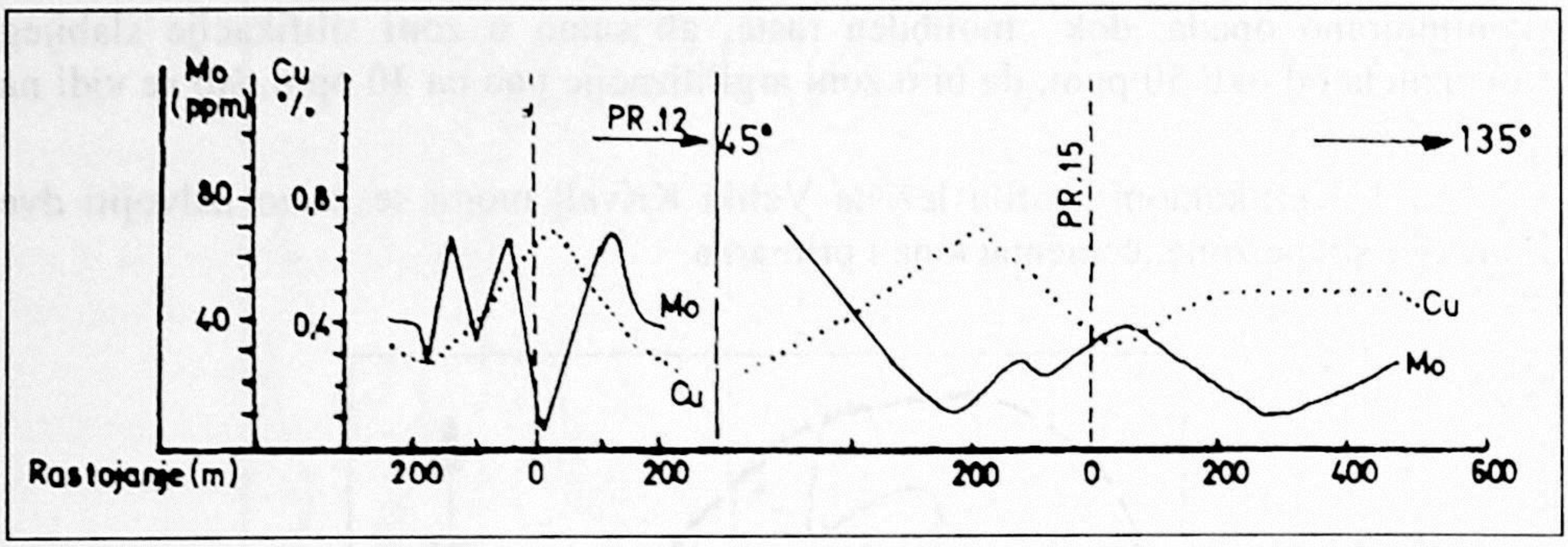
1. Centralni deo ležišta (jače silifikovani, sericitisani), 2. Spoljašnja zona: a-silifikovana, mestimično argilitisana, b-argilitisana zona, 3. Severozapadni deo ležišta.

Fig. 111. *Sketc map of distribution of molybdenum in particular zones of Veliki Krivelj deposit (N i k o l i ć, 1996).*

1. Central part of the deposit (strongly silicified, sericitized), 2. Outer zone: a-silicified, partly argillitized, b-argillitized, 3. Northwest part of the deposit.

Cementaciona zona se javlja u delu ležišta koji je bliži površini, a debljine je od 50-80 m u zavisnosti od geološko-morfološkog karaktera sredine. Ovu zonu karakterišu procesi koji su deo primarnog halkopirita preveli u sekundarne minerale bakra, uglavnom halkozin i kovelin. Raspon ovih procesa je od kote +425

do kote +320, a delom zadire i u niže nivoe naročito u perifernim delovima ležišta. Analizom srednjeg sadržaja molibdena po etažama u cementacionoj zoni od 450/425 do 365/350 uočava se generalno gledano, porast sadržaja molibdena sa dubinom ležišta. Srednji sadržaj molibdena na etaži 450/425 je 25 ppm, a na 365/350 je 65 ppm, srednje za cementacionu zonu iznosi 50 ppm.



Sl. 112. *Dijagram raspodele bakra i molibdena na nivou 305/290 po kraćoj osi (profil 12) i dužoj osi kroz centralne delove ležišta (N i k o l i ć , 1996)*

Fig. 112. *Copper and molybdenum distribution diagram at 305/290 level along shorter axis (cross section 12) and longer axis through central part of the deposit (N i k o l i ć , 1996)*

Tabela 31. Sadržaj molibdena u alteracionim zonama po etažama - Veliki Krivelj (prema N i k o l i ć u, 1996)

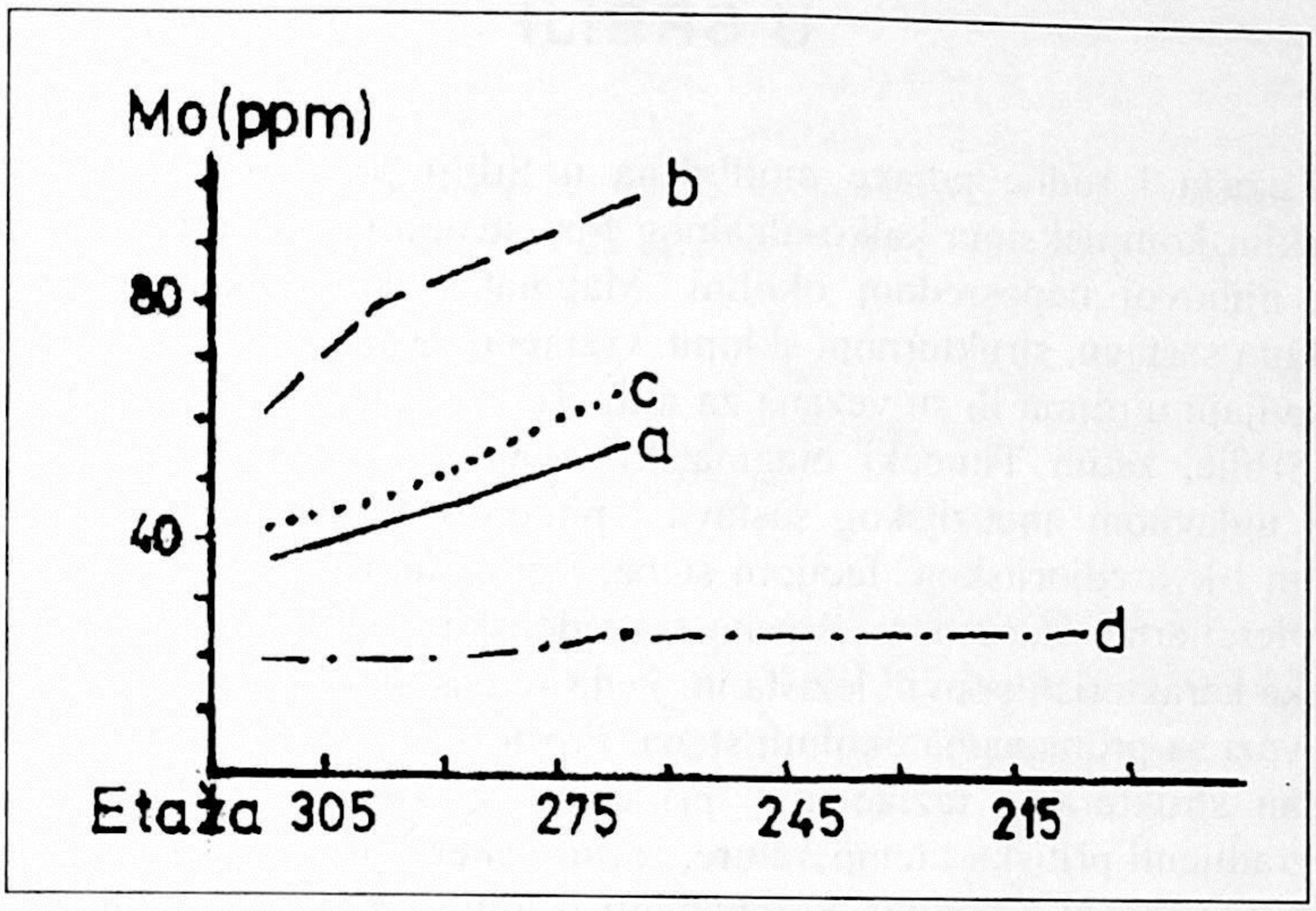
Table 31. Molybdenum content in alteration zones along levels - Veliki Krivelj (after N i k o l i ć , 1996)

Alteracione zone	Etaža 320/305		Etaža 305/290		Etaža 275/260		Etaža 215/200	
	Br. proba	Sred. Sadržaj	Br. proba	Sred. Sadržaj	Br. proba	Sred. Sadržaj	Br. proba	Sred. Sadržaj
Centralni deo lež. Inten silif. i sericitisan	232	19	155	19	263	22	312	24
Spoljašnja zona silif. Mest. Argil.	380	42	387	46	488	65	-	-
SZ deo lež. zona pojave skarnova	154	61	64	80	79	96	-	-
Ukupno	766	37	606	43	830	55	312	24

Ispod zone cemetacije, a to je negde od nivoa kote +320 ka dubljim delovima, proteže se primarni deo ležišta, gde je nosilac bakra halkopirit. U ovoj zoni menja se karakter pojavljivanja molibdena u pogledu raspodele. Molibdenit u obliku skrama, koje preovlađuju u cementacionoj zoni, smenjuju impregnacije i žilice u primarnom delu. Analizom vrednosti sadržaja, uočeno je da sa

povećavanjem dubine u ležištu molibden raste od etaže do etaže za oko 10-15%, što se može videti na tabeli 31 i na sl. 113.

Molibden se javlja u vidu molibdenita, koji se u ležištu pojavljuje u obliku impregnacija, žica, žilica i skrama. Nastanak molibdenita se vezuje za fazu stvaranja druge generacije halkopirita.



Sl. 113. Vertikalna distribucija molibdena u ležištu Veliki Krivelj (Nikolić, 1996).
***Fig. 113.** Vertical distribution of Molybdenum in Veliki Krivelj deposit (Nikolić, 1996).*

U centralnim delovima ležišta "Veliki Krivelj" molibdenit se javlja u vidu retkih impregnacija, dok se na periferiji ležišta intenzitet impregnacija povećava, ali se pojavljuje i u vidu žilica zajedno sa kvarcom. Ponegde u obodnim delovima kvarcnih žica molibdenitske žilice dostižu debljinu do 1 mm (Nikolić, 1996).

Van konture 0,2% Cu, u zoni hloritizacije, konstatovane su izuzetno retke pojave molibdenita u vidu žica debljine do par milimetara. U zoni cementacije molibdenit se uglavnom, javlja u vidu skrama, a ređe u vidu žilica i impregnacija.

Za razliku od majdanpečkog, molibdenit iz ležišta Veliki Krivelj ima niske koncentracije renijuma, do oko 200 ppm (Pavićević i dr., 1986).

POTENCIJALNOST GEOLOŠKIH SREDINA I POJEDINIH TIPOVA ORUDNJENJA MOLIBDENA U SRBIJI

Ležišta i rudne pojave molibdena u Srbiji prostorno su razmeštena u magmatskim kompleksima kalko-alkalnog tipa stvaranih od karbona do tercijara, kao i u njihovoj neposrednoj okolini. Magmatski kompleksi razlikuju se po petrološkom sastavu, strukturnom sklopu, vremenu stvaranja i tipovima orudnjenja koji se javljaju u njima ili su vezana za njih. To su u prvom redu hercinski graniti Istočne Srbije, zatim Timočki magmatski kompleks kredne starosti, koga čine vulkaniti uglavnom andezitskog sastava i plutoniti predstavljeni monconitskom, dioritskom i kvarcdioritskom facijom stena, i granodioriti Surdulice, Kopaonika i Boranje tercijarne starosti u Srpsko-makedonskoj metalogenetskoj provinciji. Zajednička karakteristika ovih ležišta im je da su nastala iz hidrotermalnih rastvora u tesnoj vezi sa promenama okolnih stena. Prostorni razmeštaj orudnjenja je često kontrolisan strukturama razlamanja, pri čemu su kao osnovni faktor obaranja javljaju gradijenti pritiska i temperature, zatim izmene pH i Eh potencijala sredine, stepen rastvorljivosti pojedinih komponenti u hidrotermalnom sistemu, fugasnost sumpora, fluora i drugih komponenti.

Prema mineralnom sastavu uslovima stvaranja i načinu razmeštaja rudne mineralizacije u stenama, mogu se izdvojiti sledeći genetski tipovi orudnjenja i mineralne parageneze molibdena vezane za kalko-alkalne magmatske komplekse: **skarnovski i hidrotermalni**.

Radi boljeg razumevanja i sagledavanja položaja i potencijalnosti naših porfirskih Mo i Cu-Mo ležišta i pojava u odnosu na poznata ležišta u svetu, u narednom tekstu dajemo opšte osobenosti skarnovskih i hidrotermalnih ležišta u svetu i kod nas. Ova uporedna analiza posebno je značajna kod hidrotermalnih ležišta koja predstavljaju osnovni ekonomski izvor u svetu za dobijanje molibdena.

Skarnovska ležišta

Skarnovska ležišta molibdena u svetu predstavljaju značajan (ekonomski) tip orudnjenja. Prostorno i genetski su vezana za kontaktne zone srednje kiselih granitoidnih kompleksa sa okolnim najčešće karbonatnim stenama, koje su pod uticajem visokih temperatura i pritiska pretvorene u skarnove. U većini slučajeva su to stene piroksensko-granatskog sastava sa volastonitom, vezuvijanom, fluoritom i epidotom kao dominantnim mineralnim vrstama. Granitoidni kompleksi su leukokratnog tipa sa 2-5% mafičnih minerala.

Rudna tela su najčešće nepravilna i složene građe, a prisutna su manja sočiva, gnezda i žice. Mesta njihove prostorne lokacije su zone kontakta sa granitoidima, zatim zone razlamanja, kao i ravni slojevitosti u okolnim skarniziranim stenama. Mineralizovane zone skarnova u kojima se nalaze ležišta Mo po pružanju mogu da budu praćene i na rastojanjima do 1 km i više, a po padu od više stotina metara do 1 km. Širina rudonosnih slojeva je obično oko 100 m.

Tip orudnjenja je najčešće impregnacioni, štokverkno-impregnacioni i žiličasti. Najzastupljenije mineralne vrste su molibdenit, šelit, molibdošelit, volframit, bizmutin, ređe i sulfidi Cu i Pb-Zn. Molibdenit je u većini ležišta mlađi od minerala volframa. U skarnovskim ležištima prisutne su visoke koncentracije minerala gvožđa magnetita, ponekad plemenitih metala (Au, Ag), arsena i drugih rudnih elemenata.

Posmatrano sa aspekta mineralnog sastava, u grupi skarnovskih ležišta molibdena u svetu, mogu se izdvojiti dva osnovna tipa orudnjenja: šelitsko-molibdenitska i halkopirit-magnetit-molibdenitska.

Tabela 32. *Poznata skarnovska ležišta u svetu i skarnovske pojave Mo u Srbiji*
Table 32. *Knowns skarn deposits in World and skarn Mo-occurrences in Serbia*

Ležište	Kontrolni faktor	Tip orudnjenja	Asocijacije minerala		Asocijacije elemenat.	Oblik rudnih tela	Starost	Srednji sadržaj MoS_2 %	Rezer. u 10^3 t
			Glavni	Prateći					
Mont Tenison (Novi južni Vels)	Kontakt granita i krečnjaka, konglomerata	žilice, impregnacije	Molibdenit, povelit, pirotin, arsenopirit, sfalerit	Granati, pirokseni, volastoniti, amfiboli	Mo, Cu, U	Gnezda sočiva, stubovi	Tercijar	0.19	7.000
Tirniauz (Jermenija)	Kontakt porfiroidnih granita i mermera	žilice 1-2 cm, impregnacije	Molibdenit, šelit	Halkopirit, magnetit, pirotin, sfalerit, bizmutinit, granati, volastonit, vezuvijan	Mo, Cu	Potko-vice	Tercijar (miocen)	0.2-0.3, mestimično do 1%	>7.000
Kopaonik(Gvozdac, Duboka Čajetina)	Kontakt granita i karbonatnih stena	žilice, prožilci, impregnacije	Molibdenit, šelit, halkopirit	Pirotin, pirit, povelit, arsenopirit, magnetit	Mo, W, Cu	Gnezda, žice, manja sočiva	Tercijarna	0.0074-0.335	-
Boranja-(Rudni Potok)	Kontakt granodiorita i karbonatnih stena	Štokverkno-impregnacioni	Pirit, molibdenit, šelit, halkopirit	Pirotin, galenit, sfalerit tetraedrit, rutil	Mo, Cu, W, Fe	Manja sočiva, gnezda, žice	Tercijarna	0.095	-

Izvor podataka (Source of records): *Janković, 1967, 1990; Jelenković, 1999; Vanđel, 1958; Radulović, 1977-1980; Tomić, 1962.*

Srednji sadržaj molibdena u grupi **šelitsko-molibdenitskih ležišta** se kreće na nivou između 0,03-0,2% pri sadržajima WO_3 komponente od 0,1-0,8%. U drugoj grupi sadržaj molibdena je niži 0,03-0,04%, dok je sadržaj bakra 0,25-0,3%. U pogledu pratećih elemenata postoje izvesne razlike, šelitsko-molibdenitska ležišta prate povišeni sadržaji Cu, Bi, Au, Ag, Te i Se, a grupu halkopiritsko-

magnetitsko-molibdenitskih ležišta: Se, Te, Au, Bi i Sr. Ukupne rudne rezerve su promenljive u oba slučaja. Većina ležišta sadrži 1-7 miliona tona rude, mada se ponekad mogu sresti ležišta preko 100 miliona tona rude. Najpoznatija ležišta u svetu su: Mont Tenison u Novom Južnom Velsu, Dajmond Hil, Dekmalaj i dr. u Australiji, Klementis u Rumunijji, Monte Kristo u Nevadi, Azegur u Maroku, Tirniauz na Kavkazu i dr. (Janković, 1960, 1967; Jelenković, 1999).

Skarnovske pojave molibdena u Srbiji su na vlo niskom stupnju istraženosti. Zbog toga je teško izvršiti i adekvatnu komparaciju sa odgovarajućim ležištima u svetu. Granodioriti Boranje i Kopaonika duboko su erodovani tako da su produktivni krovinski delovi sa rudnom mineralizacijom odneti (ako ih je bilo). Nizak stepen proučenosti ovih granitoidnih kompleksa nedozvoljava jednu pouzdaniju ocenu mineralne potencijalnosti njegovih kontaktnih delova. U obodnim delovima ovih masiva, s obzirom da su zastupljeni kontaktno-metasomatski procesi, ponekad u zoni širokoj i do 1 km mogla bi da se očekuju ležišta mineralnih sirovina i molibdena. Rudne mineralizacije, i ako su obrazovane na kontaktu, treba očekivati na većim dubinama jer su verovatno nastale pri visokim pritiscima i temperaturama. Za bliže upoznavanje kontaktnih zona ovih granitoidnih masa i njihove mineralne potencijalnosti neophodno je da se sprovede sistematsko ispitivanje.

Hidrotermalna ležišta

Grupa hidrotermalnih ležišta molibdena je relativno česta u prirodi i velikog ekonomskog značaja. Posmatrano sa aspekta morfostrukturnih tipova orudnjenja njima pripadaju žična, štokverkno-impregnaciona i porfirska ležišta bakra i molibdena. Zajedničke karakteristike pomenutih tipova orudnjenja su širok temperaturni interval stvaranja (pretežno visoke i srednje temperature), kao i prostorna lokalizacija u različitim geološkim sredinama. Kontrolni faktori prostornog položaja orudnjenja su strukture razlamanja i prateći pukotinsko-prslinski sistemi u različitim stenskim kompleksima, dok rudna mineralizacija najvećim delom potiče iz hibridnih i kiselih magmi povišenog stepena alkalnosti.

Hidrotermalna žična ležišta molibdena su u većini slučajeva izgrađena od sistema subparalelnih rudnih žica lokalizovanih u kontaktnim zonama granitoidnih kompleksa sa okolnim stenama. Debljina rudnih tela je promenljiva. Obično se kreću u rasponu od 0,3 do 0,5 m, a u pojedinim slučajevima i do 1-2 m. Rudna tela su po pružanju praćena na dužini do više stotina metara, dok po dubini pojedina od njih dostižu i 500-600 m.

Rezerve rude molibdena u ležištima variraju u širokim granicama. Poznata su rudna tela sa nekoliko stotina tona metala, kao i ona sa više hiljada tona.

Žična hidrotermalna ležišta molibdena prema mineralnom sastavu mogu da budu izdvojena u sledeće grupe: (a) monomineralna molibdenitska ležišta (kvarc-molibdenitske žice i sočiva), (b) molibdenitsko-polimetalična ležišta, (c) uransko-

molibdenitska ležišta, (d) molibdenitsko-volframitska ležišta i (e) kvarc-halkopiritsko-molibdenitska ležišta. Pored nabrojanih tipova orudnjenja postoje i kombinacije žično-štokverknih ležišta (Flemblejd na Grenlandu).

Specifičan tip hidrotermalnih ležišta molibdena čine orudnjenja **štokverkno-impregnacionog tipa ili poznatija pod nazivom porfirska ležišta molibdena**. Budući da sadrže velike rudne rezerve njihov ekonomski značaj je veliki. Ona danas, kao i u prošlosti, predstavljaju osnovni ekonomski izvor za dobijanje ove rudne komponente. Prema geološkim karakteristikama sredine u kojoj se nalaze i osobenostima rudne mineralizacije porfirska ležišta molibdena su izdvojena u grupe: (a) kvarc-monconitskih ležišta, (b) ležišta klajmeks tipa koja su vezana za stene riolitskog i njima sličnog petrohemijskog karaktera, (c) ležišta "sub-klajmeks" tipa (W a l l a c e , 1991).

Prva grupa ležišta je poznata na području severnoameričkih Kordiljera, Perua, Srbije i Kine. Odlikuje se nizom specifičnosti, među kojima dominira slabije izražen stepen alteracije okolnih stena orudnjenja, jasnije izražena veza orudnjenja sa prerudnim strukturama i manje rudne rezerve. Takođe karakterišu se i višim prosečnim sadržajima Cu, Pb i Zn kao i nižim sadržajima Sn, W i F u odnosu na ležišta "Klajmeks" tipa. Starost ove grupe orudnjenja varira u granicama od 140.000.000 do 10.000.000 godina. Prostorno posmatrano **kvarcmonconitska ležišta** molibdena su vezana za aktivizirane obodne delove ploča. Prosečan sadržaj MoS_2 u njima se kreće u granicama oko 0,15 do 0,20%. Od naših ležišta i pojava molibdena, ovoj grupi pripada ležište Mačkatica i Borovik.

Ležišta "Klajmeks" tipa su daleko brojnija u prirodi u odnosu na prethodne pomenute, a prisutna su u rudnom pojasu Kolorada. Sredinu njihovog pojavljivanja čine riolit-porfiri, kvarc-porfiriti, porfirit-apliti i različiti tipovi vulkanskih breča. Rudna mineralizacija je vezana za višefaznu magmatsku aktivnost. Prostorno posmatrano ležišta "Klajmeks" tipa su u vezi sa procesima subdukcije. Karakterišu se višim sadržajima MoS_2 od 0,35 do 0,45%.

Treći tip orudnjenja ("Sub Klajmeks") je prema svojim geološkim karakteristikama uslovno izdvojen kao prelazni tip orudnjenja između prethodna dva.

Zajednička karakteristika svih tipova porfirskih ležišta molibdena je da su relativno jednostavnog mineralnog sastava. U zavisnosti od količinske zastupljenosti rudnih komponenti, odnosno elemenata, izdvajaju se sledeći podtipovi orudnjenja: (a) sopstveno molibdenska ležišta, (b) volfram-molibdenska i molibden-volframska ležišta, (c) bakar-molibdenska, (d) molibdensko-bakronosna. Bez obzira na brojnost izdvojenih tipova orudnjenja njihove osnovne geološke karakteristike i sredine stvaranja ležišta molibdena ne pokazuju bitne razlike. Lokalizovana su u apikalnim delovima kupola hipoabisalnih intruzija granitoidne magme, obično duž regionalnih dislokacija sl. 114. U većini slučajeva su to srednje kiseli granodioritsko-monconitsko-dioritski kompleksi i njihovi porfirski ekvivalenti, delom i okolne stene u koje su prethodno pomenute tvorevine intrudovane. Orudnjene zone zahvataju površinu do 1 km^2, dok su po dubini praćene na rastojanjima do 1.000 m. Bogate rude sadrže obično 0,3 do 0,4% Mo.

Mineralni sastav rudnih tela je relativno jednostavan. Čine ih molibdenit, u manjoj meri volframit, retko šelit, pirit, ponekad kasiterit u tragovima halkopirit, galenit, sfalerit i dr. Okolne stene orudnjenja su pod uticajem hidrotermalnih rudonosnih fluida pretrpele intenzivne promene. Dominantne facije hidrotermalnih alteracija su silifikovanje i produkti kalijske metasomatoze.

U grupu sopstveno-molibdenitskih ležišta osnovnu rudnu komponentu čini molibdenit. Njegov sadržaj se kreće u granicama od 0,05 - 0,25%. Sem molibdena u ležištima su prisutne i povišene koncentracije Cu, Pb, Zn, Bi. Nasuprot njima u grupi Mo-W i W-Mo ležištima, dominantne mineralne komponente su molibdenit, volframit, šelit, pri čemu se sadržaj molibdena kreće u intervalu od 0,03 - 0,1%, a WO_3 komponente između 0,06 - 0,6%. Treći i četvrti tip orudnjenja se karakteriše prisustvom molibdenita i halkopirita kao dominantnih mineralnih vrsta. Sadržaj molibdena u njima varira u rasponu od 0,002 - 0,09%, a bakra 0,2 - 1,0%. Mačkatica bi mogla da se uvrstu u sopstveno – molibdensku grupu i delom u Mo-W grupu ležišta, mada je volfram zastupljen vrlo ekstenzivno.

Rudna tela imaju različite morfološke karakteristike. Pored rudnih tela nepravilnog oblika, uočavaju se i rudna tela izometričnog, stubastog, sočivastog, kao i oblika konusa i dr.

Porfirska (štokverkno-impregnaciona ležišta) molibdena sadrže promenljive, često i ekonomski interesantne koncentracije retkih, plemenitih i drugih metala, kao što su Bi, Re, Se, Au, Sn, Ta, Nb i dr.

Westra i Keith (1981), porfirska ležišta molibdena grupišu prema petrohemijskim karakteristikama magmatskih kompleksa, sa kojima su prostorno i genetski povezana, a stvaranje i položaj u prostoru dovode u vezu sa procesima globalne tektonike ploča, odnosno sa procesima subdukcije i riftovanja. Prema indeksu $K_{57,5}$ (K_2O procenat u 57,5% SiO_2 u magmatskim serijama), izdvajaju dva osnovna tipa ležišta:

(1) kalko-alkalna molibden-štokverkna ležišta vezana sa granodiorit-granitskim diferencijatima kalko-alkalnih magmi sa $K_{57,5}$ - ≤2,5 i

(2) alkalno-kalcijska i alkali molibden-štokverkna ležišta vezana sa granitskim diferencijatima alkalno-kalcijskih i alkalnih magmatskih serija sa $K_{57,5}$ - >2,5.

U okviru pomenutih tipova izdvajaju i čitav niz podtipova, a na osnovu hemijskih karakteristika matičnih plutona i karakteristika litofilnih elemenata i fluora u hidrotermalnim sistemima (tabela 33).

Polazeći od parametra datim u tabeli 33 koji karakterišu poznata ležišta u svetu, molibdenska ležišta i pojave u Srbiji pripadaju kalko-alkalnim i visoko K kalko-alkanim magmama sa indeksom $K_{57,5}$ koji se u proseku kreće od 2.3 u magmatima Leca do 3 u magmatima Besne Kobile (tabela 34). Magmatski kompleksi su granodioriti i monconitgraniti sa žičnim (granodioritporfiriti i kvarcdioritporfiriti) i vulkanskim ekvivalentima (daciti, andeziti i kvarclatiti). Prema petrohemijskom sastavu u odnosu na vrednosti date u tabeli 33, magmatski kompleksi u Srbiji odlikuju se povišenim sadržajem TiO_2, koji se kreće u proseku od 0,36% u monconitima Surdulice do 0,88% u granitima Kopaonika. Molekularni

odnos Al_2O_3 prema $N_2O + K_2O + CaO$ uvršćuje ih u peraluminijske stene, odnosno presićene aluminijom. Sadržaj Rb u Surdulici i na Kopaoniku je u granicom referentnih vrednosti za odgovarajuće stene (uporedi tabelu 33 i 34).

Tabela 33. *Osnovne geološke karakteristike, matičnih stenskih kompleksa, rudne mineralizacije i hidrotermalnih fluida porfirskih ležišta molibdena u svetu (W e s t r a & K e i t h, 1981).*

Table 33*. Basic geological caracteristics of mather rock complexes, ore mineralisation and hidrothermal fluids of molybdenum porfyry deposits in Word (W e s t r a & K e i t h, 1981)*

	Kalko-alkalna štokverkna ležišta Mo		Alkalno-kalcijska i alkalna ležišta Mo štokverknog tipa		
	Štok tip	Plutonski tip	Klajmeks tip	Alkali tip	
				Stene deficitarne sa SiO_2	Leukokratni tip
Tip magme	Kalko-alkalne; visoko K kalko-alkalne		Visoko K kalko-alkalne; alkali-kalcijske	Alkalno-kalcijske; alkalne	
$K_{57.5}$ indeks	1.5-2.5		2.5-4.4	4.0-6.0	
Geotektonski položaj	Aktivizirani obodni delovi ploča		Veza sa procesima subdukcije	Zone lateralnog širenja kontinenata	Zone lateralnog širenja kontinenata; intrakontinentalna i okeanska riftovanja; termičke dome
Stenski kompleksi	Q-monconiti, graniti, aljaskiti, apliti	Granodioriti, Q-monconiti, graniti, aljaskiti, apliti	Riolit-kvarclatiti, granit-apliti, $K_2O > 5\%$, $SiO_2 \geq 75\%$	Monconit-sijeniti $K_2O+Na_2O>10\%$, SiO_2=61-65%	Leukograniti $K_2O \geq 5\%$, SiO_2=73-76%
Porfirska struktura	Da	Da i ne	Da	Da i ne	Da
Petrohemijski sastav					
- TiO_2	>0.2	0.1-0.2	<0.2	>0.5	<0.1
- Rb ppm	150-350	100-350	200-800	-	>200
- Sr ppm	300-800	100-800	<25	-	<100
- Nb ppm	<20	<10	25-200	≥100	15-100
Sastav hidrotermalnih fluida					
Maksimalni sadržaj Mo u tonama (t)	300.000	1.600.000	2.000.000	Mali	350.000
MoS_2 u rudnoj zoni (%)	0.3-0.5	0.1-0.2	0.2-0.49	<0.3	0.25-0.30
Maksimalni sadržaj F (%)	0.1-0.25	0.05-0.15	0.5-2	-	1-5
Elementi	Mo-W-Cu	Mo-Cu-(W)	Mo-F-W-Sn-Zn-Ag-Pb-Cu-U	Mo-F-Sn-W	Mo-F-Sn-W-(Bi)-(As)
Odnos HF/HCl u fluidu	Nizak	Nizak	Visok	-	-
Primer	Bakingem, Hol	Istoč. Konrad, Endako	Klajmeks, Henderson	Rialto štok	Kejv Pik, Malmbjerg

Tabela 34. *Osnovne geološke karakteristike matičnih stenskih kompleksa, rudne mineralizacije i hidrotermalnih fluida porfirskih ležišta molibdena u Srbiji (prema W e s t r a & K e i t h, 1981)*

Table 34. *Basic geological caracteristics of mather rock complexes, ore mineralization and hydrothermal fluids of molybdenum porphyru deposits in Serbia (after W e s t r a & K e i t h, 1981)*

	Besna Kobila	Kopaonik	Boranja	Lece	Bor
	Kalko-alkalna štokverkna ležišta molibdena				Alkalno-kalcijska i alkalna ležišta Mo štokverknog tipa
Tip magme	Kalko-alkalne; visoko kalko-alkalne (Štok tip- Plutonski tip)				Alkalno-kalcijski, alkali tip (stene deficitarne sa SiO_2)
$K_{57,5}$ indeks	2 - 4 (3)	1 – 5 (2.7)	2 – 4 (3)	1.2 – 2.9 (2.3)	0.6 – 5 (2.5)
Geotektonski položaj	Aktivizirani obodni delovi ploča				Zone lateralnog širenja kontinenata, riftne zone
Stenski kompleksi	Granodioriti, monconitgraniti, daciti, kvarclatiti	Granodioriti, monconitgraniti, andeziti, kvarclatiti	Granodioriti	Andeziti	Kvarcdioriti, andeziti
Porfirska struktura	Da i ne	Da i ne	Ne	Da	Da i ne
Petrohemijski sastav					
TiO_2	0.04-1.06 (0.48)	0.50-1.00 (0.81)	0.38-1.85 (0.86)	0.41-0.85 (0.59)	0.15-1.88 (0.59)
Rb(ppm)	10-280 (102)	10-280 (121)	-	61	28-890 (99)
Sr (ppm)	30-800 (232)	430-1240 (790)	250-8000 (1.535)	240	3-1590 (191)
Nb (ppm	<30	<30	<30	<30	<30
Sastav hidrotermalnih fluida					
Maks. Sadržaj Mo u t	74.220	*	*	*	89.994
MoS_2 u rudnoj zoni %	0.053-0.159			0,0035	0,0075
Maksimalni sadržaj F (%)	*	*	*	*	*
Elementi	Mo-W (Cu)	Mo-W	Mo-W-Cu	-	Cu-Mo-Au-Ag
HF/HCl u fluidu	Nizak	Nizak	Nizak	Nizak	Nizak
Primer	Mačkatica				Borska reka, Veliki Krivelj, Majdanpek

Stroncijum je u tercijarnim magmatima Srbije znatno veći od odgovarajućih stena u poznatim svetskim ležištima, dok je Nb u celini nizak odnosno ispod granice osetljivosti (30 ppm). Sadržaj fluora (F) u magmatskim kompleksima Kopaonika, Boranje i Surdulice je nizak, a shodno tome i koeficijent HF/HCl ima niske vrednosti.

Prema rezervama molibdena-metala naše najveće ležište Mačkatica pripada grupi malih do srednjih ležišta (74.220 t Mo) sa niskim sadržajem MoS_2 (0.159%), u odnosu na slična ležišta u svetu. Sličan zaključak može se izvesti za porfirska ležišta bakra u Borskoj metalogenetskoj zoni koja se odlikuju normalnim kalko-alkalnim magmama sa niskim sadržaje silicuje i niskim saržajem Mo (prosečno oko 43 ppm, odnosno 0,0075 MoS_2), a shodno tome i malim rezervama (oko 90.000 t Mo) u odnosu na velika ležišta u svetu. Imajući navedene činjenice u vidu, razumljivo je što molibden nije do sada izdvajan iz porfirskih ruda u Boru.

Pored gore navedene podele, odnosno grupisanja, porfirskih ležišta molibdena gde je osnova bio koeficijent $K_{57,5}$, interesantna je podela koju su dali Mičelor i dr., 1981 (Mutschler et al., 1981). Oni su proučavajući molibdenska rudna ležišta u zapadnom delu SAD-a uočili da su glavna ekonomska "štokverk" molibdenska ležišta ograničena na dva hemijski različita tipa magmatskih stena - na granodiorite i granite, pa su izdvojili: (a) granodioritski molibdenitski sistem i (b) granitski molibdenitski sistem. Ove dve grupe pokazuju značajne razlike u starosti, tektonskom položaju, vremenu formiranja i rudne geometrije. Podela je utoliko interesantna što na jedan očigledan način ukazuje kom tipu pripadaju naša ležišta i pojave molibdena i njihovu potencijalnost.

(a) Granodioritski molibdenitski sistem

S obzirom, da su termin kvarcmonconit mnogi autori koristili, obuhvatajući stene sastava od granodiorita do granita (po klasifikaciji IUGS-a iz 1976), Mičelor i dr. (Mutschler et al., 1981) su ovu grupu ležišta nazvali "granodioritski molibdenitski sistem" da bi izbegli dvosmislenost u nazivu stena. Ležišta granodioritskog tipa u Montani, Ajdahu, Zapadnoj Nevadi i Jugoistočnoj Kaliforniji, su povezana prostorno i vremenski sa smeštanjem mlađih faza glavnih kalko-alkalnih mezozojskih batolita, uključujući batolite Bulder u Ajdahu i Sijera Nevada. Smatra se, da su navedeni batoliti generisani i smešteni u kompresivne tektonske zone (Guild, 1978 iz Mutschler et al., 1981), pa kao posledica toga proizilazi stanje kompresivnog kornog stresa u ležištima granodioritskih molibdenitskih sistema za vreme njihovog formiranja.

Molibdenitska štokverkna rudna tela asocirana sa granodioritskim plutonima se javljaju kao pločasta (tabularna) tela u samom plutonu (Tompson Krik), kao prstenasta tela po marginama (Hol) i žice uz pluton (Litl Bulder Krik i Kanivan). Rudna tela granodioritskog sistema i njihovi oreoli pokazuju značajno povišene koncentracije Cu, Ba, i Sr i snižene koncentracije F, Rb i U od granitskih molibdenitskih sistema.

U odnosu na hemizam izvorne stene, geometriju rudnog tela i elemente u tragovima, granodioritski molibdenitski sistemi pokazuju veće sličnosti sa Kordiljerskim porfirskim ležištima bakra (Lowell & Guilbert, 1970), odnosno sa kvarcmonconitskim ležištima (Wallace, 1991), nego sa granitskim molibdenitskim ležištima (tabela 35).

Upoređujući petrohemijski sastav naših granodioritskih kompleksa sa sličnim u Zapadnoj Americi, možemo uočiti da magmatski kompleksi Surdulice, Leca, Kopaonika i Boranje imaju povećan sadržaj TiO_2, gvožđa i naročito CaO i MgO i što je vrlo važno nizak sadržaj fluora. Petrohemijski sastav stena granitskog molibdenitskog sistema u zapadnom delu SAD-a i naših magmata, potencijalno perspektivnih za molibden, se takođe znatno razlikuje. Naši magmati imaju znatno niži sadržaj silicije, kalije, fluora i sumpora, a povećan sadržaj TiO_2, Al_2O_3, MgO, CaO, ukupnog gvožđa i vode. Te razlike u petrohemijskom sastavu naročito su izražene kod magmata Borske metalogenetske zone.

Tabela 35. *Komparacija petrohemijskog sastava naših magmatskih kompleksa i granodiorit molibdenitskog i granit molibdenitskog sistema zapadnog dela SAD-a*

Table 35. *Comparisen of petrologic composition beetwin magmatic complexes in Serbia and granodioritic and granitic molybdenum sistems in Western USA*

Komp.	Srbija									Zapadni deo Sjedinjenih američkih država						
	Surdulica			Kopaonik		Boranja	Lece	Bor		Granodioritski molibdenitski system			Granitski molibdenitski sistem			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
SiO_2	68.91	69.59	66.41	59.72	58.51	68.08	59.08	56.07	55.80	69.30	67.10	64.30	76.00	76.00	75.40	75.10
TiO_2	0.38	0.36	0.50	0.88	0.70	0.86	0.59	0.57	0.60	0.10	0.25	0.05	0.01	0.01	0.17	0.28
Al_2O_3	15.97	15.67	18.78	17.05	16.96	14.80	16.74	16.93	17.55	16.70	17.01	16.10	11.90	12.30	13.00	13.29
Fe_2O_3	1.31	0.90	1.71	2.33	3.21	2.14	4.23	4.61	4.24	0.80		3.70	1.00	0.20	0.80	1.03
FeO	1.82	1.85	2.14	3.04	3.04	1.57	1.46	3.08	2.89	1.30	2.96	1.80	0.25	0.60	0.70	0.40
MnO	0.08	0.06	0.08	0.09	0.11	0.07	0.07	0.11	0.15	0.04	0.13	0.05	0.03	0.06	0.04	0.04
MgO	1.02	0.67	1.13	2.86	2.97	1.83	2.87	3.33	3.20	0.60	0.99	1.45	0.60	0.75	0.30	0.31
CaO	2.49	1.59	2.77	6.42	6.03	3.07	6.03	7.47	7.03	2.90	2.24	2.50	0.70	0.90	0.50	0.66
Na_2O	3.85	3.71	3.73	2.92	3.00	3.09	3.07	2.83	3.04	4.10	4.04	4.00	2.90	3.10	3.30	3.71
K_2O	3.05	4.01	3.01	2.83	2.84	3.64	2.33	2.71	2.49	3.25	2.65	2.60	5.00	6.40	5.20	4.54
P_2O_5	0.08	0.07	0.08	0.25	0.29	0.08	0.30	0.36	0.30	0.13	-	0.39	0,07	0.06	0.12	0.05
H_2O^+	0.46	0.62	0.94	0.64	2.07	0.49	1.56	1.22	1.83	0.50	0.98	1.45	0,91	0.41	0.10	0.41
H_2O^-	0.16	0.18	0.23	0.50	0.41	0.17	0.91	0.52	0.83	0.15	-	0.10	0.01	0.10	0.05	0.14
CO_2	*	*	*	*	*	*	*	0.14	0.05	0.20	0.44	0.26	0.04	0.21	0.35	-.
F	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0.05	0.09	0.14	0.26	0.17	0.07	-
S	*	*	*	*	*	*	*	0.05	0.005	0.11	0.00	1.41	0.56	0.07	0.35	<0.01
N	15	10	12	16	47	30	22	17	29	np	np	np	np	Np	np	np

N - Broj analiza; np=nepoznato

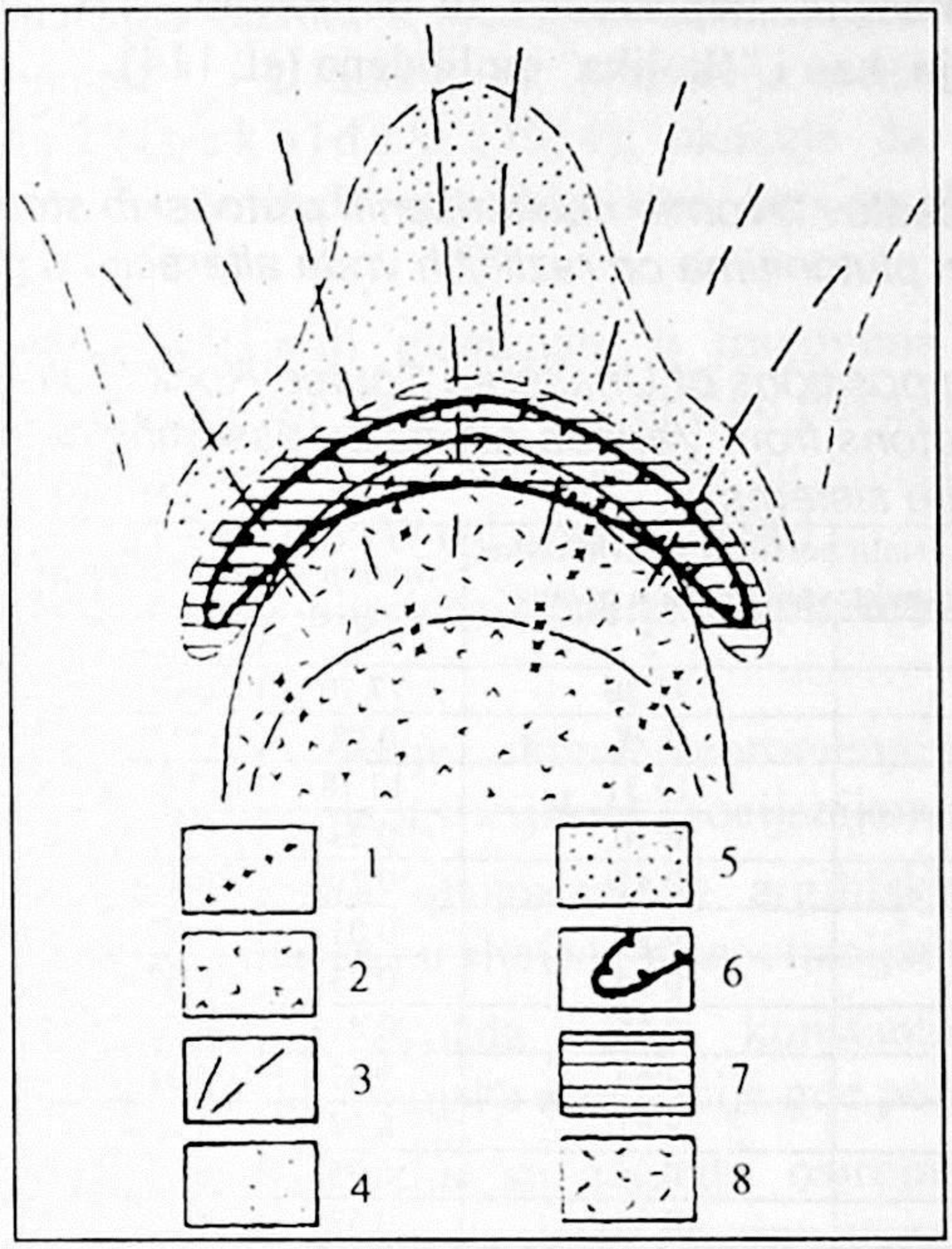
SRBIJA: *1. Granodioriti Surdulice, 2. Monconitgranit Surdulice, 3. Daciti Mačkatice, 4. Granodioriti Kopaonika, 5.Vulkaniti Kopaonika, 6. Granodioriti Boranje, 7. Andeziti Leckog masiva, 8. Borski laramijski plutoniti, 9. Borski vulkaniti.*

ZAPADNI DEO SAD-a: *10. Little Boulder Creek, Idaho; quartz monzonite porphyry, 11. Thompson Creek, Idaho; granodiorite, 12. Cannivan, Montana; qurtz monzonite, 13. Climax, Colorado; Climax stock-granite porphyry, 14. Henderson, Colorado; Henderson granite-granite porphyry, 15. Mount Emmons, Colorado; Keystone stock-granite porphyry, 16. Questa, New Mexico; Ouesta mine aplite-porphyritic aplite*

(b) Granitski molibdenitski sistem

Granitski molibdenitski sistem uključuje sva epizonalna molibdenitska ležišta koja su asocirana sa izvornim stenama koje odgovaraju hemijskoj definiciji granita Tatla i Bovena (Tuttle and Bowen, 1958). Granitski molibdenitski sistemi istočnih Stenovitih Planina mogu da se podele u dve grupe značajno različite starosti: (a) starost ležišta oblasti Ajdaho-Montana kreće se od 40-50 miliona godina i povezana je sa široko rasprostranjenom eocenskom magmatskom aktivnošću, (b) ležišta oblasti Kolorado-istočni Novi Meksiko-Teksas su starosti od 10-37 miliona godina. Ovi oligocen–pliocenski sistemi su vremenski u vezi sa ekstenzivnim razlamanjem duž rifta Rio Grande.

Najveći broj rudnih tela u granitskim molibdenitskim sistemima su asocirani sa malim cilindričnim granitskim ili riolit porfirskim telima (čepovima) koji tipično imaju prečnike od 0.5 do 1.5 km i poznato vertikalno pružanje od 2 km ili više.



Sl. 114. *Generalni profil granit-molibdenitskog sistema (prema Mutschler et al., 1981), bez razmere.*

1.Žice grajzena, 2. Kasno porfirski graniti (krupnozrni), 3. Osnovni metalični sulfidi, rodohrozit-fluoritske žice (kasna nerudna faza), 4. Argilitska alteracija, 5. Kvarc- sericitska alteracija, 6. Molibdenitska rudna školjka, prvenstveno silicijska alteracija, 7. K-metasomatoza, 8. Rano porfirski granit (sitnozrn).

Fig. 114. *Generalized cross section of a granite molybdenite system (after Mutschler et al., 1981), not to scale*

1. Greisen veins, 2. Late porhyry (coarse-grained), 3. Base metal sulfide-rhodochrosite-fluorite veins (late barren stage), 4. Argillic alteration, 5. Quartz-sericite alteration, 6. Molybdenite ore shell, pervasive silicic alteration, 7. Potassic alteration, 8. Early porfyry (fine-grained).

Metalizacija u granitskim molibdenitskim sistemima uobičajreno može da se podeli u tri zone: (1) molibdenitska zona koja se sastoji od štokverka, od kvarc-molibdenit-fluoritskih žica; (2) volframska zona koja generalno sadrži hibnerit u kvarcno-piritskim žicama sa ili bez molibdenita; (3) piritska i osnovna metalno sulfidna zona koja se prostire u višim nivoima zona molibdenita i volframita.

Zona molibdenita ima tipičan polusferičan-školjkast oblik u ili iznad apikalnog dela izvornog porfirskog neka (čepa). Morfološki oblik molibdenitske

školjke u poznatim ležištima ima debljinu od 130-330 m i vertikalnu ekstenziju (kontinuitet) od 330- 660 m. Odnos horizontalnih i vertikalnih dimenzija u osnovi varira od ležišta do ležišta. Ležišta Pine Grove i Mont Emmons imaju rudne školjke sa velikim vertikalnim prostiranjem, a kod Climax-a (Klajmeks) "rudna školjka" ima horizontalnu ekstenziju, jednaku ili veću od vertikalne. "Školjka" volframove mineralizacije, neposredno ili delimično, leži iznad molibdenitske i ima sličnu geometriju, kao i "školjka" molibdena (sl. 114).

Tabela 36. *Srednji sastav izvornih nealterisanih plutonskih stena u poređenju sa alterisanim plutonitima od različitih vrsta alteracija u granit molibdenitskim sistemima*

Tabla 36. *Mean compositions of Unaltered Source Rock Plutons, compared of Altered Plutons from Various Alteration assemblages in Granite Molybdenite sistems*

Komponente	Sveži graniti i riolit porfiri iz aktivnih Mo-ležišta i prospektovanih rudnih pojava		Srednji sastav alterisanih plutona u granit Mo-sistemu				
	1	2	3	4	5	6	7
SiO_2	75.32	75.20	77.70	76.70	76.84	87.70	77.45
TiO_2	0.11	0.28	0.08	0.14	0.23	0.07	0.24
Al_2O_3	12.57	13.31	12.78	12.69	14.01	4.67	5.95
Fe_2O_3	0.83	0.70	0.23	1.32	0.33	0.39	7.30
FeO	0.55	0.42	0.29	0.45	0.33	0.62	3.60
MnO	0.06	0.04	0.01	0.07	0.03	0.02	0.06
MgO	0.46	0.24	0.33	0.57	0.29	0.11	0.13
CaO	0.73	0.66	0.81	0.53	0.29	0.56	0.13
Na_2O	3.27	3.64	1.37	0.35	0.24	0.18	0.98
K_2O	5.03	4.81	8.58	4.45	3.09	3.35	3.45
P_2O_5	0.09	0.05	0.05	0.07	0.09	0,03	0.02
H_2O^+	0.45	0.39	0.52	1.89	2.54	0.59	0.26
H_2O^-	0.10	0.17	0.11	0.13	0.15	0.07	0.18
CO_2	0.26	0.14	0.17	0.27	0.09	0.11	0.43
F	0.21	0.11	0.34	0.36	0.23	0.34	0.03
S	0.20	0.05	0.33	0.42	0.03	0.36	0.05
Broj analiza	13	50	9	17	10	4	2

1. Rude vezane za granite i riolitporfire u molibdenskim ležištima (N=13), 2. Graniti i riolitporfiri u prospektovanim molibdenskim ležištima (N=50), 3. Kalijska alteracija (N=9), 4. Kvarc-sericitska alteracija (N=17), 5. Argilitska alteracija (N=10), 6. Silicijska alteracija, prvenstveno silifikacija (N+4), 7. Silicijska alteracija – kvarc-magnetit (N=2)

1. Ore related granite and rhyolite porphyries from molybdenite deposits (N=13), 2. Granite and rhyolite porphyries remote from known ore at molybdenite deposits and prospects (N=50), 3. Potassic alteration assemblage (N=9), 4. Quartz-sericite alteration assemblage (N=17), 5. Argillic alteration assemblage (N=10), 6. Silicic alteration assemblage – pervasive silicification (N=4), 7. Silicic alteration assemblage – quartz – magnetite (N=2)

Da bi procenili sastav glavnih oksida u izvornom granitnom Mo-sistemu Mičelor i dr. (Mutschler et al., 1981) su proračunali srednji sastav 13 analiza svežih-nepromenjenih granita i riolit-porfira za koje su vezana orudnjenja iz molibdenitskih ležišta i 50 analiza stena gde su prospektovane rudne pojave koje

pripadaju granitskom molibdenitskom sistemu, i uporedili ih sa alterisanim stenama (tabela 36). Sve analizirane stene su graniti ili rioliti. Njihov normativni sastav pokazuje Ab+Or+Q ≥ 80%, a kada se Ab+Or+Q proračunaju na 100%, oni imaju Ab ≥ 20%, Or ≥ 20%, Q ≥ 20%. Sve ove stene su peraluminijske, odnosno molekularni $Al_2O_3 > Na_2O+K_2O$.

Ne postoji značajna razlika u srednjem sastavu glavnih oksida ove dve grupe analiza u kolonama 1 i 2, tabela 36. Poređenje srednjih sastava granita i riolita datih od strane Nockolds-a (1954), ukazuje da izvorna granitska molibdenitska stena može da bude okarakterisana kao visoko silicijski alkalni granit ili riolit.

Dostupni podaci o hemiji elemenata u tragovima izvornih stena su delimični. Dobijeni podaci ukazuju da ove stene obično pokazuju obogaćenje u Be, Cs, F, Li, Mo, Nb, Rb, Sn, Ta, Th, U i W u odnosu na prosečan sadržaj za nisko kalcijske granite po Turekianu & Wedepohl (1961).

Komparacijom svežih i alterisanih stena granit molibdenitskog sistema može se primetiti sledeć:

- Sadržaj silicije ostaje skoro nepromenjen, osim u slučaju značajnog povećanja u slicijskim asocijacijama.
- Aluminija je nešto obogaćena u argilitskim asocijacijama, a značajno osiromašena u slicijskim asocijacijama
- Sadržaj ukupnog gvožđa ostaje konstantan, osim u kvarc-magnetitskoj zoni silicijske asocijacije gde pokazuje povećanje
- Kalcija i/ili magnezija su izgleda osiromašeni u alterisanim asocijacijama u odnosu na svežu izvornu stenu
- Natrija je odnešena iz svih alteracijskih asocijacija; kalija je odneta iz svih, izuzev kalijskih asocijacija. Dodatna kalija u kalijskim asocijacijama jasno predstavlja razvoj hidrotermalnog K-feldspata i/ili biotita.
- Voda (H_2O^+) je uvedena u značajnim količinama kako u kvarc-sericitske, tako i u argilitske asocijacije.
- Sadržaj fluora u nealterisanoj izvornoj steni i u alterisanim asocijacijama, izuzev u kvarc-magnetitskoj, je jasno obogaćen u odnosu na tipične nisko kalcijske granitne stene za koje Turekian & Wedepohl (1961) smatraju da sadrže prosečnu količinu fluora od 0.085%. Sadržaj fluora ≥0.1% je primećen u granitskim molibdenitskim sistemima. Rudne zone i jezgra od kalijskih i kvarc sericitskih asocijacija u ovim sistemima se karakterišu vrednostima fluora od 0.2 do >0.4%.
- Iako je rasipanje veliko, vrednosti sumpora za nealterisane izvorne stene i alterisane stene kalijskih i kvarc-sericitskih asocijacija su više od 0.03%, što su Turekian & Wedepohlu (1961) dali za nisko-kalcijske granitne stene.

OSNOVNE KARAKTERISTIKE MODELA PORFIRSKIH Mo, Mo-Cu i Cu LEŽIŠTA U SVETU I NJIHOVA KORELACIJA SA LEŽIŠTIMA U SRBIJI

Polazeći od mnogobrojnoh činjenica dobijenih pri istraživanju ležišta Mo, Mo-Cu i Cu, pogotovu porfirskih, odnosno štokverkno-impregnacionih, Theodore, 1986; Ludington, 1986 i Cox, 1986, 1986a, 1986b, dali su modele gde su ležišta svrstana prema svojim osnovnim karakteristikama, tabela 37. U modelima su na pregledan i sažet način dati geološki sastav i sredine deponovanja Mo-orudnjenja, zatim tipovi orudnjenja, kontrolni faktori, asocijacije minerala i elemenata, starost, alteracije, geohemijske i druge karakteristike poznatih ležišta i pojava Mo i Mo-Cu orudnjenja. Na osnovu ovih parametara Mo-ležište Mačkatica svrstano je u porfiri Mo-ležišta sa niskim fluorom (F), što je u saglasnosti sa napred iznetim činjenicama. Istoj grupi ležišta pripadaju: Adanac, Ajax, Buckingham, Cannivan Gulch, Endako, Hall, Mount Tolman, Quartz Hill, Thompson Creak i dr. Porfirsko Cu-ležište Majdanpek u borskoj metalogenetskoj zoni prema Cox - u (1986) pripada porfiri Cu-ležištima, gde su uvršćena i ostala velika ležišta bakra u svetu. Činjenica da su modelima obuhvaćena sva značajna ležišta u svetu, ukazuje da su izneti parametri vrlo pouzdani i da se mogu sa velikom sigurnošću koristiti kod prognoze i ocene perspektivnosti naših ležišta molibdena i bakra. Tako na primer prema modelu "porfirska Cu-ležišta" može se videti da Cu-ležište Majdnpek, kao i druga porfirska ležišta u borskoj metalogenetskoj zoni pripadaju ležištima sa niskim sadržajem molibdena. Mačkatica prema modelu "porfiri Mo-ležišta sa niskim F", prema razmerama rudnih tela i rezervama rude pripada grupi malih do srednjih ležišta, a po sadržaju molibdena niskoprocentnim rudama, vanbilansnim rudama.

Tabela 37. *Modeli (opis): (1)Porfirska Mo ležišta sa niskin F (Theodore C. T., 1986), (2) Klajmeks Mo ležišta (Ludington D. S., 1986), (3) Porfirska Cu-Mo ležišta (Cox P. D., 1986), (4) Porfirska Cu ležišta (Cox P. D., 1986), (5) Porfirska Cu ležišta vezana za skarnove (Cox P. D., 1986)*

Table 37*. Models (descriptive): (1) Porphyry Mo deposits, low F (Theodore C. T., 1986), (2) Climax Mo deposits (Ludington D. S., 1986), (3) Porphyry Cu-Mo deposits (Cox P. D., 1986b), (4) Porphyry Cu deposits (Cox P. D., 1986), (5) Porphyry Cu, skarn-related deposits (Cox P. D., 1986a)*

Osnovne karakteristike modela	Modeli Mo–ležišta				
	1	2	3	4	5
	Porfiri Mo-ležišta (nizak F).	Klajmeks (Climax) Mo-ležišta.	Porfirska Cu-Mo-ležišta	Porfirska Cu-ležišta	Porfirska Cu ležišta vezana za skarnove
OPŠTI SINONIM	Kalko-alkalni Mo-štokverk	Molibdenski graniti (Mutschler et al., 1981)	-	-	Cu-skarnovska ležišta asociraju sa Cu porfirskim ležištima i uklopljena su u taj model
OPIS	Štokverk od kvarc-molibdenitskih žilica u	Štokverk od kvarca i molibdenita u asocijaciji sa	Štokverk od žica i žilica kvarca, halkopirita i molibdenita u	Ovo je generalni model koji uključuje različite subtipove ležišta	Halkopirit u štokverknim žilicama u hidrotermalno promenjenim intruzivima i u skarnovima sa

Osnovne karakteristike modela	Modeli Mo–ležišta				
	1	2	3	4	5
	Porfiri Mo-ležišta (nizak F),	Klajmeks (Climax) Mo-ležišta,	Porfirska Cu-Mo-ležišta	Porfirska Cu-ležišta	Porfirska Cu ležišta vezana za skarnove
	felzičnom porfiru i u okolnim stenama	fluoritom u granit porfiru	samom porfirskom intruzivu ili njegovoj blizini. Odnos Au (u ppm) i Mo (u %) manji je od 3	koja sadrže halkopirit u vidu štokverkno-žiličastog orudnjenja u hidrotermalno alterisanim porfirima i okolnim matičnim stenama	ekstenzivnom retrogradnom alteracijom
OSNOVNA LITERATURA	Westra & Keith (1981)	White et al. (1981)	Titley (1982)	Titley (1982)	Einaudi et al. (1981)
GEOLOŠKA SREDINA					
-Vrsta stene	Tonaliti, granodioriti, moncograniti	Graniti-rioliti sa >75% SiO_2, visokim Rb, Y, Nb, a niskim Ba, Sr, Zr; štokovi sa radijalnim dajkovima, često sa malo breče	Tonalitski i moncogranitski štok i pajpovi intruzivne breče u batolitima, vulkanitima ili sedimentnim stenama.	Tonalit do monconitgranit ili sijenitski porfiri, koji intruduju (probijaju) granite, vulkanite, krečnjačke sedimente i druge stene	Tonalit do monconitgranit intrudovan u karbonatne stene ili krečnjačke klastične stene
-Struktura	Porfiri, fina aplitoidna masa	Porfirska sa finozrnom do srednjozrnom aplitskom osnovnom masom	Intruzije koje se vremenski obično poklapaju sa rudom su sitno do srednjozrne aplitoidne mase. Porfiri strukture ograničene su u uzanom delu oko ležišta	Porfirska koja ima fenokristala i mikrolite kvarc-feldspat u osnovnoj masi	Porfirska koja ima mikroaplitičnu osnovnu masu
-Starost	Mezozoik i Tercijar	Primeri su uglavnom srednji Tercijar	Uglavnom mezozojska i tercijarna, ali moguće i druge starosti	Uglavnom mezozoik i kenozoik, ali može biti i druge starosti	Uglavnom mezozojska i tercijarna, ali može biti i druge starosti
- Sredine odlaganja	Orogeni pojas sa kalko-alkalnim intruzivnim stenama	Višefazne hipoabisalne intruzije	Visok nivo porfiri intruzivnih stena jednovremeno obogaćen dajkovima, brečastim pajpovima, rasedima. Kupola u batolitu	Visok nivo intruzivnih stena jednovremeno obogaćen dajkovima brečastim pajpovima, rasedima. Takođe kupole batolita	Epizonalne intruzije granitskog štoka u karbonatnim stenama. Intenzivna polomljenost
- Tektonski smeštaj	Brojni rasedi	Uglavnom ekstenzione zone u kratonima, mogu biti vezana za subdukciju, ali se nalaze daleko od kontinentalnih margina u oblastima debele Zemljine kore i u kasnijim fazama	Brojni rasedi u subdukcionim zonama vulkansko-plutonskih lukova. Nastali uglavnom duž kontinentalnog oboda, ali koji konvergiraju prema graničnim	Riftne zone jednovremene sa vulkanizmom Anda ili ostrvskih lukova duž konvergentnih granica ploče. Erozijom otkrivene subvulkanske stene.	Andski tip vulkanizma koji prekriva stariji karbonatni kontinentalni šelf

Osnovne karakteristike modela	Modeli Mo–ležišta				
	1	2	3	4	5
	Porfiri Mo-ležišta (nizak F),	Klajmeks (Climax) Mo-ležišta,	Porfirska Cu-Mo-ležišta	Porfirska Cu-ležišta	Porfirska Cu ležišta vezana za skarnove
		ciklusa stvaranja	delovima okeanskih ploča		
- Asocirajući tipovi ležišta	Porfiri Cu-Mo, Cu-skarn, vulkanska matična stena	Žice obojenih metala i Ag u fluoritsko-feldspatskim ležištima. Na osnovu proste geohemije koja asocira sa riolitskom magmom, rioliti mogu biti matične stene ležištima Sn što se miže videti na površini. Porfirska ležišta volframa kao na primer Mount Pleasant u Kanadi, bogati volframom, mogu pripadati Klajmeks sistemu.	Cu, Zn ili Fe skarnovi koji mogu biti bogati zlatom; zlato + sulfosoli baznih metala u žicama; nanosna ležišta zlata.	Skarnovi sa obojenim metalima, epitermalne žice, polimetalična ležišta, masivna ležišta vezana za vulkanite kao matične stene. Videti: porfirski Cu skarnovi, porfirski Cu-Mo i porfirski Cu-Au.	Cu-skarn, ležišta Pb-Zn-Ag.
OPIS LEŽIŠTA					
-Minerali	Molibdenit + pirit ± šelit ± halkopirit ± Ag-tetraedrit; kvarc+K-feldspat+biotit ± kalcit ± muskovit i gline	Molibdenit+kvarc ± fluorit ± K-feldspat ± pirit ± volframit ± kasiterit ± topaz	Halkopirit, pirit, molibdenit. Obodne žice ili naknadna odlaganja sa halkopiritom, sfaleritom+ galenitom ± zlatom. Periferne zone mogu da sadrže sulfidne žice Cu-As-Sb, barit i zlato	Halkopirit+pirit ±molibdenit; halkopirit+magnetit ± bornit ± Au; mineralne asocijacije mogu biti superponirane. Kvarc+K-feldspat+biotit ± anhidrit, zatim kvarc+sericit ± minerali glina. Kasne (naknadne) žice enargita, tetraedrita, galenita, sfalerita i bornita u samo nekim ležištima.	Halkopirit+pirit+magnetit u unutrašnjoj granat-piroksenskoj zoni; bornit+halkopirit ± sfalerit ± tenantit u spoljnoj volastonitskoj zoni. Šelit i tragovi molibdenita i galenita mogu da budu prisutni. Hematit ili pirhotin mogu da dominiraju.
- Struktura/tekstura	Impregnacije i žilice u pukotinama i prslinama	Pretrežno se javlja u žilicama i frakturama-pukotinama i prslinama; manje impregnacije	Žilice i impregnacije ili nagomilanja u pogodnim okolnim stenama	Štokverk žiličasti i disiminirana zrna sulfida	Finozrne kalcijsko-silicijske i kvarc-sulfidne žilice
-Alteracije	Kalijska alteracija, zatim propilitizacija, sericitizacija, hloritizacija i argilitizacija u	Intenzivne kvarcne i kvarc+K-feldspatske žice u rudnoj zoni. Gornja sericitska,	Kvarc+K-feldspat+biotit (hlorit)± anhidrit (kalijska alteracija) konstantno	Od primarne preko prelazne do spoljašnje zone: natrijum-kalcijski, kalijska, sericitsko -hloritska i	Kalijska alteracija u plutonu je u vezi sa andraditom i distenom u krečnjacima. Dalje od kontakta su zone volastonita ili tremolita

Osnovne karakteristike modela	Modeli Mo–ležišta				
	1	2	3	4	5
	Porfiri Mo-ležišta (nizak F),	Klajmeks (Climax) Mo-ležišta,	Porfirska Cu-Mo-ležišta	Porfirska Cu-ležišta	Porfirska Cu ležišta vezana za skarnove
	višim delovima	hloritska i propilitska zona. Oreol od rodohrozita, rodonita i granata (spesartin). Manje grajzenske žice ispod rudnih tela.	udaljavanje od propilitske zone. Muskovitske i filitične alteracije mogu da formiraju barijere ili mogu da budu u formi čitavih ležišta. Visoke aluminijske alteracije mogu se javiti u višim nivoima sistema	argilitsko-propilitska zona. Visoko aluminijska alteracija u gornjim delovima ležišta. Propilitska ili filit-alteracija (sericitizacija, hloritizacija) mogu da budu maskirane ranom kalijskom asocijacijom	sa malo granata, vezuvijana i klinopiroksena. Oni ka spoljašnosti prelaze u mermer. Filitske (sericitizacija i hloritizacija) alteracije u plutonu su u vezi sa retrogradnim aktinolitom, hloritom i glinom u skarnovima
-Kontrolni faktori orudnjenja	Štokverk u felzičnim porfirima i u okolnim stenama	Štokverkna rudna zona pružanja preko štoka <1 km^2. Višefazne intruzije i mineralizacije su veoma perspektivne	Sadržaj u rudi se pozitivno koreliše sa mineralizovanim frakturama. Pogodne okolne stene za mineralizaciju su karbonatni sedimenti, dijabazi, tonaliti i dioriti	Štokverkne žice u porfiru, duž kontakta porfira u pogodnim okolnim stenama kao što su karbonati, mafične magmatske stene i stariji granitski plutoni	Intenzivne štokverkne žice u magmatskim stenama i skarnovima sadrže najviše Cu-minerala. Cu uglavnom prati retrogradna alteracija.
-Površinsko raspadanje (sekundarni minerali)	Molibdenski oker, sekundarni bakrovi minerali mogu da se pojave u nekum bakrovim ležištima	Molibdenski oker	Jako raspadnute površine; široke zone sa Fe oksidima. Rasedi ispunjeni hematitom i limonitom. Supergeni bakar halkozin može da formira pokrivač iznad raspadnute zone. Rezidualni rastvori mogu da sadrže anomalnu količinu rutila.	Zeleni i plavi Cu karbonati i silikati u raspadnutim izdancima, ispran izdanak zaostao posle izluživanja bakra, transport u niže delove i depozicija u obliku sekundarnih sulfida u vodenim ili paleovodenim površinama. Frakture u izluženim izdancima su praćerne sa hidrohematitom svetlo-crvene boje. Ležišta sekundarnih sulfida sadrže halkozin i druge Cu_2S minerale naročito pirit i halkopirit. Humus iznad ležište može sadržati anomalne koncentracije rutila.	Cu karbonati, silifikacija, bogat Fe-gosan.
-Geohemijske karakteristike	Horizontalna i vertikalna	Mo, Sn, W i Rb anomalije su	Cu+Mo+Ag± W± B± Sr u	Cu ± Mo ± Au ± Ag ± W ± B ± Sr u	Cu, Mo, Pb, Zn, Au, Ag, W, Bi, Sn, As, Sb

Osnovne karakteristike modela	Modeli Mo-ležišta				
	1	2	3	4	5
	Porfiri Mo-ležišta (nizak F),	Klajmeks (Climax) Mo-ležišta,	Porfirska Cu-Mo-ležišta	Porfirska Cu-ležišta	Porfirska Cu ležišta vezana za skarnove
	zonalnost idući od Mo+Cu ± W ka Cu+Au i dalje prema Zn+Pb, +Au, +Ag. F može biti prisutan u koncentracijama do 1 ppm	iznad rudnih zona. Anomalije Pb, Zn, F i U u okolnim stenama javljaju se do nekoliko km udaljenosti. Obodne Cu anomalije u Mount Emmons ležištu. Sn, W, Mo, i F mogu da budu značajni u tim koncentratima.	centralnoj; Pb, Zn, Au, As, Sb, Se, Te, Mn, Co, Ba i Rb u spoljnoj zoni. Lokalno Bi i Sn se javljaju u obliku udaljenih anomalija.Visoka koncentracija S u svim zonama. Odnos Au/Mo ≤3. Magnetit nizak	centralnoj, Pb, Zn, Au, As, Sb, Se, Te, Mn, Co, Ba i Rb u spoljnoj zoni. Lokalno Bi i Sn se javljaju u obliku udaljenih anomalija. Visok S u svim zonama. Neka ležišta mogu imati anomalije urana.	
PRIMERI	Adanac, Ajax, Buckingham, Cannivan, Hall, Quartz hill, Thompson Creek, Mačkatica i dr.	Climax, Henderson, Emmons, Pine Grove, Mount Hope, Big Ben, Questa, Redwell, Malmbjerg	Berg, Bethlehem, Brenda, Gaspe, Gibraltar, Higmont, Huckleberry, Lornex, Morenci, Ray, Sierrita-Esperenza, Valley Copper i dr	Bingham, San Manuel, El Salvador, Bisbee, Chuquicamata, Copper Basin, Kadzharan, Kalamatan, King-King, Majdanpek i dr.	Cananea, Christmas, Copper Canyon, Ruth (Ely), Gaspe (Needle Mountain), Silver Bell, Santa Rita i dr.
REZERVE rude u t i sadržaj Mo%, Cu%, Ag g/t, Au g/t	Od 33 analizirana ležišta: 10% ima ≥ 560 mil. t sa ≥ 0.13% Mo; 50% ima ≥94 mil. t sa ≥ 0.085% Mo, a 90% ima ≥16 mil. t sa ≥0.055% Mo	Od 9 analiziranih ležišta: 10% ima ≥890 mil. t sa ≥0.29 % Mo; 50% ima ≥200 mil. t sa ≥0.19% Mo, a 90% ima ≥ 46 mil. t sa ≥0.13% Mo	Od 16 analiziranih ležišta: 10% ima ≥2.100 mil. t sa ≥0.69% Cu, ≥0.035% Mo; 50% ima ≥500 mil. t sa ≥0.42% Cu, ≥0.016%Mo; 90% ima ≥120 mil. t ≥ 0.28%Cu,≥ 0.0072%Mo. Sadržaj Au se kreće od 0.0036-0.043g/t, a Ag od 0.36-4.2g/t.	Od 208 analiziranih ležišta: 10% ima ≥1.100 mil. t sa ≥0.94%Cu, ≥0.03 % Mo; 50% ima ≥140 mil. t sa ≥0.54% Cu, oko 0.003% Mo; 90% ima ≥19 mil. t sa 0.31%Cu i <0.003%Mo. Sadržaj Au se kreće od 0.02-0.4 retko 0.8g/t, a Ag od 0.5-2.6, retko preko 6.3g/t.	Od 18 analiziranih ležišta: 10% ima ≥320 mil. t sa ≥1.9% Cu, ≥0.022%Mo; 50% ima ≥80 mil. t sa ≥0.98% Cu i nizak sadržaj Mo (30-40 ppm); 90% ima ≥20 mil. t sa ≥0.51%Cu. Sadržaj Ag se kreće od 1-12g/t, retko više, a Au od 0.063-0.83g/t
Broj analiziranih ležišta	33	9	16	208	18

Izvor podataka (Source of records): *Mineral Deposit Models, U. S. Geological Survey Bulletin 1693, Waschington, 1986, Editors, D. P. Cox and D. A. Singer.*

Rudne rezerve molibdena u Srbiji

Polazeći od napred izloženog možemo konstatovati, prema dosadašnjem stepenu istraženosti, najveće razmere molibdenske mineralizacije su utvrđene u području Surduličkog granodioritskog masiva, odnosno metalogenetske zone

Besna Kobila u rudnom polju Mačkatice. Pored toga porfirska ležišta bakra u Borskoj metalogenetskoj zoni mogu potencijalno biti značajan izvor molibdena, iako je u našim porfirskim ležištima bakra sadržaj molibdena nepovoljan u odnosu na poznata ležišta u svetu. Prema gore navedenim kriterijumima hidrotermalno štokverkno-impregnaciona ili porfirska ležišta molibdena u Srbiji pripadaju grupi kvarc-monconitskih ležišta molibdena, odnosno granodioritskom molibdenitskom sistemu sa niskim sadržajem fluora , a time i niskim koeficijentom HF/HCl i indeksom $K_{57.5} = 2.7$ na Kopaonoku i 3 na Boranji i Besnoj Kobili (tabele 34). Najniži indeks $K_{57.5}$ imaju magmati Leca (2.3). Obrazovana su u aktiviziranim delovima ploča i imaju dosta sličnosti sa porfirskim ležištima bakra kordiljerskog (andskog) tipa (M e t s c h l e r & W r i g h t, 1981).

Porfirska ležišta bakra i molibdena u Borskoj metalogenetskoj zoni prema gore navedenim parametrima obrazovana su u zoni lateralnog širenja kontinenata, riftne zone, a prema petrohemijskim karakteristikama magma za koju su vezana (alkalna i alkalno-kalcijska serija), odlikuje se niskim sadržajem silicije, molibdena i fluora, a povećanim sadržajem magnezije, kalcije, aluminije i gvožđa u odnosu na slična ležišta u svetu. Indeks $K_{57.5}$ za magmate Borske metalogenetske zone kreće se od 0.6 – 5, prosečno 2.5. Imajući u vidu ovakav petrohemijski sastav magmata Borske metalogenetske zone, za koje je genetski vezana Cu-Mo mineralizacija, mogli bi zaključiti da se u pogledu sadržaja molibdena ne mogu očekivati neki spektakularni rezultati.

U domenu metalogenetske zone Besna Kobila, odnosno na prostoru Surduličkog granodioritskog masiva i njegovog oboda poznato je više ležišta i pojava molibdena od kojih je najznačajnije ležište Mačkatica i Borovik u rudnom polju Mačkatice. Ležište molibdena Mačkatica, koje je u sastav ovog kompleksa, prema broju rudnih tela i njihovim dimenzijama spada u značajno ležište ne samo u Srbiji i Evropi, već i u svetu. Pored ležišta i pojava u rudnom polju Mačkatice, molibdenske mineralizacije javljaju se i na Brodu severno od Crne Trave, zatim na području Surdulice (Masurička i Romanovska reka), Krive Feje i Starog i Novog Gloga na krajnjem jugu ovog prostranog masiva. Sve ove pojave su malog ekonomskog značaja zbog malih rezervi i neznatnog rasprostranjenja.

Ležišta i pojave molibdena u ovoj rudonosnoj zoni ma koliko različita u pojedinostima, po načinu pojavljivanja i po stenama u kojima se nalaze, genetski su vezana za dacitsko-andezitske stene oligocenske starosti, koji probijaju metemorfite Vlasinskog kompleksa i granodiorite. Mo-mineralizacija je deponovana u hidrotermalno izmenjenim (silifikovanim, sericitisanim, K-feldspatiziranim) dacitima i škriljcima i na njihovom kontaktu, ređe u granodioritima. Opšti način pojavljivanja orudnjenih masa u stenama, koje izgrađuju ove terene, prvenstveno je uslovljen prerudnom tektonikom, uglavnom veličinom i širinom razloma i razlomnih zona. Tamo gde je polomljenost stenskih masa veća, gde su pukotine i prsline guste i izukrštane, formirana su štokverkna rudna tela sa impregnacijama u prostoru između žica. Na mestima gde su pukotine usamljene, ili jače razmaknute, razvile su se tipične rudne žice veće ili manje moćnosti.

Na osnovu rezultata dosadašnjih istraživanja u rudnom polju Mačkatice date su rudne rezerve Mo-rude u tabeli 38. U okviru ovih rudnih rezervi mogu se izdvojiti pojedina rudna tela sa znatno većim sadržajem (do 0,2% Mo). Prognozne rezerve D_1 kategorije u rudnom polju Mačkatice prema prospekcijsko-geološkim radovima, geohemijskim anomalijama i brojnim rudnim pojavama, su sigurno znatno veće.

Tabela 38. *Rezerve rude molibdena u rudnom polju Mačkatice*
Table 38. *Rezerves of molybdenum ore in the Mačkatica ore field*

Ležište	Rezerve $B+C_1$ kategorije	Sadržaj Mo%	Metala u t	Rezerve C_2 kategorije	Sadržaj Mo%	Metala u t
Mačkatica (staro rudište u Popovoj dolini)	25.156.921	0.091	22.893	10.000.000	0.091	9.100
Borovik	13.554.000	0.055	7.455	57.544.000	0.05	28.772
Ostale pojave u rudnom polju Mačkatice	-	-	-	15.000.000	0.06	9.000
Svega	38.710.921	0.0784	30.348	82.544.000	0.056	46.872
SVEUKUPNO $B+C_1+C_2$				121.254.921	0.0638	77.220

Rudne rezerve na Mačkatici prema svim dosadašnjim tehno-ekonomskim analizama su vanbilansne, odnosno zbog niskog sadržaja molibdena, ne može se vršiti ekonomična eksploatacija Mo-rude ovih ležišta sa postojećim tržišnim cenama koncentrata molibdena.

U koncentratu molibdenita Mačkatice ima oko 150 g/t Re. U molibdenskoj rudi na Mačkatici, bakar je zastupljen vrlo niskim vrednostima sadržaja (40-50 ppm). Sadržaj volframa je takođe nizak i u najbogatijim rudnim telima ("A") ne prelazi vrednosti 0,026% WO_3. Sadržaj zlata je oko 0,02 g/t.

Ostale pojave u Srbiji, u okviru Srpsko-Makedoncske metalogenetske provincije, koje su do sada preliminarno istraživane kontaktna zona Boranje (Rudni potok) i Kopaonika (Gvozdac, Duboka, Čajetina), kao i žične pojave u zoni Besne Kobile i porfirske Cu-mineralizacije u Leckom masivu zaslužuju manje pažnje zbog malog rasprostranjenja i rezervi.

Molibden u Karpato Balkanidima Istočne Srbije, javlja se u vidu kvarc-molibdenitskih žica, kvarc-molibdenitsko-uranskih žica i u porfirskim ležištima bakra u Borskoj metalogenetskoj zoni, kao prateći element.

Kvarc-molibdenitske žice u asocijaciji sa šelitom, javljaju se u Gornjanskom granodioritskom masivu na lokalitetima Perin potok, Veliki i Mali Gabar i Luke, i s obzirom da su retke, usamljene i da se javljaju na relativno malom prostoru u ekonomskom pogledu su bez značaja.

Molibdenitsko–uranske pojave u području Aldinac-Repušnici, u celini gledano, zbog malog rasprostranjenja i neznatnih rezervi imaju više mineraloški, nego praktični (ekomomski) značaj.

Najveće koncenntracije molibdena u Karpato-Balkanidima Istočne Srbije nalaze se u Borskoj metalogenetskoj zoni u porfirskim ležištima bakra. Iako su sadržaji molibdena u porfirskim ležištima bakra Borske metalogenetske zone niski, odnosno javljaju se kao prateći element sa promenljivim sadržajem, najčešće oko

30-40 g/t, retko 100 g/t, zbog velikih rezervi bakarne rude, količine molibdena su velike. U toku flotacijskog obogaćenja bakra, deo molibdena prelazi u koncentrat bakra i dostiže sadržaj od 400-600 g/t (V r a č a r i dr., 1974).

***Tabela 39**. Rezerve rude bakra i molibdena u Borskoj metalogenetskoj zoni*
***Table 39.** Rezerves of kopper and molybdenum ore in the Bor metalogenic zone*

Rudnik-ležište	Srednji sadržaj metala %				Količina metala u t		Količina rude u t	Granič. sadr. Cu %
	Cu	Mo	Au	Ag	Cu	Mo		
Bor-jama	0.774	-	0.160	1.086	244.000	-	31.497.000	0.4
Veliki krivelj	0.351	0.0043	0.068	0.400	1.830.000	22.447	522.031.000	0.2
Mali Krivelj-Cerova	0.320	0.0030	0.096	0.997	992.000	9.373	312.449.000	0.2
Majdanpek	0.324	0.0060	0.212	1.498	2.027.000	37.526	625.431.000	0.1-0.2
Čoka Marin	0.915	-	2.882	18.760	18.800	-	2.060.000	0.2
Bor-Borska reka	0.618	0.0035	0.235	1.915	3.645.400	20.648	589.942.000	0.3
UKUPNO:	0.420	0.0043	0.167	1.277	8.757.200	89.994	2.083.410.000	

***Izvor podataka:** Mineralno sirovinski kompleks Srbije i Crne Gore na razmeđu dva milenijuma, urednik, Vujić S., Rud.-geol. Fak., str 632, Beograd, 2003.*

***Source of records:** Mineral natural complex of Serbia and Montenegro of the crossings of two millenniums, ed. Vujić S., Mining-Geol. Fac., p. 632, Belgrad, 2003.*

Rezerve rude bakra, geološke i eksploatacione, prema sadašnjem stepenu istraženosti date su u tabeli 39, odakle se može sagledati potencijalnost borske metalogenetske zone u pogledu Cu, Mo, Au i Ag.

Na osnovu gornje tabele može se konstatovati da je sadržaj bakra i pratećih elemenata u Borskoj metalogenetskoj zoni nizak, u odnosu na većinu ležišta istog tipa u svetu, pogotovu pratećih elemenata (Mo, Au. Ag. Re, Pt, Pd i dr.) sa tendencijom daljeg pada kvaliteteta, odnosno osiromašenja tokom eksploatacije. Sadržaj molibdena u porfirskim ležištima u svetu varira od 70 do 350 g/t i više, (tabela 5).Treba napomenuti da tabelom nisu obuhvaćena porfirska ležišta Dumitri Potok i Valja Strž, gde se rezerve procenjuju na više stotina miliona bakarne rude, sa oko 0.2 % Cu i niskim sadržajem molibdena.

Optimistička procena perspektivnosti Borske metalogenetske zone zasniva se na činjenici, da je u tome prostoru, a u vezi sa gonjokrednom magmom, već identifikovana mineralizacija bakra koja je donela oko 20 miliona tona bakra i preko 1000 tona zlata sadržanih u toj mineralizaciji. Samo u zoni između Bora i Cerove, deponovano je u rudnoj mineralizaciji oko 12 miliona tona bakra, što ukazuje na veoma visoku ptoduktivnost matičnih kalko-alkalnih magmi toga prostora u pogledu bakra i zlata. A svi prostori u kojima je utiskivana magma još uvek nisu ispitani i istraženi.

Proizvodnja molibdenovog koncentrata iz porfirskih ležišta u Borekoj metalogenetskoj zoni, zavisiće od sudbine proizvodnje bakra, odnosno pronalaženja efikasnih flotacijskih postupaka (metoda) za izdvajanje koncentrata molibdenita. Dosadašnja ispitivanja u laboratorijskim i poluindustrijskim razmerama su pokazala da je to moguće, pa se nadamo da će se steći tehnički, materijalni i drugi uslovi za valorizaciju molibdena iz ovih ruda.

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Razmeštaj rudnih ležišta i pojava molibdena na teritoriji Srbije u prostoru i vremenu, u tesnoj je vezi sa ukupnom geološkom evolucijom sredina u kojima su ona nastala. Teritorija Srbije južno od Save i Dunava podeljena je na četiri metalogenetske provincije, a ove na niz jedinica nižeg ranga (oblasti, zone, reone): (a) - U severoistočnom delu Srbije dakijska metalogenetska provoncija; (b) - U Istočnom delu Srbije Karpato-balkanska metalogenetska provincija, (c) - U centralnom delu Srpsko-makedonska metalogenetska provincija i (d) - Dinarska metalogenetska provincija u jugozapadnom delu Srbije. Svaka od navedenih jedinica odlikuje se karakterističnom geološkom građom i strukturnim sklopom kao i specifičnim rudnim formacijama, što je u tesnoj vezi sa geološkom evolucijom. Postojanje karakterističnih rudnih formacija na teritoriji Srbije, čini osnovnu predpostavku regionalnog prognoziranja metalonosnih resursa, odnosno većine metala pa i molibdena. Završni periodi formiranja Karpato-balkanske i Srpsko-makedonske metalogenetske provincije u kredno-tercijarnom vremenu omogućili su stvaranje najvećeg broja metaličnih ležišta ekonomskog značaja, među njima i molibdena.

Za molibdenska ležišta i pojave u Srbiji od posebnog interesa su rudna ležišta koja su nastala u riftnim strukturama, obrazovanim iznad subdukcione zone okeanske litosfere (Tetijski evroazijski metalogenetski pojas), a ispunjena vulkanogenim, vulkanogeno-sedimentnim i plutonskim kompleksima (Borska i Ridanjsko-krepoljinska metalogenetska zona), gde se molibden javlja kao prateća komponenta u porfirskim bakarnim ležištima, i rudna ležišta vezana sa sudarima kontinenata Evrope i Afrike i pratećim tektono-magmatskim procesima (rudna ležišta i pojave u Srpsko-makedonskoj masi i Vardarskoj zoni).

Kao rezultat sudara kontinentalnih ploča, pored zadebljanja Zemljine kore, dolazi do zagrevanja duž kontakta pod uticajem međusobnog trenja ploča i dejstva toplotnih tokova koji dolaze iz gornjeg omotača. Usled tih procesa dolazi do delimičnog topljenja dubokih delova kontinentalne kore i obrazovanja granitnih i granodioritskih magmi (magme krustalnog porekla) iznad zone zadebljanja Zemljine kore. Te magme se izdižu naviše u smeru smanjenog pritiska. Za ovaj magmatizam bitno je da se javlja iznad zona zadebljanja Zemljine kore, tj. u istim zonama gde se javlja ofiolitski melanž ili u čeonim delovima povlatnog kontinentalnog bloka.

Prema petrohemijskim karakteristikama magmatski kompleksi nastali u našim i susednim terenima duž sudara Afričkog i Evropskog kontinenta, pripadaju kalko-alkalnim, kalko-alkalnim serijama sa visokim K i manjim delom alkalnim serijama. Prve dve pomenute serije sastoje se od niza diferencijata na čijem jednom kraju se nalaze bazalti, a na drugom rioliti, ali daleko preovlađuju dacito-andeziti. Među alkalnim stenama, najšire rasprostranjenje imaju kvarclatiti i latiti, dok su

trahiti i leuciti poznati samo lokalno. U celini gledano, sve stene se odlikuju izvesnim povećanjem sadržaja kalije, što je posebno izraženo u mlađim produktima (kalijske bazaltoidne stene).

Magmatski komplksi se obično nalaze na regionalnim zonama razlamanja (dubinski razlomi), često vezani sa strukturama svodova koje prate front sudara kontinenata. Na prostoru Srbije i susednim terenima može da se izdvoji nekoliko zona razlamanja duž kojih se nalaze terecijarni vulkanogeno-plutonski kompleksi nastali u domenu sudara Evropskog i Afričkog kontinenta: zapadna zona Cer, Boranja, Srebrenica, središna zona od Fruške Gore pa do južnog Kopaonika i Ajvalije, zona Lece-Zletovo-Halkidiki i Besna Kobila-Osogovo-Tasos.

Tercijarni magmati su redovno predstavljeni granodioritima do kvarcmonconitima, kao plutonskim facijama, obrazovanim iz magmi u vidu, uglavnom, plitkih intruzija, i andezitima, dacitima i kvarclatitima, kao vulkanskim predstavnicima. Njihov petrološki karakter ne pokazuje pri tome razlike. Sa ovim vulkano-intruzivnim kompleksima, nastalim u periodu eocen-oligocen do pliocena prostorno i genetski (paragenetski) su povezana značajna Pb, Zn, Sb, Mo i druga ležišta.

Magmatski kompleksi vezani sa subdukcionim sredinama obuhvataju vulkanite i plutonite. Vulkanske serije se po sastavu menjaju od toleitskih bazalta i bazaltnih andezita i andezita do dacita i retko riolita. Intruzivna plutonska tela, obrazovana višestrukim utiskivanjem, po sastavu se menjaju od gabra preko diorita i tonalita do granodiorita i granita sa dominantnim udelom intermedijarnih stena.

Među ležištima koja su genetski vezana sa kalko-alkalnim i pratećim magmatskim kompleksima, obrazovanim iznad subdukcione zone okeanske litosfere (Borska i Ridanjsko-Krepoljhinska metalogenetska zona), preovlađuju ležišta bakra i zlata sa pratećim elementima Fe, Ag, As, Ge, Mo, Se i dr., kao i lokalne koncentracije Pb i Zn. Znači molibden ne gradi sopstvena ležišta, već se javlja kao prateći element u porfirskim ležištima bakra.

Prema mineralnom sastavu, uslovima stvaranja i načinu razmeštaja rudne mineralizacije u stenama, mogu se izdvojiti sledeći genetski tipovi orudnjenja i mineralne parageneze molibdena vezane za kalko-alkalne magmatske komplekse: skarnovski i hidrotermalni.

Skarnovska ležišta i pojave molibdena su malobrojna na prostoru Srbije. Ovom tipu orudnjenja pripadaju molibdenske mineralizacije u kontaktnoj oreoli granitoida Kopaonika (Gvozdac, Duboka, Čajetina) i Boranje.

Hidrotermalna ležišta molibdena su mnogo značajnija od skarnovskih ležišta. Stvarana su u visokotemperaturnim do mezotermalnim uslovima. Među hidrotermalnim ležištima i pojavama mogu se izdvojiti: Hidrotermalna ležišta bakra porfirskog tipa, hidrotermalna štokverkno-impregnaciona (porfirska) i žična ležišta i pojave molibdena.

Hidrotermalnim ležištima bakra porfirskog tipa pripadaju Majdanpek, Veliki Krivelj, Dumitri potok, Cerova, Borska reka i dr., u Borskoj metalogenetskoj zoni sa raspršenim koncentracijama molibdena (0,003-0,01% Mo). Ekstrakcija

molibdena nije do sada vršena zbog nepovoljnog rasporeda tih koncentracija u odnosu na bakar.

Porfirskom tipu orudnjenja pripadaju i Cu-Mo mineralizacije na Krivoj Feji i Novom Glogu u metalogenetskoj zoni Besna Kobila, i Cu mineralizacije u Leckom andezitskom masivu.

Hidrotermalno-štokverkno-impregnacioni (porfirski) tip orudnjenja molibdenita u ekonomskom pogledu je najznačajniji. Ovom tipu pripada ležište Mačkatica i Borovik i druge pojave u rudnom polju Mačkatice, kao i pojedine pojave u kontaktnoj oreoli Boranje.

Hidrotermalno-žična ležišta molibdena, genetski su vezana sa kiselim i srednjekiselim magmatskim kompleksima. Prema mineralnom sastavu to su uglavnom, kvarc-molibdenitske i molibdenitsko-šelitske žice u kojima se kao prateći minerali zapažaju sulfidi bakra, pirit, pirotin, a ponekad i minerali urana. Ovom tipu orudnjenja pripadaju Mo-mineralzacije u Starom Glogu i Prveneku, delom u Romanovskoj i Masuričkoj reci (Surdulički eruptivni masiv), zatim u hercinskim granitoidima u Istočjnoj Srbiji (Tande, Luke) i molibdensko-kvarcne žice sa visokom radioaktivnošću u području Aldinac-Repušnica (Stara Planina).

Prema sadašnjem poznavanju geoloških prilika u Srbiji mineralizacije molibdena pripadaju hercinskoj (graniti Istočne Srbije) i alpskoj metalogenetskoj epohi (porfirska ležišta bakra u Borskoj metalogenetskoj zoni) i tercijarna, oligo-miocenska, ležišta molibdena u Srpsko-makedonskoj metalogenetskoj provinciji, odnosno Srpsko-makedonskoj masi i Vardarskoj zoni. Ocena mineralne potencijalnosti pojedinih metalogenetskih jedinica, zasnovana je na metalogenetskim obeležjima sitnijih jedinica iskazanih kroz očekivane, odnosno moguće količine metala u njima.

Za Srpsko-makedonsku metalogenetsku provinciju je karakteristična tercijarna metalogenija, odnosno ležišta i pojave genetski vezani sa tercijarnim subvulkansko-hipoabisalnim intruzijama kalko-alkalne magme. Osnovne regionalne kontrolne faktore razmeštaja rudonosnih područja i magmatskih kompleksa predstavljaju duboke razlomne zone, dislocirane u krupnim geotektonskim jedinicama: **Srpsko-makedonskoj masi i Vardarskoj zoni**. U vezi sa tercijarnim vulkano-intruzivnim kompleksima su formirana brojna hidrotermalna i skarnovska ležišta i pojave metaličnih mineralnih sirovina, u prvom redu olovo-cinka i antimona, a zatim molibdena, bakra, volframa, mangana, zlata, srebra, bizmuta i dr.

Srpsko-makedonska masa (SMM) predstavlja značajnu geotektonsku jedinicu u građi Balkanskog poluostrva, smeštenu između Karpato-Balkanida na istoku i Vardarske zone na Zapadu. Opšta orijentacija ovog kristalastog jezgra je SSZ-JJI, koji se na severu proteže do Beograda (dalje maskiran panonskim sedimentima), a na jugu preko Makedonije kontinuirano se produžava u Severnu Grčku do Halkidika gde tone u Egejsko more. Osnovno obeležje SMM ogleda se u kristalastoj građi, gde su zastupljene prekambrijske, rifeokambrijske i paleozojske metamorfne stene. Pored metamorfita u građi učestvuju još različiti tipovi sedimentnih i magmatskih stena.

Posebno značajni, sa aspekta metalogenije su tercijarni vulkano-intruzivni kompleksi, koji su produkti neogenih tektono-magmatskih procesa. Oni su generalno u JI Srbiji raspoređeni u dve metalogenetske zone: zapadna zona Lece-Bujanovac-Zletovo-Halkidik i istočna zona Besna Kobila-Osogovo-Tasos. Za metalogeniju molibdena od posebnog interesa, u području SMM, je metalogenetska zona Besna Kobila.

Metalogenetska oblast ili zona Besna Kobila predstavlja, potencijalno, jedan od najpoznatijih izvora Pb-Zn i Mo ruda u Srbiji. Prostorno rudna ležišta Pb-Zn i Mo nalaze se pretežno u kristalastim škriljcima, ali i u vulkano-intruzivnim kompleksima tercijarne granodioritske magme. U razmeštaju mineralnih parageneza ogleda se izvesna zonalnost. U severnom delu zone preovlađuje olovo i cink, da bi nešto južnije došlo do razvoja molibdena praćenog volframom i bakrom uz lokalno pojavljivanje Pb-Zn mineralizacije. U središnjim i južnim delovima metalogenetske zone dominiraju olovo i cink praćeni sa neznatnim udelom bakra i molibdena. Ta tendencija će se zadržati i u Makedoniji sa lokalnim obogaćivanjem srebra i pojavom malih ležišta antimona.

Metalogenetska zona Besna Kobila počinje jugoistočno od Leskovca pa se preko Mačkatice, Surdulice, Besne Kobile, pruža prema Karamanici, nastavljajući se prema Osogovu u Makedoniji i dalje na jugoistok u Grčkoj gde tone u Egejsko more. Zauzima središnje i istočne delove SMM i po pravcu pružanja saglasna je sa graničnim dubinskim dislokacijama ove mase. Prosečna širina iznosi 15-20 km, a po pružanju se može pratiti preko 300 km.

Osnovu terena metalogenetske zone čine metamorfiti Vlasinskog kompleksa u koje su utisnute veće ili manje mase paleozojskih i trijaskih granitoidnih tela i intruzivno-vulkanski kompleks stena tercijarne starosti.

Tercijarni magmatski kompleksi predstavljeni su vulkansko-plutonskim stenama. Od plutonita preovlađuju granodioriti Surdulice i graniti Crnooka i oni čine 80-90% od ukupno otkrivenih masa, pri čemu najveći deo pripada Surduličkim granodioritima. Za razliku od većine drugih delova Srbije u zoni Besne Kobile, granitoidni kompleksi su stariji od vulkanita. U metalogenetskom i ekonomskom pogledu neogeni magmatski kompleksi zone Besna Kobila su veoma značajni, zbog velikih olovo-cinkovih i molibdenskih ležišta.

Surdulički granodioritski masiv ima izdužen oblik u pravcu S-J i predstavlja jednu od većih masa u Srbiji. Površina masiva je oko 220 km^2, širina je oko 11 km, a dužina preko 25 km. Ovaj granodioritski masiv koji je duboko erodovan, zahvata prostor od Surdulice na severu, do Petrove Gore na jugu, stim što se i na severu i na jugu plutona zapažaju porfirski očvrsli varijeteti koji su severno od reke Vrle svrstani u dacite, a na jugu masiva oko Novog Gloga i Stajevca u kvarclatite i dacite. Pretežno je izgrađen od srednjezrnih do krupnozrnih granodiorita i monconitgranita koji čine osnovu masiva, i predstavljaju glavnu intruzivnu faciju granodioritske magme.

Na području Surduličkog eruptivnog masiva i njegovog oboda poznato je više ležišta i pojava molibdena od kojih je najznačajnije ležište Mačkatica. Ležište molibdena Mačkatica, koje je u sastav ovog kompleksa, prema broju rudnih tela i

njihovim dimenzijama spada u značajna ležišta ne samo u Srbiji i Evropi, već i u svetu. Pored Mačkatice, molibdenske mineralizacije javljaju se na Brodu severno od Crne Trave, zatim na području Surdulice (Masurička i Romanovska reka), Krive Feje i Starog i Novog Gloga na krajnjem jugu ovog prostranog masiva.

Ležišta i pojave molibdena u ovoj rudonosnoj zoni ma koliko različita u pojedinostima, po načinu pojavljivanja i po stenama u kojima se nalaze, genetski su vezana za dacitsko-andezitske stene oligocenske starosti, koji probijaju metemorfite Vlasinskog kompleksa. Mo-mineralizacija je deponovana u hidrotermalno izmenjenim (silifikovanim, sericitisanim, K-feldspatiziranim) dacitima i škriljcima i na njihovom kontaktu, ređe u granodioritima. Opšti način pojavljivanja orudnjenih masa u stenama, koje izgrađuju ove terene, prvenstveno je uslovljen prerudnom tektonikom, uglavnom veličinom i širinom razloma i razlomnih zona. Tamo gde je polomljenost stenskih masa veća, gde su pukotine i prsline guste i izukrštane, formirana su štokverkna rudna tela sa impregnacijama u prostoru između žica. Na mestima gde su pukotine usamljene, ili jače razmaknute, razvile su se tipične rudne žice veće ili manje debljine.

Pojave molibdena na području Surduličkog eruptivnog masiva mogu se svrstati u sledeće grupe: hidrotermalno štokverkno-impregnacioni tip mineralizacije koga karakterišu velike razmere orudnjenja i nizak sadržaj molibdena, srednje ispod 0,1% Mo. Ovom tipu orudnjenja pripada ležište Mačkatica i Borovik. Drugi tip orudnjenja čine hidrotermalne kvarc-molibdenitske žice malih razmera i debljine ispod 0,5 m (Stari Glog, delom Masurička i Romanovska reka), ali sa visokim sadržajem molibdena (0,65-4,5% Mo). I na kraju porfirski tip orudnjenja Cu-Mo otkriven na Krivoj Feji i Novom Glogu u egzokontaktnom delu granodiorita, odnosno kvarcmonconit-porfirita, sa niskim sadržajem molibdena (do 0,07% Mo) i bakra (do 0.1%) i malim rezervama.

Molibdensko rudno polje Mačkatica nalazi se oko 7 km SI od Surdulice u planinskom kompleksu Čemernika (k.1638) i zahvata površinu od oko 30 km^2. U rudnom polju Mačkatice svojim značajem se ističe istoimeno ležište molibdena u Popovoj dolini i ležište Borovik na Boroviku. Pored ležišta Mačkatica i Borovika molibdenske mineralizacije poznate su i u drugim lokalnostima rudnog polja: Kućišnjak, Pavlova, Meča, Mamutova, Malikina i Groznatova dolina, Troskački i Đokanov potok, Gavranica i dr.

U geološkoj građi rudnog polja učestvuju kristalasti škriljci Vlasinskog kompleksa i tercijarne magmatske stene među kojima su najzastupljeniji daciti. Od kristalastih škriljaca najveće rasprostranjenje imaju muskovitski i albit-muskovitski škriljci rifejsko-kambrijske starosti. Osnovni ton strukturnoj građi rudnog polja Mačkatice daje rupturna tektonika. Razlomne zone predstavljaju, zajedno sa litološkim i magmatskim, veoma značajne i glavne kontrolne faktore prostornog razmeštaja Mo-mineralizacija. To su brojni uzdužni, poprečni i dijagonalni razlomi, čija je aktivnost više puta obnavljana. Na površini se manifestuju preko proboja mlađih magmata, hidrotermalnih promena, rudnih pojava, gvozdenih šešira i dr.

Mineralizacija molibdena je deponovana u litološki različitim sredinama, odnosno u hidrotermalno izmenjenim dacitima, na kontaktu dacita i škriljaca i u škriljcima i kvarcitima koji su uklopljeni unutar dacita. Pripada štokverkno-impregnacionom tipu orudnjenja i u tesnoj je vezi sa silifikacijom, sericitizacijom i K-feldspatizacijom. Hidrotermalne izmenjene zone, odnosno orudnjene zone karakteriše nizak sadržaj Na_2O i povećan sadržaj K_2O i visok koeficijent K_2O/Na_2O.

Mo-mineralizacija u rudnom polju Mačkatice javlja se u svim rudnim telima i orudnjenim zonama skoro na isti način. Gusti spletovi vrlo tankih žica i žilica kvarca sa piritom i molibdenitom, provlače se kroz tektonski predisponirane zone pružanja skoro I-Z. Ukoliko je prerudna tektonika više i potpunije polomila stensku masu utoliko je ona bila povoljnija sredina za orudnjavanje. Granice rudnih tela prema okolnim stenama nisu oštre već postupne i izvučene su, uglavnom, na osnovu hemijskih analiza.

Molimbdenska rudna tela imaju najčešće izdužen, sočivast oblik sa pružanjem I-Z do ZSZ-IJI, retko nepravilan i izometričan, sa slabije naglašenom tendencijom pada prema severu i SSI. Pružanje pojedinih rudnih tela iznosi 100-350 m, sa zaleganjem po dubini preko 250 m i maksimalnom debljinom oko 250 m. Površina pojedinih rudnih tela kreće se preko 20.000 m^2.

Mineralni sastav Mo-rude na Mačkatici je jednostavan. Kvarc, pirit i molibdenit su osnovne mineralne komponente, a javljaju se ili udruženi u složene, ili obrazuju monomineralne žice. Čisto molibdenitske žice su najređe, dok su kvarcne najčešće. Navedene minerale prate neznatne koncentracije halkopirita, hematita, šelita, sfalerita, galenita i retko volframita. Šelit je u Mo-orudnjenju Mačkatice dosta ekstenzivan, ali je intenzitet njegovog poljavljivanja mali, što se odražava i na sadržaj WO_3. Molibdenski oker zajedno sa limonitom je dosta čest u oksidacionoj zoni. U oksidacionoj zoni javlja se i malahit, dok su halkozin, bornit i kovelin javljaju samo u tragovima.

Molimbdenit u rudnim telima Mačkatice javlja se na više načina: (a) leži u steni u obliku vrlo tankih isključivo molibdenitskih žica, takve žice su dosta retke, ali sadrže veće količine čistog molibdenita, (b) molibdenit je koncentrisan na solbandama mešovitih žica (najčešće sa kvarcom) u vidu ljuspica debljine, uglavnom, ispod 1 mm (najveća količina molibdenita na Mačkatici javlja se u ovom obliku), (c) molibdenit je mestimično prodro dublje u stenu u vidu gušće ili ređe uprskanih zrna - impregnacija. Zrnasti molibdenit prati šupljikave i grubozrne delove stena.

Ovako različit način plasiranja molibdenita u orudnjenim stenama ima velikog uticaja na kvalitet rude, jer od njih umnogome zavisi procenat iskorišćenja pri flotiranju.

Na osnovu dosadašnjih istraživanja rudne rezerve Mo-rude u rudnom polju Mačkatice iznose, oko 120 miliona tona sa 0.06% Mo, odnosno 0.106% MoS_2 (tabela 38). U okviru ovih rudnih rezervi mogu se izdvojiti pojedina rudne tela sa znatno većim sadržajem (do 0,2% Mo). Prognozne rezerve D_1 kategorije u rudnom

polju Mačkatice prema prospekcijsko-geološkim radovima, geohemijskim anomalijama i brojnim rudnim pojavama, su sigurno znatno veće.

Rudne rezerve na Mačkatici prema svim dosadašnjim tehno-ekonomskim analizama su vanbilansne, odnosno ne može se vršiti ekonomična eksploatacija Mo-rude ovih ležišta sa postojećim tržišnim cenama koncentrata molibdena.

U koncentratu molibdenita Mačkatice ima oko 150 g/t Re. U molibdenskoj rudi na Mačkatici, bakar je zastupljen vrlo niskim vrednostima sadržaja (40-50 ppm). Sadržaj volframa je takođe nizak i u najbogatijim rudnim telima ("A") ne prelazi vrednosti 0,026% WO_3. Sadržaj zlata je oko 0,02 g/t.

U metalogenetskoj zoni Besna Kobila, odnosno na području Surduličkog granodioritskog masiva i njegovog oboda, pored rudnog polja Mačkatice, poznato je više pojava Mo-mineralizacija koje se javljaju počev od Broda, severno od Crne Trave, zatim u području Surdulice, Krive Feje i Starog i Novog Gloga.

Pojave molibdenita na **Brodu,** nalaze se u Belčinskom potoku u domenu sela Rašane, u zoni intenzivno silifikovanih i kaolinisanih dacita u vidu retkih kvarcnih žica debljine 5-10 cm. Kvarcne žice se sastoje od krupnokristalastog kvarca, pirita, ljuspastog molibdenita i halkopirita. Sadržaj molibdena u kvarcnim žicama, kreće se u širokom intervalu od 0,02 - 0,8% Mo, a bakra 0,01 - 0,1% Cu.

U području **Surdulica - Masurička reka** registrovano je više molibdenskih i volframovih pojava u domenu Ćurkovica - Studenički potok, Masuričke i Romanovske reke. Mo-mineralizacija se javlja najčešće u hidrotermalno izmenjenim granodioritima u blizini malih dacitskih proboja. Mo kao i W-mineralizacije vezane su za tektonske zone, nekad znatne moćnosti (100-200 m), pružanja ISI-ZJZ. Radi se uglavnom o žičnim kvarc-molibdenitskim i žiličasto-impregnacionim mineralizacijama malih dimenzija i niskog sadržaja, kako molibdena tako i volframa. Na lokalnosti Ćurkovica - Studenički potok u jednoj tektonskoj zoni moćnosti 100-200 m pružanja skoro I-Z, konstatovana je ekstenzivna žiličasto-impregnaciona Mo-mineralizacija u kojoj je izdvojeno 10 intervala debljine 0,5 do 1,7 m sa sadržajem 0,02-0,13% Mo. Pojave volframa u Studeničkom potoku koje se javljaju u vidu pojedinačnih šelitskih žilica ili zona debljine do 7 m imaju sadržaj 0,05 - 0,15% WO_3.

U slivu **Romanovske reke** mnogo češće su pojave W nego Mo. Rudne mineralizacije kako W tako i Mo javljaju se u većem broju u Donjim Romanovcima odnosno u Lokvanjskom potoku na brdu Pričel i u srednjem toku Romanovske reke. Mineralizacije se javljaju duž razlomnih zona pružanja ZSZ-IJI do SZ-JI u hidrotermalno izmenjenim, limonitisanim, silifikovanim i piritisanim zonama u granodioritu debljine do 10 m. Sadržaj molibdena se kreće do 0,1% Mo, a volframa maksimalno do 0,07% WO_3.

U domenu **Masuričke reke**, na prostoru Opaleničkog rida i Koštinjaka, Mo-mineralizacije imaju slično pojavljivanje kao i na prethodnom lokalitetu. Molibdenit se javlja u vidu žilica i impregnacija u domenu malih dacitskih proboja u granodioritu, koji je silifikovan, mestimično kataklaziran i piritisan. Sadržaj molibdena se kreće od 0,03-0,1%, a bakra od 0.02-0.1%.

Mo-Cu mineralizacija na Krivoj Feji, lokalizovana u domenu Crnovrške i Gornje reke, pripada porfirskom tipu orudnjenja i uglavnom je vezana za hidrotermalno izmenjene porfiroidne varijetete granitoidne magme (granodioritporfirite, kvarcmonconitporfirite i dr.). Mineralizacija Cu-Mo, žiličasto-impregnacionog tipa, na Krivoj Feji izgrađena je od pirita, magnetita, halkopirita, molibdenita, kvarca i ređe kalcita.

Srednji sadržaj bakra varira od 0,04-0,08%, a molibdena od 20-80 ppm. Sadržaji zlata i srebra, elemenata karakterističnim za ovaj tip mineralizacije, kreću se u sledećim relacijama: Au=0,02-1.31 g/t, Ag=0,2-6 g/t.

Na prostoru **Crnog vrha, kod Starog Gloga i Prvoneka** ima više pojava molibdenita. Molibdenit se javlja u kvarcnim žicama čija debljina varira, najčešće, između 5 i 10 cm, maksimalno 40 cm. Na salbandama kvarcnih žica leže tanke prevlake molibdenita. Te su žice retke i usamljene i zbog toga, iako bogate molibdenitom, malog su ekonomskog značaja. Mo-mineralizacija genetski je vezana za dacite koji probijaju kristalaste škriljce, a delom i granodiorite. Na ovim rudnim pojavama pre Drugog svetskog rata, urađeni su kraći potkopi. Prema sačuvanim dokumentima, analize su pokazale, da se sadržaj Mo koleba od 1% do 4,5%, minimalno 0,65%. Pored molibdena, na nekim lokalnostima (dolina Tanka Rtina), registrovan je i visok sadržaj zlata 3 g/t i Ag - 11,9 g/t.

Nešto južnije od Starog Gloga, na prostoru **Novog Gloga** u levoj pritoci Male reke i izvorišnom delu Petrogorskog potoka ima više pojava molibdena i bakra. Mo-Cu mineralizaciju prati silifikacija, piritizacija i K-feldspatizacija nešto slabije biotitizacija i sericitizacija. Molibdenit i halkopirit zajedno sa kvarcom i piritom se javljaju najčešće u vidu žica i prevlaka duž pukotina i prslina različitog pružanja i pada, a ređe kao pojedinačna zrna i nagomilanja.

Najpovoljniji rezultati na bakar i molibden dobijeni su u Maloj reci gde je registrovana siromašna mineralizacija žiličasto-impregnacionog, porfirskog tipa sa sadržajima Mo od 0,025 - 0,07%, odnosno 0,047 - 0,15% Cu. Slična pojavljivanja imaju i mineralizacije Mo-Cu u izvorišnom delu Petrogorskog potoka.

U Leckom andezitskom kompleksu ili u njegovoj neposrednoj blizini poznate su brojne pojave hidrotermalne mineralizacije Pb, Zn, Cu i Au. Povišene koncentracije bakra i zlata sa niskim sadržajem molibdena predstavljaju osobenosti ovoga prostora u odnosu na druga olovo-cinkova ležištana nastala u vezi sa hidrotermalnim rastvorima koji su pratili neogenu magmatsku aktivnost u Srpsko-makedonskoj metalogenetskoj provinciji.

Prema morfostrikturnim karakteristikama mineralizovanih prostora u Leckom eruptivnom kompleksu mogu da se izdvoje kvarcno-brečaste zone, žični tip rudne mineralizacije i štokverkno-impregnacioni - porfirski tip orudnjenja.

Porfirske mineralizacije bakra sa pratećim zlatom i molibdenom su na niskom stupnju istraženosti i prema sadašnjim saznanjima malog su ekonomskog značaja, u prvom redu zbog niskog sadržaja bakra i načina njegovog pojavljivanja u prostoru.

Sve porfirske mineralizacije bakra na prostoru Leckog masiva (Tulare, Đavolja Varoš, Kravarske Planine), po mineralnom sastavu, asocijaciji elemenata,

kao i načinu pojavljivanja, vrlo su slične. Obrazovane su u hidrotermalno izmenjenim andezitima duž zona razlamanja i tektonskih breča. Od hidrotermalnih promena zastupljena je piritizacija, silifikacija, argilitizacija, sericitizacija, ređe hloritizacija i karbonatizacija, a lokalno se uočava grajzenizacija, biotitizacija i turmalinizacija. Između razmeštaja facija alteracija i mineralnih asocijacija uočava se određena korelativnost. Mineralna parageneza obuhvata halkopirit i pirit, pri čemu pirit daleko preovlađuje, zatim magnetit, molibdenit, retko pirotin, galenit, sfalerit, tenantit i tetraedrit. Kvarc i kalcit su osnovni nerudni minerali, a mestimično se zapaža i siderit. Najpovoljniji rezultati na bakar, zlato i molibden dobijeni su u Tularima, u porfirskom Cu ležištu Kiseljak, gde su obračunate rezerve na oko 80.000.000 tona rude sa 0,27% Cu; 0.29 g/t Au; 1g/t Ag; 23 ppm Mo; 130 ppm Pb; 140 ppm Zn i 4-10% pirita. Na Kravarskim Planinama sadržaj bakra u nineralizovanim zonama je uglavnom ispod 0.1%, retko 0.2-0.4%; olova i cinka ispod 0.1%; molibdena 10-50 ppm; zlata 0.1-0.9g/t i srebra 1-3g/t. U Đavoljoj Varoši imamo slične sadržaje, bakar pretežno ispod 0.2-0.3%, udeo olova i cinka je ispod 0.1%, dok je sadržaj molibdena oko 20 ppm (najčešće 5-10, retko preko 30 ppm).

Porfirska mineralizacija bakra na prostoru Tulara, Đavolje Varoši i Kravarskih Planina bi mogla da se veže za najviše nivoe kvarcdioritske intruzije. Shodno tome bakrove mineralizacije treba tražiti i očekivati u dubljim delovima mineralizovanih zona. Molibden kao prateći element deliće sudbinu bakra.

Vardarska zona se prostire srednjim delom Balkanskog poluostrva. Predstavlja labilnu riftogenu zonu koja se na severu proteže do Beograda, a na jugu preko Makedonije i Grčke tone u Egejsko more i verovatno nastavlja u malu Aziju. Na istoku i na zapadu jasno se izdvaja od SMM i Dinarida, odnosno Pelagonskog masiva. Na teritoriji Srbije Vardarska zona je duga preko 350 km, pri srednjoj širini od oko 75 km.

Posebno tektonsko obeležje Vardarske zone je da ona predstavlja domen zatvaranja, uglavnom tokom jure, tetijskog basena, zapravo za vreme jure na njenom prostoru formiran je rift sa okeanskim tipom Zamljine kore koji je zatvoren krajem jure i početkom krede.

Sa aspekta metalogenije, odnosno stvaranja i prostornog rasporeda rudnih mineralizacija, od posebnog značaja su tercijarni vulkanogeno-intruzivni kompleksi kalko-alkalnog sastava za koje su prostorno i genetski-paragenetski vezane, najveći broj, polimetalične mineralizacije, od kojih su posebno značajna ležišta olova, cinka i antimona. Ostala ležišta i pojave pripadaju drugorazrednim i nižim kategorijama u generalnom metalogenetskom profilu zone. Pojave molibdena u Vardarskoj zoni javljaju se u kontaktnim oreolama granodiorita Kopaonika i Boranje.

Boranjsko rudno polje u kome dominira granodioritski masiv Boranje, predstavlja najinteresantniji deo podrinjskog rudnog reona. Brojna ležišta u ovom rudnom polju su nastala u vezi sa subvulkansko-plutonskim intruzijama jedinstvenog magmatskog kompleksa Boranje. Među raznovrsnim rudnim

ležištima i pojavama kojima se područje boranjskog granodioritskog masiva odlikuje, kontaktno-metasomatska ležišta gvožđa i u manjoj meri bakra, volframa, molibdena i bizmuta, zauzimaju jedno od prvih mesta, kako po rasprostranjenosti, tako i po značaju.

Na južnom kontaktu boranjskog granitoida, u neposrednoj blizini skarnova, došlo je do hidrotermalnih promena u granitoidima i obrazovanja pojava Mo-mineralizacija. Najpoznatija rudna pojava molibdena (Rudni potok), javlja se u zoni Velika reka - Rudni potok - Duge Njive. Brojni stari, kao i radovi novijeg datuma govore o živoj rudarskoj aktivnosti na ovom području. Stari radovi su izvođeni na molibdenu, bakru, gvožđu i olovo-cinku.

Molibdenska mineralizacija u predelu Rudnog potoka delimično je istraživana potkopima na horizontu 320 (leva obala) i 330 (desna obala) sa ukupno 355 m hodnika. Mo-Cu mineralizacija pripada štokverkno-impregnacionom i impregnacionom tipu orudnjenja. Orudnjenje je lokalizovano u hidrotermalno izmenjenim (silifikovanim) fenodacitima, granitoidima, skarnovima i kornitima u vidu spleta žilica kvarc-molibdenitskog sastava ili u vidu impregnacija pirit-halkopiritske asocijacije pružanja istok-zapad. Srednji sadržaj molibdena u rudi iznosi 0,054%, a sadržaji bakra kreću se od 0,01-0,2% maksimalno. U ekonomskom pogledu ova pojava je bez većeg značaja zbog malih rezervi rude. Pri ovoj oceni treba imati u vidu nizak stepen istraženosti ove pojave.

Kopaonička metalogenetska oblast je jedna od najznačajnijih u Srbiji u pogledu raznovrsnih ruda, u prvom redu olova i cinka. Prostorno, ova oblast, zahvata teren koji se pruža od zapadne Morave na severu, duž desne obale Ibra, do blizu Binačke Morave na jugu (dužina prelazi 120 km, pri maksimalnoj širini od oko 40 km). Geološki sastav kopaoničke metalogenetske oblasti čine metamorfiti paleozoika, serpentinisani peridotiti, dijabaz rožnačka formacija, sedimenti gornje krede, tercijarne magmatske stene i tercijarni sedimenti.

Prilikom utiskivanja magme došlo je do čitavog niza promena, kontaktno-metamorfnih i kontaktno-metasomatskih na svim stenama koje učestvuju u građi Kopaonika pa i na tercijarnim vulkanitima obe faze, koji predstavljaju prethodnicu u opštem razvoju magmatizma. Kontaktno-metamorfna oreola obrazovanja je u vidu nepravilnog prstena oko Centralno-kopaoničkog granitoida sa površinom od oko 34 km^2

U kontaktno-metamorfnoj oreoli granitoida Centralnog Kopaonika, a posebno u istočnom obodu, otkriveno je više pojava molibdenita. Neke od njih su i istraživane manjim rudarskim radovima krajem pedesetih i sedamdesetih godina. Molibdenska mineralizacija je obrazovana u skarnovima, kornitima i ređe u krečnjacima. Prema asocijaciji minerala izdvajaju se: molibdenitsko-šelitska koja je najčešća, zatim molibdenitsko-halkopiritska, odnosno molibdenitsko-halkopiritsko-bornitska i šelitsko-molibdenitska asocijacija. Sve su one obrazovane iz visokotemperaturnih hidrotermalnih rastvora, koji su zahvatili prethodno obrazovane skarnove i kornite. Molibdenit se obično javlja u vidu ljuspi ili obrazuje manja gnezda u tankim žilicama i prslinama, ali i u vidu rasejanih impregnacija. Među pojavama molibdenita značajnije su Gvozdac-Srebrenac,

Duboka i Čajetina, koje se nalaze u južnom i jugoistočnom delu Kopaoničkog granitoida.

Geološku građu na Mo rudnoj pojavi **Gvozdac** čine krečnjaci sa proslojcima škriljaca u koje je intrudovana jedna veća dioritska masa. Mineralizacija je smeštena u skarnovima i kornitima. Molibdenit se javlja u žilicama i u samim granodioritima koji su endokontaktno promenjeni. Šelit, praćen halkopiritom obrazuje impregnacije u skarnovima.

Moćnost mineralizovanih skarnova i kornita je mala i u njima je molibdenit veoma neravnomerno razmešten. Žilice i prožilci sa molibdenitom debljine do 0,12 m, izuzetno do 0,2 m su veoma retke i javljaju se na prostoru od oko 30 ha.

Pored molibdenita i šelita sreću se i drugi minerali bez većih koncentracija: halkopirit, bornit, halkozin, arsenopirit, pirit, lineit, pirotin, sfalerit, tetraedrit, stanin i hematit. Uz halkopirit se mestimično uočavaju samorodni bizmut i zlato, retko sitna zrna kasiterita. Molibdenitsko-šelitska mineralizacija u predelu Gvozdac-Srebrenac prema dosadašnjim rezultatima istraživanja nije ekonomski interesantna.

Pojave molibdenita u **Duboki**, 3 km severoistočno od Pančićevog vrha, lokalizovane su u kornitisanim škriljcima duž struktura razlamanja pružanja S-J. Molibdenit obrazuje mala gnezda ili impregnacije duž raseda koji se po pružanju može pratiti na dužini od 60-70 m. Širina mineralizovanih zona je oko 40 m, a po padu je praćena takođe oko 40 m. Pored molibdenita, koji je na površini delom transformisan u povelit, sporadično se javljaju šelit i halkopirit. Ekonomski značaj ovih pojava je mali zbog malih rezervi.

Pojave Mo i Cu na **Čajetini** nalaze se u južnom kontaktnom delu Kopaonika. U blizini kontakta kvarcmikrodiorita i kornitisanih škriljaca, odnosno skarniziranih okolnih stena. Od minerala javljaju se halkopirit, molibdenit, zatim pirit, halkozin, bornit, arsenopirit, pirotin i limonit.

Molibdenit se javlja u vidu žilica i impregnacija obično sa piritom i halkopiritom udružen. Moćnost mineralizovanih zona se kreće od par metara do 10 i više metara. Sadržaj molibdena varira od 4-1900 ppm, a Cu od 0,12-1% sa Au 0,03-0,05% g/t i Ag 2-3 g/t. Radovi na Čajetini su prekinuti, a da se nije odgovaralo na pitanje o količini i razmeri Mo-Cu rude.

Karpato-Balkanidi su jedna od najvažnijih tektonskih jedinica Srbije i istovremeno područje sa brojnim rudnim ležištima, među kojima bakar i zlato zauzimaju dominantno mesto. Molibden u Karpato Balkanidima, javlja se u vidu kvarc-molibdenitskih žica, kvarc-molibdenitsko-uranskih žica i porfirskim ležištima bakra u Borskoj metalogenetskoj zoni

Kvarc-molibdenitske žice u asocijaciji sa šelitom, javljaju se u Gornjanskom granodioritskom masivu na lokalitetima Perin potok, Veliki i Mali Gabar i Luke.

Pojave molibdenita sa šelitom u Perinom potoku nalaze se na krajnjem južnom delu Gornjanskog granodioritskog masiva. Kvarc–molibdenitske žice su moćnosti od 0,05 – 0.2 m. Smeštene su u hidrotermalmo promenjenim, uglavnom

kaolinisanim granitima sa crvenim feldspatima. Manje pojave molibdenita poznate su i u amfibolitima, koji se nalaze duž oboda granitoida u kojima su poznate pojave aplita i pegmatita.

Pored molibdenita i šelita u mineralnoj paragenezi nalazi se i nešto halkopirita, pirita i šelita. Udeo molibdenita u šelitu je značajan, do 1%. U ekonomskom pogledu pojave u Perinom potoku nemaju veći značaj.

U lokalnostima **Veliki i Mali Gabar,** u granitoidima Gornjana javljaju se tanke kvarcne žice sa molibdenitom, praćene halkopiritom i pirotinom. S obzirom da su retke i usamljene, i da se javljaju na relativno malom prostoru u ekonomskom pogledu su bez značaja.

U selu **Luke** u lokalitetu Selište u pegmatitskoj žici izgrađenoj od kvarca i crvenog feldspata, javlja se šelit sa malim udelom molibdenita. Zbog neznatnog rasprostranjenja i malih rezervi ove pojave su bez značaja.

Molibdenitsko–uranske pojave u Repušnici (Bazova padina) vezane su za pukotine i prsline u probojima i žicama granodioritporfirita u blizini kontakta sa gabrovima. Pukotine i prsline ispunjene su kaolinitom i kvarcom sa prevlakama i manjim gnezdima molibdenita za koje je vezana uranska mineralizacija. Pored molibdenita i urana (mineral nosilac urana nije identifikovan), ređe se javljaju šelit, pirit i prevlake limonita. Debljina ovih mineralizovanih zona ne prelazi 1 m.

Slično pojavljivanje imaju i **Mo-U rudne pojave u Cvetkovom dolu.** Javljaju se u potpuno raspadnutom i zdrobljenom granodioritporfiritu Aldinca, u blizini kontakta sa gabrovima. Impregnacije molibdenita sa povećanim vrednostima intenziteta radioaktivnog zračenja registrovane su u piritsko-kvarcnoj zoni dužine oko 100 m. U kvarcu i okolnoj steni fino su uprskani pirit, molibdenit, magnetit, sa prelazima u markasit i vrlo retko hematit.

Mo-U rudne pojave u Sorčinom dolu i Zvorčinom Braništu nalaze se kod sela Aldinca u kompaktnim granodioritporfiritima, a vezane su za više piritskih žica sa molibdenitom..

Uraninitsko-halkopiritska pojava u potoku Trepetljak nalazi se u gabrovima, u blizini manjeg proboja granodioritporfirita. To je žica debljine 5-15 cm koja se sastoji od pirita, halkopirita, magnetita, hematita, halkozina, kovelina, uraninita, fluorita i retko molibdenita.

U celini gledano Mo-U pojave na prostoru Aldinac-Repušnica zbog malog rasprostranjenja i neznatnih rezervi imaju više mineraloški, nego praktični (ekomomski) značaj.

Najveće koncenntracije molibdena u **Karpato-Balkanidima Istočne Srbije nalaze se u Borskoj metalogenetskoj zoni** u porfirskim ležištima bakra. Iako su sadržaji molibdena u porfirskim ležištima bakra borske metalogenetske zone niski, odnosno molibden se javlja kao prateći element sa promenljivim sadržajem, najčešće oko 30-40 g/t, zbog velikih rezervi bakarne rude, količine molibdena su velike. U toku flotacijskog obogaćenja bakra, deo molibdena prelazi u koncentrat bakra i dostiže sadržaj od 400-600 g/t.

U cilju izdvajanja molibdena u poseban koncentrat izvršena su opsežna ispitivanja u laboratorijskim i poluindustrijskim razmerama. Ispitivanja su pokazala da procesom flotiranja može da se dobije siromašni koncentrat molibdenita uz relativno zadovoljavajuće iskorišćenje metala. Sadržaj molibdena u ovom koncentratu kreće se od 7.0-8.5%. Koncentrat sadrži i renijum u količini od 150-400 g/t, bakra 7-8.5% i gvožđa oko 16%.

Do sada identifikovane rude bakra u Borskoj metalogenetskoj zoni, odnosno u Srbiji, karakterišu se stalnom tendencijom opadanja kvaliteta rude i pogoršanjem tehno-ekonomskih uslova valorizacije rudnih rezervi. Istovremeno postojeća proizvodnja je praćena krajnje niskom akumulacijom, a samim tim mogućnostima ulaganja u istraživanje, razvoj i primenu novih tehnologija.

U Srbiji nova ležišta bakra sa molibdenom mogu se očekivati u Borskoj metalogenetskoj zoni. Optimistička procena perspektivnosti Borske metalogenetske zone zasniva se na činjenici, da je u tome prostoru, a u vezi sa gonjokrednom magmom, već identifikovana mineralizacija bakra koja je donela oko 20 miliona tona bakra i preko 1000 tona zlata sadržanih u toj mineralizaciji. Samo u zoni između Bora i Cerove, deponovano je u rudnoj mineralizaciji oko 12 miliona tona bakra, što ukazuje na veoma visoku ptoduktivnost matičnih kalko-alkalnih magmi toga prostora u pogledu bakra i zlata. A svi prostori u kojima je utiskivana magma još uvek nisu ispitani i istraženi.

Rezerve rude bakra, geološke i eksploatacione, prema sadašnjem stepenu istraženosti date su u tabeli 39, odakle se može sagledati potencijalnost borske metalogenetske zone u pogledu Cu, Mo, Au i Ag. Ukupne rezerve Cu rude iznose 2. 083.410.000 tona sa 0.420% Cu, 0.0043% Mo, 0.167g/t Au, 1.277g/t Ag. Izraženo u metalu to je 8.757 200 tona bakra i 89.944 tona molibdena. Istražene mineralne sirovine imaju nizak sadržaj bakra i pratećih elemenata, u odnosu na većinu ležišta istog tipa u svetu, pogotovu pratećih elemenata (Mo, Au, Ag, Re, Pt, Pd i dr.) sa tendencijom daljeg pada kvaliteteta, odnosno osiromašenja tokom eksploatacije. Sadržaj molibdena u porfirskim ležištima u svetu varira od 70 do 350 g/t (tabela 37).

Proizvodnja molibdenovog koncentrata iz porfirskih ležišta u Borekoj metalogenetskoj zoni, zavisiće od sudbine proizvodnje bakra, odnosno pronalaženja efikasnih flotacijskih postupaka (metoda) za izdvajanje koncentrata molibdenita. Dosadašnja ispitivanja u laboratorijskim i poluindustrijskim razmerama su pokazala da je to moguće

Imajući u vidu napred izložene činjenice i uzimajući u obzir da je iscrpenost i deficitarnost u Mo-rudama zemalja Evropske zajednice visoka, možemo sa optimizmom zaključiti, da reserve Mo-rude predstavljaju realan kapital kojim naša zemlja raspolaže u ovim teškim vremenima za naš narod.

LITERATURA - REFERENCES

1. **Adams T. C.,** 2002: Chinese molybdenum exports to theuropean Union since, January 2000, in Structural changes in the molybdenum industry: International Molybdenum Association Annual General Meting, Hermosillo, Mexico, Oktober 2002, Presentation, (unpaginated)
2. **Aleksić D.,** 1966: Veliki Krivelj.- u prikaz detaljnije istraživanih zona u Timočkom eruptivnom masivu, Sav. o rez. dosadašnjih istraž. bakarne miner. na teritoriji SFRJ, Bor, str. 1-27
3. **Aleksić D., Kalenić M.,** 1966: Osnovne crte sedimentacije, magmatizma i tektonskog razvića centralne i istočne Srbije, VI Sav. geol. Jugoslavije, SGD SFRJ, 1, Ohrid, str. 96-130.
4. **Aleksić D**., 1969: Rezultati dvogodišnjeg istraživanja u Velikom Krivelju, Zbornik radova Rudarsko-metalurškog fak. i Instituta za bakar, br. IX, Bor, str. 27-40.
5. **Aleksić D.,** 1979: Ležište "Veliki Krivelj", Vodič za eskurziju, Int. simp. "The European Copper Deposits, Bor, str. 105-117.
6. **Aleksić D., Kalenić M.,** 1981: Magmatizam u: Geologija Srbije, III-1, Rud.-geol. fak., Beograd, str. 293.
7. **Aleksić D.,** 1983: Geohemijska korelacija vulkanita timočkog magmatskog kompleksa, magistarska teza, Rud.-geol. fak., Beograd, str.77
8. **Aleksandrov M.,** 1992: Metalogenetske karakteristike polimetaličnog rudnog polja Sase-Istočna Makedonija, doktorska disertacija, Rud. geol. fak., Štip-Makedonija, str. 255/
9. **Andreeva E. D. i dr.,** 1981: Magmatičeskie gornie porodi, klasifikacija, nomenklatura, petrografia, čast 1 i 2, Izdateljstvo "Nauka", Moskva.
10. **Andrić B. i dr.,** 1972: Analiza građe timočkog sinklinorijuma u svetlosti novih geoloških istraživanja, III Sav. o istrž. bakrove mineralizacije na teritoriji Jugoslavije SFRJ, Bor.
11. **Anđelković M., Nikolić P.,** 1974: Tektonska reonizacija Karpato-Balkanida Istočne Srbije, Zbornik radova, br. XIV, Rud.-met. fak. i Inst. Bor, Bor
12. **Anđelković M.,** 1975: Donja kreda Istočne Srbije, u geologija Srbije, II-2, Stratigrafia, Mezozoik, Rud.-geol. fak. Beograd, 165-192.
13. **Anđelković M.,** 1982: Geologija Jugoslavije: Tektonika, Rud.-geol. fak., Beograd.
14. **Antonijević I.,** 1959: Geološka građa Timočke eruptivne oblasti, III kongres geologa Jugoslabije, I, Budva, str. 404-418.
15. **Antonijević I.,** i dr., 1970: Tumač za list Žagubica, OGK, 1:100 000, Sav. geol. zavod, Beograd, str. 73.
16. **Antonijević I.,** 1972. Cenomanske limonitske rude gvožđa Istočne Srbije, Zbornik Radova, 15 Rud.- geol. fak., Beograd, str. 83-94.
17. **Antonijević I., Grubić A., Đorđević M.,** 1974: Gornjokredni paleorift Istočne Srbije, Zbornik: Metal. i koncep. geotek. razvoja Jugoslavije, Rud. geol.fak., Beograd, str. 265-285.

18. **Antonović A., Filipović V.,** 1977: Neki aspekti geologije, petrologije i rudonosnosti kenotipnih vulkanita Jugoslavije, Radovi Geoinstituta, knj. 11, Beograd, str. 1-24.
19. **Arsovski M., Petkovski R.,** 1975: Neotektonika na SR Makedonija, publikacija br. 49, IZIIS, Skoplje.
20. **Arsovski M., Ivanov T.,** 1977: Neotectonics, Magmatisam and Metalogeny of the southern part of the Balcan Peninsula, VI Coloquium an the Geology of the Aegean region, Athens.
21. **Arsovski M., Dumurdžanov N.,** 1995: Alpine tectonic evolution of the Vardar zone and its place in the Balkan region. International workshop, UNESCO-IGCP Proect No. 356, Štip, Macedonia.
22. **Arsenijević M.,** 1953: Grafiti planine Pasjače, Geol. anali Balk. poluostrva, knj. 22, Beograd, str. 199-228.
23. **Arsenijević M., Červenjak Z.,** 1962: Renijum u molibdenitima, Gl. Prir. muzeja, knj. 16-17, Beograd, str. 203-217.
24. **Arsenijević M., & Pešić D.,** 1964/65: Retki i rasejani elementi u suvodolskom granitskom masivu (Stara Planina), Vesnik Geozavoda, knj. 22/23, A, Beograd, str. 77-115.
25. **Asimov I., 1968:** Kratka istorija hemije, Naučna knjiga, Beograd, str 273.
26. **Babović M., Roglić Č., Avramović V., Marić S.,** 1977: Tumač za osnovnu geološku kartu SFRJ, list Trgovište sa Radomirom 1:100.000, Beograd, str. 58.
27. **Barić Lj.,** 1938: Vulfenit iz Kravaračkog potoka, Vesnik geol. inst. Kralj. Jugoslavije, br. 7. Beograd, str. 205-215.
28. **Barlej J.,** 1938, 1939, 1941: Kratak izveštaj o ležištu Mo u povlastici Stari Glog (Vardarska banovina), FSD Sav. geol. zavoda, Beograd.
29. **Beus A.A., Grigorjan S.V.,** 1975: Geohemičeskie metodi poiskov i razvedku mestoroždenij tverdih paleznih iskopaemih, izdateljstvo "Nedra", Moskva, str. 280.
30. **Bilibajkić P., Mladenović M., Aleksić D.,** 1972: Rezultati gravimetrijskog ispitivanja srednjeg dela Istočne Srbije, III sav. o istraž. bakrove mineralizacije na teritoriji SFRJ, Bor, str. 1-12.
31. **Brajović M., Pavlović Đ.,** 1990: Kratak prikaz rezultata istraživanja rudnog tela " Borska reka", VII kongres geologa Jugoslavije, knj. III, Ohrid, str. 14 – 26.
32. **Buković J., Milošaković R., 1977**: Rezultati istraživanja bakronosne mineralizacije na Bukoviku i Rožnju, FSD Geozavoda, Beograd.
33. **Cisarc A.,** 1947: Izveštaj o pojavama Mo kod Broda, FSD Sav. geol. zavoda, Beograd.
34. **Cisarc A.,**1949: Izveštaj o ispitivanju bakrovih ležišta u Boru, FSD Sav. geol. zavoda, Beograd
35. **Cisarc A., i dr.,** 1954: Izveštaj o rezultatima rudarskih istražnih radova na pojavama gvozdenih ruda u okolini Žitnog Potoka, FSD Sav. geol. zavoda, Beograd, str. 59.
36. **Cox P. D., 1986:** Descriptive Model of porphyry Cu, Mineral Deposits Models, U. S. Geol. Survey Bull. 1693, Washington, pp 76-81.

37. **Cox P. D., 1986a:** Descriptive Model of porphyry Cu, Skarn-related deposits, Mineral Deposits Models, U. S. Geol. Survey Bull. 1693, Washington, pp 82-85.
38. **Cox P. D., 1986b:** Descriptive Model of porphyry Cu - Mo, Mineral Deposits Models, U. S. Geol. Survey Bull. 1693, Washington, pp 115-119.
39. **Cukućan M.,** 1975 i 1976: Izveštaji o poludetaljnim istraživanju Mo i drugih metala u oblasti Surduličkog eruptivnog masiva, FSD geoinstituta, Beograd.
40. **Cukućan M.** 1977: Izveštaj o istraživanju bakra u oblasti Surduličkog eruptivnog masiva, FSD Geoinstituta, Beograd.
41. **Cukućan M.,** 1978: Izveštaj o istraživanju bakra u oblasti Surduličkog eruptivnog masiva na lokalnosti Kućišnjak i Crveni breg, FSD Geoinstituta, Beograd
42. **Cukućan M.,** 1981: Određivanje istražnih kriterijuma i ocena bakronosnosti Surduličkog eruptivnog masiva, FSD Geoinstituta, Beograd.
43. **Cukućan M.,** 1982, 1983, 1984: Izveštaji o istraživanju molibdena na području ležišta Mačkatica u 1980/81, 1981/82, 1983. godini FSD Geoinstituta, Beograd.
44. **Cukućan M.,** 1983: Projekat geoloških istraživanja molibdena na rudnom polju Mačkatica, FSD Geoinstituta, Beograd.
45. **Ćebić Vera,** 1983, 1984, 1985, 1986: Konačni godišnji izveštaji po projektu geološko-petrološka i geohemijska izučavanja tercijarnog magmatskog kompleksa Surduličke oblasti za 1982, 1983, 1984, 1985. godinu, FSD Geoinstituta - Beograd.
46. **Ćebić V.,** 1990: Konačni izveštaj o geološko-petrološkom i geohemijskom izučavanju tercijarnog magmatskog kompleksa Surduličke oblasti, FSD Geoisntituta, Beograd.
47. **Ćirić B.,** 1955: Neke novine iz geologije Kopaonika, ZSGD za 1954.god. Beograd.
48. **Ćirić B.,** 1956: Prilog za geologiju Kopaonika-oblast Brzeća, Geol. glasnik, knj. 1., Cetinje.
49. **Ćirić B.,** 1957: Tercijarni tektonski i magmatski pokreti na Kopaoniku, II kongres geol. Jugoslavije, Sarajevo, str. 283-288.
50. **Ćirić B., Karamata S., Smejkal S.,** 1962: Pregled geološke građe Kopaonika, V savetovanje Jugoslavije, Vodič za eskurziju, Beograd, str. 1-36.
51. **Dangić A.,** 1979/80: Geohemija hidrotermalne alteracije stena oko sulfidnih mineralizacija i evolucija hidrotermalne aktivnosti na primeru Srebrenice i Kišnice, Geološki anali Balkanskog poluostrva knjiga XLIII-XLIV, 1979/80. god. Beograd.
52. **Dangić A., Maksimović Z., Mićić I.,** 1986: Geohemijske karakteristike granitoidnih stena Kopaonika, XI Kongres geol. Jugoslavije knj. 3., Tara, str. 17-32.
53. **Delaloye M., Lovrić A., Karamata S.,** 1989: Age of Tertiary granitic rocks of Dinarides and the Vardar zone, Extended Abstracts, XIV Congres CBGA, 1186-1189, Sofia.
54. **De la Roche H., Leterrer J., Grandclaund P., Marchal M.,** 1980: A classification of volcanic and plutonik rocks using R_1-R_2 diagram and major

element analises. Its relationship with current nomenclature. Chem. Geol. 29, 183-210.

55. **Deleon G.,** 1958: Ređi elementi u granitoidnim stenama Srbije i Makedonije i izvesni geohemijski zaključci, Vesnik Geozavoda, knj. 16, Beograd, str. 167-195.
56. **Deleon G., Lovrić A., Červenjak Z.,** 1962: Neki podaci o starosti granitoidnih stena i nekih mineralizacija u okviru Karpato-balkanskog luka, V Savetovanje geologa SFRJ II, Beograd, str. 59-62.
57. **Deleon G.,** 1969: Pregled rezultata određivanja apsolutne geološke starosti granitoidnih stena u Jugoslaviji, Radovi Geoinstituta, knj. 6, Beograd, str. 165-180.
58. **Divljan S.,** 1953: Fluorit u baritskim žicama kod sela Luka, God. zav. za geol. i geof., istr. III, 21. Beograd.
59. **Divljan M., Mićić I.,** 1960: Rezultati ispitivanja stena gornjanskog masiva, Vesnik Geozavoda, br. 18, Beograd, str. 229-272.
60. **Divljan S.,** 1962: Petrološka ispitivanja granita SZ dela Stare Planine, V sav. Geol. FNRJ, II, Beograd, str. 33-41.
61. **Divljan M.,** 1966/67: Petrološka ispitivanja granita Plavne, Vesnik Geozavoda, br. 24/25, Beograd, str. 199-210.
62. **Divljan M., Mićić I.,** 1967: Petrološke karakteristike neresničkog granitoidnog kompleksa, ZSGD za 1964, 1965, 1966 i 1967. godinu, Beograd.
63. **Divljan M., Divljan S.,** 1967: Granitoidi jugoslovenskog dela Karpato-Balkanskog luka, VIII kongres KBGA, Geol. pregled Karpato-Balkanida Istočne Srbije, Beograd, str. 27-30.
64. **Divljan M., Karamata S.,** 1967: Eruptivne stene Ridanjsko-Krepoljinske zone. – u Kredno-tercijarne magmatske stene Jugoslovenskih Karpato-Balkanida (Istočna Srbija), Karp. – Balk. asoc., komisija za magmatizam i metamorfizam, Beograd, str 22-27
65. **Divljan M, Divljan S.,** 1970: Uporedni petrološki prikaz granitoidnih stena Istočne Srbije, VII kongres geol. Jugoslavije, II, Zagreb, str. 81-93.
66. **Divljan S., Divljan M.,** 1981: Sin-naborni magmatiti hercinskog ciklusa u Geologiji Srbije, III-1, Magmatizam, Rud.-geol. fak., Beograd, str. 48-58.
67. **Divljan S.,** 1983: Geološko-petrološka i geohemijska izučavanja granitoidnog masiva Boranje, FSD Geoinstituta, Beograd.
68. **Dimitrijević M.,** 1959: Osnovne karakteristike stuba Srpsko-makedonskog masiva, I Simp. srp. geol. društva, Beograd (nije štampano).
69. **Dimitrijević M., Dragić D.,** 1957: O sklopu granodioritskog masiva Kopaonika, Vesnik Geozavoda, knj. XIII, Beograd, str. 299-313.
70. **Dimitrijević M.,** 1967: Problemi Srpsko-makedonske mase, VIII kongres KBGA, knj. I, Beograd, str. 5-28.
71. **Dimitrijević M., Karamata S.,** 1969: O sklopu granodioritskog masiva Kopaonika, Vesnik Geozavoda knj. VII, Beograd.
72. **Dimitrijević M.,** 1971: Variscijski metamorfizam u aksijalnom delu Balkanskog poluostrva, Zap. srp. geol. druš., Beograd.

73. **Dimitrijević M.,** 1974: Dinaridi: jedan model na osnovama nove globalne tektonike, Zbornik: Metal. i koncep. geotek. razvoja Jugoslavije, Rud.geol.fak. Beograd, str. 119-151.
74. **Dimitrijević M.,** 1995: Blok Kopaonika-njegov položaj u Vardarskoj zoni, Sav. Geol. i metalogenija Kopaonika, Kopaonik, str. 33-40.
75. **Donat M.,** 1952: Majdanpek eine neue Grosskupferlagerstatten in Jugoslavien. Zeintschrift fuer erzbergbau und metalhuttenvesen, Band V, heft 3, Stuttgart.
76. **Drovenik M.,** 1953: O izvoru rudnih mineralov v Borskem rudniku, Geologija, Ljubljana, str. 225-242.
77. **Drovenik M.,** 1956: Dosadašnja znanja o orudnjenju u Timočkom andezitskom masivu; I kongres geologa Jugoslavije, Bled-Ljubljana.
78. **Drovenik M.,** 1958: Prispevek k poznavanju magmatičeskih kamenin Timočkega eruptivnega masiva, Geol. rasprave in poročila, br. 5, Ljubljana, str.11-21.
79. **Drovenik M.,** 1960: Geološko-petrološka studija šire okoline rudnika Bor, dok. disertacija, FSD Geol. službe RTB Bor
80. **Drovenik M., Antonijević I, Mićić I.,** 1962: Novi pogledi na magmatizam i geološku građu Timičke eruptivne oblasti Vesnik Geozavoda, knj. 20, Beograd, str. 67-91.
81. **Drovenik M.,** 1966: Geološki osnovi istraživanja bakarne mineralizacije u timočkoj eruptivnoj oblasti i razvoj istraživanja timočke eruptivne oblasti, Sav. i reziultati dosadašnjih i orijentacija budućih istraživanja bakarne mineralizacije na teritoriji SFRJ, Bor, str. 1-19.
82. **Drovenik M., Leskošek X., Pezdič J.,** 1970: Izotopski sastav sumpora iz timočke eruptivne oblasti, Nukl. inst. "J. Štefan", Geol. služba RTB Bor, str. 52.
83. **Đorđević S.,** 1976: Metalogenija bizmuta u reonu Aljin dola, magistarski rad, Rud. geol. fak., Beograd, str. 49.
84. **Đorđević G.,** 1977/1978: Uprošćen model ležišta bakra u timočkoj magmatskoj oblasti i mogućnost njegovog korišćenja kod daljih istraživanja, Zbornik radova, br. XX, Bor, str. 61-75.
85. **Đurković B., & Đurković D.,** 1976: Metalurgija retkih metala, Univerzitet u Beogradu, Beograd, str. 469.
86. **Efremov I.,** 1993: Metalogenija kratovsko-zletovske vulkanske oblasti, doktorska disertacija, Rud.geol.fak., Štim, Makedonija, str. 282.
87. **Erić V., Ćirić A.,** 2001: Petrološka studija granitoidnih stena Boranje, FSD Geoinstituta, Beograd.
88. **Frolov A.A.,** 1978: Štokverkovie rudnie mestoroždenija, Izdateljstvo "Nedra", Moskva, 1978.
89. **Gertik S., Kovačević J.,** 1985, 1986, 1988: Prospekcija paleozojskih vulkanogenih formacija Istočne Srbije, FSD Geoinstituta, Beograd.
90. **Gertik S.,** 2003: Ležišta i pojave urana Stare Planine, samizdat, Beograd, str 176.
91. **Gluščević B.** 1963: - Tehničko-ekonomska studija molibdenskog rudišta na Mačkatici, FSD, Savezni geološki zavod - Beograd.

92. **Grubić A., Antonijević I.,** 1962: Strukturne osobine Istočne Srbije, Vodič kroz Istočnu Srbiju, Beograd.
93. **Grubić A.,** 1974: Geotektonski sklop Jugoslavije (pregled koncepcija), Zbornik: Metal. i koncep geotek. razvoja Jugoslavije, Rud.geol.fak., Beograd, str. 53-59.
94. **Grubić A.,** 1980: Yugoslavia: Outline of Yugoslavian geology, 26th Int.Geol.Congr., G 15, Paris, pp. 5-49.
95. **Grubić A., Đoković I., Marković M.,** 1995: Tektonska skica Kopaoničke oblasti, Savetovanje: Geol. i metalogenija Kopaonika, Kopaonik, str. 47-53.
96. **Grubić A., Đoković I., Marović M., Branković M.,** 1999: Srpsko-Makedonska masa ne postoji, Vesnik geozavoda, knj 49, Beograd, str. 1-15.
97. **Hawkes H.E., Webb J.S.,** 1968: - Geohemija i istraživanje mineralnih sirovina, Savremena administracija - Beograd.
98. **Huang W.,** 1967: Petrologija, Sav. administracija, Beograd str. 412.
99. **Ilić M.,** 1950: Metalogenija surduličkog eruptivnog masiva, Zapisnici SGD za 1948. godinu, Beograd.
100. **Ilić M.,** 1954: Magmatske stene okoline Surdulice i njihov odnos prema molibdenskim ležištima ove oblasti, Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja, knjiga 11, Beograd, str. 127-197.
101. **Ilić M., Vanđel V.,** 1957: O pojavama volframovih minerala u mineralisanim zonama okoline Surdulice, Zapisnici SGD, Beograd, 1996, str. 127-197.
)2. **Ivanov T.,** 1966: Metalogenija Vardarske zone, VI Savetovanje geologa Jugoslavije, tom II, Ohrid.
103. **Jakovljev G.F.,** 1982: Geologičeskie strukturi rudnih polej i mestoroždenij, izdateljstvo Moskovskoga universiteta, 1982.
104. **Janković S., Milosavljević R.,** 1955: Srebronosna ruda Kučajne, Zbornik radova, Rud.-geol. fak, br. 3, Beograd, str. 51-61.
105. **Janković S.,** 1956: Rudne pojave u Reškovici, Petrovac na Mlavi, Zbornik rad. Rud.-geol. fak., br 4, Beograd, str. 45-55.
106. **Janković S.,** 1958: Opšte odlike antimonovih ležišta Jugoslavije, Zbornik radova Rud.-geol. fak., knj. 6, Beograd, str. 125-152.
107. **Janković S., 1960:** Ekonomska geologija, Posebno izdanje Geozavoda, br. 7/1, Beograd, str. 547
108. **Janković S.,** 1966: Ležišta molibdena u Jugoslaviji, Rudarski glasnik, knj. 1, Beograd, str. 55-62.
109. **Janković S.,** 1967: Metalične mineralne sirovine, rud.-geol. fak. Beograd.
110. **Janković S.,** 1967: Metalogenetske epohe i rudonosna područja Jugoslavije, Rud. inst. i Rud.geol.fak., Beograd, str. 215.
111. **Janković S.,** 1973: Metalogenija vezana sa krednim i tercijarnim magmatizmom u Jugoslaviji, Simp. Magmatizam i metalogenija krede i tercijara, SANU, Beograd, oktobar, 1973.
112. **Janković S., Petković M.,** 1974: Metalogenija i koncepcija geotektonskog razvoja Jugoslavije, Zbornik radova: Metal. i koncep. geotek. razvoja Jugoslavije, Rud. geol. fak., Beograd, str. 369-298.

113. **Janković S.,** 1974a: Metalogenetske provincije Jugoslavije u prostoru i vremenu, Zbornik: Metalogenija i koncepcija geotektonskog razvoja Jugoslavije Rud. geol. fak., Beobrad, str. 31-52.
114. **Janković S.,** 1977: Mayor Alpine ore deposits and metallogenic units in the northeastern Mediterranean and concepts of plate tectonics, in: S. Janković ed: Metallogeny and Plate Tectonics in the NE Mediterranean, Faculty of Mining and Geology, Belgrade, pp. 105-171.
115. **Janković S.,** 1980: Razrada geoloških metoda pronalaženja skrivenih ležišta obojenih metala u tercijarnim vulkanogenim kompleksima, Rud.geol. fak., Beograd, str. 204.
116. **Janković S., et al.,** 1980: Metallogenic features of copper deposits in the volcano-intrusive complexes of the Bor district-in S. Janković and R.H.Sillitoe, eds. European Copper Deposits, SGA Spec. Publ. No-1, Min.Geol. Fac., Belgrade, pp. 42-49.
117. **Janković S.,** 1981: Ležišta mineralnih sirovina - Geneza rudnih ležišta, Rud.geol.fak., Beograd, str. 529.
118. **Janković S.,** 1984: Metallogeny of the Alpine granitoids in the Tethyan Eurasian metalogenic belt, 27th Int. Geol. Cong., Sect. S12, Vol. 12, Moscow, pp. 136-148.
119. **Janković S.,** 1990: Rudna ležišta Srbije-regionalni metalogenetski položaj, sredine stvaranja i tipovi ležišta, Rud.geol.fak., Beograd, str. 760.
120. **Janković S.,** 1995: Opšte metalogenetske karakteristike kopaoničke oblasti, savetovanje: Geol. i metalogenija Kopaonika, Kopaonik, str. 79-102.
121. **Janković S., Jelenković R., Vujić S.,** 2003: Mineralni resursi i prognoza potencijalnosti metaličnih i nemetaližnih mineralnih sirovina Srbije i Crne Gore na kraju XX veka, Inž. Akad. Srbije i Crne Gore, Odeljenje rud. i geol. nauka, Beograd, str. 876.
122. **Janković S., Jelenković R., Vujić S.,** 2003: Mineralno-sirovinski potencijali SR Jugoslavije: metalični mineralni resursi; Prognozna ocena mineralne potencijalnosti metaličnih i nemetaličnih mineralnih sirovina SR Jugoslavije, u: Zborniku: Mineralno-sirovinski kompleks Srbije i Crne Gore na razmeđu dva milenijuma, Rud.-Geol. Fak. Beograd, str. 44-126.
123. **Jelenković R.,** 1999: Ležišta metaličnih mineralnih sirovina. Rud. geol. fak., Beograd, str. 439.
124. **124 Jelenković R.,** 2000: Metalogenetska karta i karta rudnih formacija, Min. rud. i energetike. Srbije, Beograd.
125. **Jovanović M.,** 1974: Porfirska rudišta bakra u reonu Dumitru Potok-Valja Strž, magistarsjka teza, Rud.-geol. fak. Beograd, str.112.
126. **Jovanović M.,** 1988: Ležište bakra Kraku Bugaresku, Bakar, br 46, Bor, str3-7.
127. **Kalenić M. i dr.,** 1976: Tumač za list Bor, OGK, 1:100 000, Sav. geol. zavod, Beograd, str. 68
128. **Karamata S.,** 1955: Petrološka studija magmatskih i kontaktno-metamorfnih stena Boranje, Gl. prir. muz. srp. zem., Serija A, knj. 6, Beograd, str. 130.

129. **Karamata S.,** 1962: Tercijarni magmatizam Dinarida, njegove faze i njegove glavne petrohemijske karakteristike, Referat V. Sav. geol. SFRJ, II, Beograd, str. 324.
130. **Karamata S.,** 1967: Petrogeneza, Univerzitet u Beogradu, 1967.
131. **Karamata S.,** 1969: - Proučavanje veza Cu - mineralizacije i karaktera alteracija okolnih stena oko intruziva, Zbornik radova IX – Bor, str. 187-205.
132. **Karamata S.,** 1974: Geohemijske, petrološke i metalogenetske provincije kredno-tercijarne starosti dela Balkanskog poluostrva i Male Azije,, SANU, Odelenje prir. mat. nauka br. 42, Beograd, str. 55.
133. **Karamata S., Milovanović, D.,** 1978: Studija alteracija oko rudnih pojava u istražnom području rudnika Bor, Rud.-geol. fak, Beograd.
134. **Karamata S., Knežević B.,** 1979: Proučavanje horizontalne i vertikalne distribucije okolorudnih alteracija stena i njihove zakonomernosti u istražnom prostoru Bor., Rud. geol. fak., Beograd.
135. **Karamata S.,** 1979: Kalijska metasomatoza u području rudnika Lece, Zbornik radova Rudarskog geološkog fakulteta, sveska 13, Beograd.
136. **Karamata S., Divljan S.,** 1980: Studija tercijarnih magmatskih kompleksa SR Srbije: Dinaridi i Srpsko-makedonska masa - Analiza, poznavanje i procena potencijalnosti sa razradom kriterijuma za dalja istraživanja. FSD Geoinstituta, Beograd, str. 129.
137. **Karamata S., Djorđević P.,** 1980: Origin of the upper cretaceous and Tertiary magmas in the eastern parts of Yugoslavia, Bull. Acad. Serbie des Sci. et Arts, Classe des Sci. Math. et Nat., vol. 20, Belgrade, pp. 99-108.
138. **Karamata S.,** 1981: Time and Space in Plate Tectonic Modelling of Tectonic, Magmatic, and Metamorphic processes in Tethystype orogenic Belts, Bull. Acad., Serbe des Sci. et Arts, Classe des Sci. Math. et Mat, vol. 21, Belgrade, pp 27-46.
139. **Karamata S., Đorđević V., Đorđević P., Milojković R., Milovanović D.,** 1981: Proučavanje horizontalne i vertikalne distribucije okolorudnih alteracija stena i njihove zakonomernosti u istražnom prostoru Bora, Rud.-geol. fak., Lab. za petrologiju, Beograd, str. 34
140. **Karamata S.,** 1982: Tektonika ploča u područjima tetijskog tipa sa primenom na terene Jugoslavije, IX kontres geologa Jugoslavije, knj. 1, Budva, str. 549-566.
141. **Karamata S.,** 1983: Sadržaji nekih mikroelemenata u tercijarnim magmatima istočnog dela Jugoslavije u zavisnosti od njihovog geotektonskog položaja, Glas SANU, odel. prir. matem. nauka, knj. 49, Beograd, str. 39-54.
142. **Karamata S., Đorđević V., Milovanović D.,** 1983: Petrološko-vulkanološka studija područja hidrotermalno izmenjenih stena na potezu Bor-Vlaole-Mačkatica, I faza, Rud.-geol. fak., lab. za petrologiju, Beograd, str. 54.
143. **Karamata S., Steiger R., Đorđević P., Knežević V.,** 1990: New data of the origin of granitic rocks from Western Serbia, Ext. du Bull. de L Acad. Serb. des Sci. et Arts, t. CII, Class. des Sci. math. et natur. No 32, Beograd, pp 1-9.
144. **Karamata S.,** 1995: Kopaonički blok, njegov položaj i geneza, Savetovanje: Geologija. i metalogenija. Kopaonika, Kopaonik, str. 41-45.

145. **Kostić M., Polajner F.,** 1957: Rudarski istražni radovi na šelit, lokalnost Donji Romanovci i Mačkatica, FSD Sav. geol. zavod, Beograd.
146. **Koželj D.,** 1984: Sinteza o rudnim formacijama TMK, FSD Instituta za bakar, Bor, str. 67.
147. **Koželj D.,** 2002: Epitermalna mineralizacija zlata Borske metalogenetske zone, monografija, Institut za bakar Bor, Bor, str.219.
148. **Kovačević J.,** 1997: Metalogenija urana u permo-trijaskim sedimentima Stare planine, magistarska teza, Rud.geol.fak., Beograd, str. 106.
149. **Kalenić M., Rakić M., Filipović N., Mladenović M.,** 1983: Tumač strukturno tektonske karte Srbije van SAP, FSD Geozavoda, Beograd.
150. **Krejter V.M., Kozerenko V.H. i dr.** 1968: Teoretičeskie osnovi poiskov i razvedki tverdih poleznih iskopaemih, izdateljstvo "Nedra" - Moskva.
151. **Krejter V.M,** 1969: Poiski i razvedka mestoroždenij poleznih iskopaemih izdateljstvo "NEDRA" - Moskva.
152. **Krstić N., Dumurđanov N., Bratuljević N., Milićević V., Simić M., Radovanović S., Aleksić I.,** 1999: Pliocene Tectonics of Southern Serbia and Adjoining Regions, Bull. T. CXIX de l Ac. Des Sc. et des Arts, Classe des Sc. math. Et nat., Sc. naturelles, No 39, Belgrade, pp 99-121.
153. **Kubat I.,** 1977: Tumač OGK list Ljubovija, 1:100.000, Sav.geol. zavod, Beograd, str. 59.
154. **Lovrić A.,** 1972: Magmatske formacije, gornjokredno-tercijarne, u timočko-srednjegorskoj zoni i njihova apsolutna starost, III Savetovanje o bakru, Bor.
155. **Lowell J. D., Guilbert J. M., 1970:** Lateral and vertical alteration – mineralization zoning in porphyry ore deposit, Econ. Geol., Vol. 65, 4, pp. 373-408.
156. **Ludington D. S.,** 1986: Descriptive Model of Climax Mo Deposits, Mineral Deposits Models, U. S. Geol. Survey Bull. 1693, Washington, pp 73-75.
157. **Magyar J. M.,** 2002: Molybdenum, 2002, U. S. Geological Survey Minerals Yearbook – 2002, p 52.1-52.4.
158. **Maksimović Z., Brabec D., Nikolić Vera.,** 1964: Geohemijska prospekcija molibdena u oblasti Mačkatice, Istočna Srbija, SANU, Glas CCLIX, odel. prir.-mat.nauka, knj. 25, Beograd, str. 1-26.
159. **Maksimović Z., Brabec D.,** 1969: Geohemija hidrotermalnih promena oko bakrovog ležišta Gornja Lipa, Zbornik radova Bor.
160. **Maksimović Z.,** 1974: Prilog geotektonskoj reonizaciji Srbije, Zbornik radova Rud. – metalur. fak., br. 16, Bor.
161. **Maksimović Z., Dangić A., Mićić I.,** 1978: Geohemijske karakteristike vulkanskih stena Kopaonika, IX kongres geol. Jugoslavije, Sarajevo str. 282-291.
162. **Mandić M.,** 1953: Pojave molibdena u Gornjanskom granitskom masivu, God. zav. za geol. i geof. istraživanja br. 3, Beograd.
163. **Marić S.,** 1967: Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rudnih rezervi u ležištu molibdena Mačkatica, FSD Geozavoda, Beograd.
164. **Marić S., Nikolić J., Škerlj D., Veličković S.,** 1972: Najnovija saznanja o metalogenetskim obeležjima bakronosnih područja SR Srbije van Timočkog

masiva - područje jugoistočne Srbije, III savetovanje o istraživanju bakrove mineralizacije na teritoriji SFRJ - **Bor.**

165. **Marić S.,** 1979: Tehičko-ekonomska studija eksploatacije i prerade rude iz ležišta molibdena Mačkatice, FSD Republičkog društvenog fonda - Beograd.

166. **Markov C., Mihailović-Vlajić N.**, 1969: Opšta zapažanja o akcesornim mineralima granitoidnih masiva Jugoslavije, Radovi br. 6. Geoinstituta - Beograd.

167. **Marković M., Komarnicki S.**, 1977: Studija struktura surduličkog eruptivnog masiva primenom metoda daljinske detekcije FSD Geoinstituta - Beograd.

168. **Mićić I.,** 1980: Kontaktne, pneumatolitske i hidrotermalne promene u vulkanskim stenama kopaoničke oblasti, Rasprave Geozavoda, vol. XIX, Beograd, str. 138.

169. **Milanović B.,** 1972: Regionalna geoelektrična ispitivanja u Istočnoj Srbiji, III savet. o istraživanju bakrove mineralizacije na teritoriji SFRJ, Bor, str. 1-4.

170. **Milenković P., Aleksić D.,** 1969: Geohemijska ispitivanja, Zbornik radova, br. IX, Bor, str. 167-176.

171. **Milenković P., Karamata S., Divljan M., Milovanović D.,** 1986: Distribucija bakra i metaličnih mikrokonstituenata u magmatskim stenama u Ridanjsko-Krepoljinskoj zoni i njihova korelacija sa petrohemijskim i geohemijskim karakteristikama magmata u Timočkom magmatskom kompleksu u zoni Sikole-Popovica, FSD Geozavoda, Beograd, str. 31.

172. **Myashiro A.,** 1973: Metamorphism and metamorfic belts: London, New York, Wiley, p 492.

173. **Mihailović -Vlajić N.,** 1969: Mineraloško-geohemijski indikatori orudnjenja bakra u Timičkoj eruptivnoj oblasti, Zbornik radova Rud. metalur. fak. u Boru, knj. 9, Bor. str. 127-142.

174. **Milivojević M., Martinović M., Papić P., Rakočević P.,** 1995: Geotermalna potencijalnost Kopaonika i mogućnosti eksploatacije geotermalne energije, Savetovanje: Geologija i metalogenija Kopaonika, Kopaonik, str. 427-446.

175. **Milovanović B.,** 1946: Molibdenska ležišta Jugoslavije, Rudarstvo, II, br. 7, Beograd, str. 9-12.

176. **Milovanović B., Ilić M.**,1946/47: Montan geološka studija molibdenskog rudišta na Mačkatici FSD Saveznog geološkog zavoda - Beograd.

177. **Milovanović B., Ilić M.**, 1953/54: Molibdenska rudišta surduličko eruptivnog masiva, Zbornik radova Geološko rudarskog fakulteta za 1953/54. godinu, Beograd.

178. **Milovanović D., Boev B.,** 2001: Zemlja tektonika ploča i magmatizam, Nauka, Beograd, str. 174.

179. **Milovanović S.,** 1962: - Hidrogeohemijska prospekcija surduličkog eruptivnog masiva i obodnog kristalastog dela, FSD Geoinstituta Beograd.

180. **Mojsilović S., Filipović I., Avramović B, Rodin V., Navala M., Baklaić D., Đoković I.,** 1977: Tumač za list Zvornik, OGK 1:100.000, Savezni geološki zavod, Beograd, str. 46.

181. **Mudrinić Č.,** 1978: - Geohemijske karakteristike Sb-As asocijacija u Srpsko-makedonskoj metalogenetskoj provinciji, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
182. **Mutschler E. F., Wright G. E., Ludigton S., Abbott T. J., 1981:** Granite Molybdenite Systems, Econ. Geol., Vol. 76., 1981, pp. 874-897.
183. **Nagibina M.S.,** 1967: - O tektoničeskih strukturah svjazanih s aktivivzacijej i revivacijej, Geotektonika 4, Moskva.
184. **Nikolić K.,** 1996: Potvrdivost sadržaja i distribucija molibdena u porfirskom ležištu bakra "Veliki Krivelj", Zbornik: Rudnička geologija na raskršću, Rud.geol.fak., Beograd, str. 155-162.
185. **Nikolić P., Anđelković M.,** 1967: Gornjokredni vulkanizam središnjeg pojasa Karpato-Balkanida Istočne Srbije, Zbornik radova, rud.- metal. fak. Inst. Bor, br. 5, Bor, str. 1-40.
186. **Nockolds S. R.,** 1954: Average chemical compostions of some Ingeous rocks, Bull. Geol. Soc. Am.
187. **Omaljev V.,** 1985: Statistička analiza petrohemijsko-geohemijskih karakteristika dacita Mačkatice, Radovi Geoinstituta, knj. 18, Beograd, str. 107-136.
188. **Omaljev V.,** 1987: Geohemijsko polje, Posebna izdanja Geoinstituta, knj. 10. Beograd.
189. **Omaljev V.,** 1994: Raspodela urana, torijuma i kalijuma u vulkanitima Surdulice, Radovi Geoinstituta, knj. 30, Beograd, str. 79-94.
190. **Omaljev V.,** 1995: Raspodela alkalnih komponenti, urana i torijuma u granitoidnim stenama Kopaonika, Radovi Geoinstituta, knj. 31, Beograd, str. 143-152.
191. **Omaljev V., 1995a**: Organizacija materije i raspodela geoloških populacija, Posebna izdanja Geoinstituta, knj. 15, Beograd, str 279.
192. **Ovčinikov L.H.,** 1968: Plutonogenie gidrotermalnie mestoroždenij, Genezis endogenih rudnih mestoroždenij, Izdateljstv "Nedra", Moskva, 1968. god.
193. **Pantić N., Dimitrijević M.,** 1966: Beleška o nalasku mikroflore rifejsko-kambrijskog kompleksa u oblasti Vlasine, Zapisnici SGD za 1966, Beograd.
194. **Pantić N., Dimitrijević M., Ercegovac M.,** 1967: Mikrofloristički podaci o starosti Vlasinskog kompleksa, Zapisnici SGD za 1967., Beograd.
195. **Pavićević M., Janković S., Radusinović D., Gržetić N., Aleksić D.,** 1985: Studija distribucije plemenitih, retkih i rasejanih elemenata u rudnom ležištu Borske reke-Bor, Rud.geol.fak., ULEMA, Beograd, str. 125.
196. **Pavićević M., Janković S.,** 1986: Studija o raspodeli plemenitih, retkih i rasejanih elemenata u rudnom ležištu "Veliki Krivelj", Rud-geol. fak., ULEMA, Beograd, str. 165.
197. **Pavlović P.,** 1962: O nekim ordovicijskim brahipodama u metamorfitnim stenama kod Bosiljgrada (JI Srbija) i o značaju ovoga nalaska, Geol. an. balk. pol. knj. 29., Beograd, str. 92-112.
198. **Pavlović S.,** 1957: petrološko-mineraloška studija terena Surdulice, FSD Geoinstituta, Beograd, str 180
199. **Pavlović S., Ristić M.,** 1961: Petrografska, geohemijska i tektonska proučavanja nekih granita Jugoslavije i karakter njihovih uranskih mineralizacija, FSD Geoinstituta, Beograd, str. 73.

200. **Peccerilo A., Taylor S.R.**, 1976: Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey, Contr. Miner. Petrol., 58, pp. 63-81.
201. **Pek A.V., Volfson F.M., i dr.** 1960: Strukturi rudnih polej i mestorođdenij, Gosudarstvenoe izdateljstvo "Nedra" - Moskva.
202. **Pereljman A.I.,** 1989: - Geohimija, Višaja škola, Moskva, str. 528
203. **Petković M., Škarka M.,** 1974: Primena matematičke statistike u geohemijskoj prospekciji, Tehnika No 5. Beograd.
204. **Petković M., Tomanec R.,** 1976: Statistički model obrade rezultata litogeohemijske prospekcije rudnog polja Bučim, Savetovanje nove metode geoloških istraživanja i oprema, Opatija.
205. **Petković M.,** 1977: La metalogeneze de Pb-Zn et le plaque tectonique du sud - est do l'Europe. In: Metallogeny and plate tectonics in the northeastern mediterranean. p. 467-469.
206. **Petković M.,** 1982: Prospekcija rudnih ležišta, Rud.-geol. fakultet, Beograd.
207. **Petrović B., Dimitrijević M., Karamata S.,** 1973: Tumač za osnovnu geološku kartu SFRJ, list Vlasotince 1:100.000.
208. **Petrović B.,** 1969: Struktura kristalastog kompleksa Vlasine na širem području Crne Trave, Univerzitet u Beogradu, 1969, Beograd.
209. **Pokalov. V.T.,** 1982: K geohimii molibdena v granitoidah, Geohimija br. 8, Moskva, 1982. god.
210. **Pokrajac S.,** 1962: Izveštaj o hidrogeohemijskoj prospekciji urana na terenu JI Srbije, FSD Geoinstituta, Beograd.
211. **Pokrajac S., Cukućan M.,** 1973: Izveštaj o regionalnim istraživanjima Surduličkog eruptivnog masiva u 1972. godini, FSD Geoinstituta, Beograd.
212. **Popović R.,** 1991: Srpsko-Makedonska masa ili Pelagonsko-Rodopski i Moravski masiv, Radovi Geoinstituta, knj. 25, Beograd, str. 7-19.
213. **Radukić M.,** 1965: Metalični minerali i rude kontaktno-metamorfnih oreola Kopaoničkog granitoida; doktorska disertacija, Rud.-geol.fak., Beograd, str. 179.
214. **Radukić M.**, 1962: Mineralne parageneze u skarnovima Lipničke glave na južnim padinama Boranje (Z. Srbija), Zapisnici SGD za 1958. god., Beograd, str.169-172.
215. **Radusinović D., Pavićević M., Gržetić N., Golijanin D.,** 1984: Molibden i renijum u bakrovom rudnom polju Majdanpek, I Jug. sim. Jug. asoc. za mineralogiju, Aranđelovac, str. 279-285.
216. **Radulović B.,** 1977, 1978, 1979, 1980: Izveštaji o istraživanju Cu-Fe mineralizacija u okolini Suve Rude i Čajetine za 1976, 1977, 1978 i 1979. godinu, FSD Geoinstituta, Beograd.
217. **Ristić M. i dr.,** 1956: Mineraloški sastav koncentrata rečnih nanosa Besne Kobile i Čemernika, FSD Geoinstituta, Beograd,
218. **Savić M.,** 1953: Molibdensko-volframove pojave Perinog potoka, ZSGD, 1954, Beograd, str. 31-32.
219. **Segestrum K., Young J.,** 1972: General geology of hahns Pead and Far well Mountain Qudrangles Routt, Contry, Colorado, U.S. Geology Surv. Bull. 2349.

220. **Serafimovski T.,** 1993: Strukturno-metalogenetski karakteriski na zonata Lece-Halkidik: Tipovi na naogališta i reonizacija, posebno izdanje Rud.geol.fak., knj. 2, Štip, Makedonia, str. 235.
221. **Serafimovski T., Aleksandrov M.,** 1995: Naogališta i pojavi na olovo i cink vo republika Makedonija, Posebno izdanje Rud. geol. fak. knj. 4, Štip, Makedonia, str. 387.
222. **Serdar V.**, 1977: Udžbenik statitike, školska knjiga - Zagreb.
223. **Simić M.,** 1979: Izveštaj o geološkom istraživanju bakra na području Surduličkog granodioritskog masiva (lokalnost Mačkatica i Ruplje) u 1977. godini, FSD Geoinstituta, Beograd.
224. **Simić M.,** 1983: Litogeohemijska izučavanja distribucije bakra molibdena, olova i cinka na području Surduličkog eruptivnog masiva (Mačkatica), FSD Geoinstituta, Beograd.
225. **Simić M.,** 1985: Izveštaj o istraživanju molibdena na području ležišta Mačkatica u 1984. godini FSD Geoinstituta - Beograd.
226. **Simić M.,** 1987: Izveštaj o istraživanju molibdena na području ležišta Mačkatica u 1985/86. godini, FSD Geoinstututa, Beograd.
227. **Simić M.,** 1988: Izveštaj o istraživanju molibdena na području ležišta Mačkatica u 1987. godini FSD Geoinstituta, Beograd
228. **Simić M.,** 1989: Izveštaj o istraživanju molibdena na području ležišta Mačkatica u 1988. godini, FSD - Geoinstituta, Beograd.
229. **Simić M.,** 1990: Preliminarna geološko-ekonomska ocena Mo-rude na Boroviku - Rudno polje Mačkatica, FSD Geoinstituta, Beograd.
230. **Simić M.,** 1991: Rezultati novijih geoloških istraživanja na Novom Glogu, Radovi Geoinstituta, knj. 25, Beograd, str. 163-170.
231. **Simić M.,** 1992: Izveštaj o geološkom istraživanju molibdena na rudnom polju Mačkatice u 1991. godini FSD Geoinstituta, Beograd.
232. **Simić M.,** 1992a: Geološka istraživanja Cu-Mo pojava na Krivoj Feji, Radovi Geoinstituta, knj. 27, Beograd, str. 131-147.
233. **Simić M.,** 1992b: Litogeohemijska ispitivanja lokaliteta Novi Glog u Surduličkom eruptivnom masivu, Radovi Geoinstituta, knj. 26, Beograd, str. 55-76.
234. **Simić M.,** 1993: Geohemijski oreoli u rudnom polju Mačkatice, magistarski rad, Rud. geol. fak., Beograd, str. 176.
235. **Simić M.,** 1993a: Izveštaj o geološkom istraživanju molibdena na rudnom polju Mačkatice u 1992. godini, FSD Geoinstituta, Beograd.
236. **Simić M.,** 1993b: Rezultati ispitivanja mineraloških proba mineralizacija Pb-Zn sa Novog Sela i Crvenog Brega u području Ruplja, Radovi Geoinstituta, knj. 28, Beograd, str. 257-269.
237. **Simić M.,** 1994: Rezultati geoloških istraživanja Mo u rudnom polju Mačkatice, Radovi Geoinstituta, knj. 30, Beograd, str. 315-328.
238. **Simić M.,** 1994a: Rudne pojave molibdena i bakra na području Surduličkog eruptivnog masiva, Radovi Geoinstituta, knj. 30, Beograd, str. 329-340.
239. **Simić M.,** 1994b: Primarni oreoli rasejavanja na Prolesju, Radovi Geoinstituta, knj. 30, Beograd, str. 109-123.

240. **Simić M.,** 1995: Osnovne strukturno-geološke i metalogenetske karakteristike molibdenskog ležišta Borovik u rudnom polju Mačkatice, Radovi Geoinstituta, knj. 31, Beograd, str. 45-59.

241. **Simić M.,** 1995a: Geohemijske karakteristike stena na području Radovnica-Prolesje, Radovi Geoinstituta, knj. 31, Beograd, str. 97-109.

242. **Simić M.,** 1995b: Distribucija olova, cinka, bakra i molibdena na Radovnici, Surdulički eruptivni masiv, knj. 31, Beograd, str. 111-126.

243. **Simić M.,** 1996: Metalogenija zone Mačkatica-Blagodat-Karamanica, doktorska disertacija, Rud. geol. fak., Beograd, str. 276.

244. **Simić M.,** 1996a: Geološke karakteristike Mo-rudnih pojava u Groznatovoj dolini, rudno polje Mačkatice, Radovi Geoinstituta, knj. 32, Beograd, str. 97-108.

245. **Simić M.,** 1996b: Metalogenetske karakteristike Mo-mineralizacija u Ćurkovici, Surdulički eruptivni masiv, Radovi Geoinstituta, knj. 33, Beograd, str. 35-43.

246. **Simić M.,** 1996c: Strukturni-geološke i metalogenetske karakteristike rudnih pojava Pb, Zn i Cu u Novom Selu, rudno polje Ruplje, Radovi Geoinstituta, knj. 33, Beograd, str. 45-54.

247. **Simić M.,** 1996d: Primarni oreoli rasejavanja u rudnom polju Ruplje, Radovi Geoinstituta, knj. 33, Beograd, str. 125-136.

248. **Simić M.,** 1997: Geohronološka starost tercijarnih granitoida Surdulice (JI Srbija), Geol. an. Balk. pol., knj. 61, Beograd, str. 63-82.

249. **Simić M.,** 1997a: Primarni oreoli rasejavanja i alteracije u rudnom polju Mačkatice, Simp. "Istraživanje rudnih ležišta", Rud.-geol. fak., Beograd.

250. **Simić M.,** 1997b: Osnovne metalogenetske karakteristike zone Besna Kobila u JI Srbiji, Radovi Geoinstituta, knj. 34, Beograd, str. 83-98.

251. **Simić M.,** 1997c: Geohemijske karakteristike stena u rudnom polju Blagodat, Radovi Geoinstituta, knj. 34, Beograd, str. 99-110.

252. **Simić M., Matić Z.,** 1998: Geološko-strukturne i metalogenetske karakteristike Rudnog polja Ruplja, 13 kongres geologa Sr Jugoslavije, knj. IV, Herceg Novi, str. 175-185.

253. **Simić M.,** 1998a: Perspektivnost rudnog polja Ruplja u pogledu pronalaženja ekonomski interesantnih orudnjenja plemenitih metala, Radovi Geoinstituta, knj. 35, Beograd, str. 163-177.

254. **Simić M.,** 2001: Metalogenija zone Mačkatica-Blagodat-Karamanica, Posebna izdanja Geoinstituta, knj. 28. Beograd, str. 335.

255. **Simić M., Vukas R.,** 2002: Potencijalnost rudnog polja Ruplja u pogledu ruda olova i cinka, Vesnik Geozavoda, knj. 52, Beograd, str. 133-156.

256. **Simić M., Ćebić V.,** 2002a: Granitoidi Crnooka, Radovi Geoinstituta, knj. 37, Beograd, str. 81-99.

257. **Simić M.,** 2004: Geohemijske karakteristike granitoidnih stena metalogenetske zone Besna Kobila, JI Srbija, Radovi Geoinstituta, knj. 39, Beograd, u štampi.

258. **Simić M.,** 2004a: Geohemijske karakteristike vulkanita u metalogenetskoj zoni Besna Kobila, Vesnik Geozavoda, knj, 54, Beograd, str. 71-84.

259. **Simić V.,** 1946: Izveštaj o pregledu antimonskih ruda oko Zajače i Krupnja, FSD Geozavoda, Beograd.

260. **Simić V.,** 1948: Pregled rudišta i rudnih pojava na povlasticama "Likodra" i "Kostajnik", FSD Geozavoda, Beograd

261. **Simić V.,** 1953: Magmatizam i metalogenija naših granitoidnih stena u vezi sa volframovim orudnjenjem, Vesnik Geozavoda, knj. 10, Beograd, str. 191-253.

262. **Simić V.,** 1956: Nove pojave molibdenita na Kopaoniku, Tehnika XI, Beograd, str. 1650-1659.

263. **Simić V.,** 1957: Prilog geološkom poznavanju Donjeg Podrinja, Vesnik Geozavoda, knj. 8, Beograd

264. **Simić V.,** 1957a: Olovna rudišta u Podrinju i razmatranja o njihovoj metalogeniji, Vesnik Geozavoda, br. XIV, Beograd.

265. **Simić V.,** 1958: Reonizacija i karakteristika srednjevekovne rudarske delatnosti u oblasti Kopaonika, Vesnik Geozavoda, knj. 15, Beograd, str. 357-393.

266. **Simić V.,** 1969: Istorijski osvrt na rudarstvo bakarnog rudišta u Boru i okolini, Zbornik radova, br. 8, Bor, str 5-203.

267. **Simić V. M.,** 1962: Petrološka i strukturna studija brnjičkog masiva granitoidnih stena u SI Srbiji, doktorska disertacija, Rud. geol. fak., Beograd.

268. **Smirnov V. I.,** 1968: Genezis endogenih rudnih obrazovanija, Nedra, Moskva, str. 719.

269. **Smirnov V. I.,** 1982: Geologija poleznih iskopaemih, Izd., "Nedra" Moskva, str. 742.

270. **Smejkal S.,** 1960: Strukture, mineralizacije, mineralne parageneze i geneza Pb-Zn ležišta kopaoničke oblasti, doktorska disertacija, Rud. geol. fak., Beograd.

271. **Smejkal S., Jović B.,** 1960/62: Proračun rudnih rezervi u ležištu molibdena Mačkatica, FSD Geozavoda, Beograd.

272. **Spasov T.,** 1965: Metalogenetske odlike majdanpečkog reona, dok. disertacija, Rud.-geol. fak., Beograd, str. 159.

273. **Spasov T., Stevanović O., Milivojević S., Miličić M.,** 1972: Poznata i nova saznanja o genezi bakrovih ležišta u Timočko-Srednjogorskoj zoni, II savetovanje o istraž. bakrovih mineralizacija, Bor, str. 1-24.

274. **Steiger R., Knežević V., Karamata S.,** 1989: Origin of some granitic rocks from the southern margin of the pannonian Basin in Western Serbia, Yugoslavia, Terra Abstracts, vol. 1. 53, Strasbourg.

275. **Stangačilović D., Kostić M.,** 1954: Izveštaj o prospekcionim geološkim radovima na pojavama volframove rude u Masuričkom srezu, FSD Geozavoda, Beograd

276. **Stevanović O.,** 1966: Rezultati dosadašnjih istraživanja i buduća orijentacija u istraživanju bakra u Boru, Sav. i razmatranje dosadašnjih i orijentacija budućih istraž. bakrove mineralizacije na teritoriji SFRJ, Bor, str. 1-24.

277. **Stevanović O.,** 1969: Rezultati dvogodišnjih istraživanja u ležištu Bor, Zbornik radova, br. IX, Bor, str. 13-25.

278. **Streckeisen A.,** 1982: On the use of a normative QAPF for diagram 36. Jor the chemical classification of igneous rocks. IUGS Subc. Igneour Rocks circ. No 35, contr., No. 98.

279. **Streckeisen A., Le Maitre R. W.,** 1979: A Chemical approximation to the model QAPF classifitation of igneous rocks. Neues Yahrb. Mineral. Abh., 136, 169-206.

280. **Stringham B.,** 1971: Fieldes of formation of some common hydrothermal alteration minerals, Econ. Geol. 7. N 6.

281. **Šćeglov A.D.,** 1976: Osnovni metalogenečeskogo analiza, "Nedra" Moskva.

282. **Šćeglov A.D.,** 1968: - Metalogenija oblastej avtonomnoj aktivizacii, "Nedra", Moskva.

283. **Škerlj D., Cukućan M.,** 1978: Izveštaj o osnovnim geološkim istraživanjima molibdenskih mineralizacija na području ležišta Mačkatica, FSD Geoinstituta, Beograd.

284. **Schwartz M.G.,** 1955: Hydrothermal alteration as a guide to ore, Econ, Geol. Fiftieth Anniversary Volume, 1905-1955, pt. 1. 300-323.

285. **Talić Š., Vanđel V.,** 1955: Izveštaj o geološkom istraživanju šelitsko-molibdenitskih pojava u izvorišnom delu Brzećske reke – Gvozdac, FSD Geozavoda, Beograd.

286. **Talić Š.,** 1960: Molibdensko rudište Mačkatice – geološke karakteristike i rudne rezerve sa minimalnim srednjim sadržajem 0.15% Mo, FSD Geoinstituta, Beograd.

287. **Tasić Z., Vasković N.,** 1987: Tercijarni magmatski kompleks SR Srbije - Surdulički eruptivni masiv, FSD, Geoinstituta, Beograd.

288. **Tasić Z., Vasković N.,** 1989: Tercijarni magmatski kompleks SR Srbije - Surdulički eruptivni masiv, FSD Geoinstitut - Beograd.

289. **Theodore C. T.,** 1986: Descriptive model of porphyry Mo, Low – F, Mineral Deposits Models, U. S. Geol. Survey Bull. 1693, Washington, pp 120-121.

290. **Terzić M., Aleksić D., Nikolić D., Jadranin D.,** 1966: Prikaz detaljnije istraživanih zona u timočkom eruptivnom masivu, Sav. o dosadašnjim i budućim istraživanjima bakarne mineralizacije, RTB - Bor, str. 71.

291. **Tihonov D.N.,** 1962: Obuslovijah formrovanija štokverkovogo mestoroždenija, svjazannogo s vulkaničeskimi žerlami (Zabajkalje), Izvestija viših učebnih zavedenij - geologija i razvedka, 1962, No-7, Moskva.

292. **Tomić R.,** 1962: Kontaktno-metasomatska ležišta u području Boranjskog granodioritskog masiva, V Sav. geologa SFRJ Beograd, str. 167-173.

293. **Tomić R.,**1966: Elaborat o dosadašnjim istraživanjima gvožđa u području boranjskog granodioritskog masiva, FSD Geozavoda, Beograd, str. 66.

294. **Tomić R., Đuričković A.,** 1967-1970: Izveštaji o izvršenim regionalnim istraživanjima na Sn, Pb, Zn i Cu u Podrinjskoj oblasti za 1967, 1968, 1969 i 1970. godinu, FSD Geozavoda, Beograd

295. **Tomić M.,** 1974: - Opšte karakteristike matematičkih metoda u istraživanju ležišta mineralnih sirovina, tehnika br. 5. Beograd.

296. **Tomić R., Novaković R., Ilić M., Špadijer S.,** 1976: Izveštaj o izvršenim istražnim radovima na molibdenu i bakru u području boranjskog granodioritskog masiva za 1975 godinu, FSD Geozavoda, Beograd, str. 66.

297. **Tomić R., Ilić M., Đuričković A., Stefanović R., Milićević M.**, 1977: Izveštaj o izvršenim istražnim radovima na molibdenu i bakru u području boranjskog granodioritskog masiva za 1976 godinu, FSD Geozavoda, Beograd.

298. **Tomić R., Ilić M.**, 1978: Izveštaj o izvršenim istražnim radovima na molibdenu i bakru u području boranjskog granodioritskog masiva za 1977 godinu, FSD Geozavoda, Beograd.

299. **Tomić R.**, 1981: Pojave i ležišta Mo-Cu ruda - u projektu osnovnih geol. istraživanja. Mo-Cu u području Boranjskog masiva u 1982. godini, FSD Geozavoda, Beograd, str. 11-14.

300. **Turekian K. K., Wedepohl K. H., 1961:** Distribution of the elements in some major units of the earths crust, Bull. Geol. Soc. Amer., No. 72, pp. 175-192.

301. **Tutlle O. F., Bowen N. L., 1958:** Origin of granite in the light of experimental studies in the system Na Al Si_3O_8 – K Al Si_3O_8 – SiO_2 –H_2O, Geol. Soc. Amer. Mem. 74

302. **Urošević M., i dr.**, 1973: Tumač OGK list Novi Pazar, 1:100.000, Sav. geol. zav., Beograd, str. 77.

303. **Urošević M., i dr.**, 1973a: Tumač OGK list Vrnjci 1:100.000, Sav. geol. zav., Beograd, str. 69.

304. **Urošević S.**, 1899: Cer - Petrigrafska studija, Glas Srp. kralj. Akad., LVI, Beograd.

305. **Urošević S.**, 1903: Boranja, studija kontaktno – metamorfnih pojava granita, Glas SANU, LXV, prvi razred 25, Beograd, str. 9-52.

306. **Vanđel V., Kostić M.,** 1954: Izveštaj o izvršenoj prethodnoj prospekciji na šelit u užem reonu rudnika Mačkatica, FSD Geozavoda, Beograd.

307. **Vanđel V.**, 1955: Rezultati ispitivanja mačkatičkog molibdenskog rudišta u pogledu volframa, FSD Geozavoda, Beograd.

308. **Vanđel V.**, 1958: Geološki prikaz rudnih pojava na Kopaoniku, Vesnik Geozavoda, br. 15, Beograd, str. 255-277.

309. **Vanđel V. i dr.**, 1975: - Potencijali mineralnih sirovina i mogućnost njihovog korišćenja kao faktor dugoročnog razvoja privrede SFRJ - molibden, Zbornik radova, Split 1975.

310. **Vanđel V., i dr.,** 1973: Istraživanje bakrove mineralizacije na teritoriji SFRJ, III Savetovanje o istraž. bakrove min. na teritoriji SFRJ RTB-Bor, str. 1-8.

311. **Vasković N.,** 1997: Petrologija kontaktno-metamorfnih stena oko granitoidnog masiva Surdulice, dok. disertacija, Rud.-geol. fak. Beograd.

312. **Venickij I. S., 1975:** Raskazi o metallah, Izdateljstvo metalurgija, Moskva, str 207 (Prevedeno na srpski 1986, IRO "Vuk Karadžićđ", Beograd).

313. **Vernadskij V.I.,** 1983: Očerki geohimiji, Izdateljstvo "NAUKA", Moskva, str. 422.

314. **Vinogradov A.P.,** 1962: Srednie soderžanija himičeskih elementov v glavnih tipah izverženih gornih pored zemnoj kori, Geohimija, No. 7, Moskva, str. 555-571.

315. **Vračar N., Simić O., Marković S., 1974:** Luženje siromašnih koncentrata molibdena, Rudarski glasnik Rudarskog instituta, br 2, Beograd, str. 29-35.

316. **Vučković B.,** 1996: Geološke karakteristike porfirske mineralizacije bakra "Drenova" i karakter vertikalne i horizontalne zonalnosti distribucije molibdena, XXVIII oktobarsko savetovanje, Donji Milanovac, str. 31-35.
317. **Vujanović V.,** 1956/57: Genetska klasifikacija rudnih ležišta Mačkatice i Surduličke oblasti, FSD Geoinstituta, Beograd.
318. **Vujanović V.,** 1959: Genetska klasifikacija rudnih ležišta Surduličke oblasti, Gl. prir. muzeja, Beograd, str. 255-277.Mačkatičke i
319. **Vujanović V., Divljan S., Ćebić V.,** 1980: Parageneze hroma, titana i sulfida u lokalnosti Valmište (Crna Trava) sa petrologijom terena, Radovi Geoisntituta, knj. 14, Beograd, str. 67-80.
320. **Vukanović M., Dimitrijević M., Dimitrijević M.N., Karajičić Lj., Rakić M.,** 1977: Tumač OGK list Vranje, 1:100.000, Savezni Geološki zavod Beograd, str. 58.
321. **Vukašinović S.,** 1963: Izveštaj o aeromagnetskim ispitivanjima JI Srbije, Fond stručne dokumentacije SGZ, Beograd.
322. **Vukašinović S.,** 1973: Interpretacija aeromagnetskih anomalija Kosmaj-Barajevo. Radovi Geoinstituta, knj. 8, Beograd, str. 47-52.
323. **Vukašinović S.,** 1976: Anomalno magnetsko polje i geološka građa unutrašnjih dinarida, Posebno izdanje Geoinstituta, knj. 5, Beograd, str. 92.
324. **Vukašinović S.,** 1978: Geološka interpretacija anomalnog magnetnog polja šireg područja Kopaonik-Jastrebac, Radovi Geoinstituta, knj. 12, Beograd, str 65-73.
325. **Vukašinović** S., 1979a: Geostrukturna reonizacija i selekcija rudno perspektivnih terena šireg područja Surduličkog eruptivnog masiva na osnovu visoko preciznih aeromagnetskih podataka., Radovi Geoinstituta, knj. 13, Beograd, str. 9-16.
326. **Vukašinović S.,** 1979: Rasprostranjenost timočke zone magmatita na jugoistoku, stepen kontinuiteta magmata ispod sedimentnog porivača i tereni gde se mogu očekivati skrivena rudna ležišta, Radovi Geoinstituta knj. 13, Beograd, str. 17-20.
327. **Vukašinović S.,** 1980: Ridanjsko-krepoljinski razlom i magmatiti-potencijalno rudonosni tereni kroz anomalije geomagnetnih polja, ZSGD za 1979., Beograd, str. 113-116.
328. **Vukov M.,** 1998: Magmatske stene, Rud.-geol. fak. Beograd, str. 487.
329. **Wallace R. S.,** 1991: Model development: Porphyry Molybdenum Deposits. Econ. Geol., Monofraf 8: Historical Perspectives of Genetic Concepts and Case Histories of Famous Discoveries, p 207-224.
330. **Walter T.H.,** 1967: - Petrologija, Savremena administracija, Beograd.
331. **Westra G., Keith S., 1981:** Classification and Genesis of Stockwork Molybdenum Deposits, Econ. Geol., Vol. 76, No. 4, pp 844-874.
332. **Wilson G.,** 1933: The Geology, petrology and strukture to the problem alpine tectonica, Geol. anali Balkanskog pol., knj. XI, Beograd.

Summary

DEPOSITS AND OCCURRENCES OF MOLYBDENUM IN SERBIA

The disposition in space and time of molybdenum deposits and occurrences in Serbia is largely controlled by the general geological evolution of the environment which they formed. The territory of Serbia south of the Sava and the Danube is divided into four metallogenic provinces, and these into units of lower orders (districts, zones, areas): (a) Dacian metallogenic province in NE Serbia; (b) Carpatho-Balkan metallogenic province in eastern Serbia; (c) Serbian-Macedonian metallogenic province in central Serbia; and (d) Dinaric metallogenic province in SW Serbia. Each of the provinces is characterized by particular structural geology and pattern, and a particular assemblage of minerals, associated with the geological evolution. The presence of particular ore formations in Serbia is the basis for a regional prediction of metalliferous resources, or most of metals including molybdenum. When the formation of the Carpatho-Balkan and the Serbian-Macedonian metallogenic provinces was in its final stage in the Cretaceous/Tertiary sub-eras, most of the economic metallic ore deposits were formed, including those of molybdenum.

Of particular importance for molybdenum are ore deposits that formed in rift features above the subduction zone of the oceanic lithosphere (Tethyan Eurasian metallogenic belt) and filled with volcanogenic, volcanogenic-sedimentary and plutonic rocks (Bor and Ridanj-Krepoljin metallogenic zones) which bear trace molybdenum in porphyry copper, and ore deposits associated with the collision of the European and African continents and the consequent tectono-magmatic processes (ore deposits and occurrences in the Serbian-Macedonian Massif and the Vardar Zone).

Besides the building thickness of the Earth's crust, a consequence of the continental plates' collision was heating at the contact from the plate grinding and heat flows from the upper mantle. These processes involved partial melting deep in the continental crust and generation of granitic and granodioritic magmas (magmas of crustal derivation) above the zone of Earth's crust overlapping. Magmas ascended toward lower pressures, above the overlapped crust, the same zones where ophiolite melange occurs or in the frontal parts of the continental block ascending over.

According to their petrochemical characteristics, magmatic rocks in the provinces and adjacent areas formed along the collision line of the African and the European continents, belong to the group of calc-alkalic rock series. The former two series consist of many differentiates with basalts at one and rhyolites on the

other end, and far prevailing dacite-andesite. The most widespread among alkalic rocks are quartz latite and latite. Trachyte and leucite are only locally found. Generally, all rocks are characterized by slightly increased potassium, particularly the younger products (potassic basaltoid rocks).

Magmatic rock complexes are commonly found in regional (deep) fault zones, frequently associated with arch structures along the continent head-on collision line. Several fault zones are recognized in Serbia and adjacent regions, along which Tertiary volcanogenic-plutonic rocks were formed in the collision domain of the European and African continents, viz.: western zone of Cer, Boranja, Srebrenica; central zone from Fruška Gora to southern Kopaonik and Ajvalija; Lece-Zletovo-Chalcidice and Besna Kobila-Osogovo-Thasos zones.

Tertiary magmatites are always represented by granodiorites to quartz monzonites, as plutonic facies formed from magma chiefly in shallow intrusions; and by andesites, dacites and quartz latites, as volcanic products. The petrological character of these rocks is not different. Many Pb, Zn, Sb, Mo and other ore deposits are associated in space and derivation with the volcanic-intrusive rock complexes, formed during the Eocene-Oligocene to Pliocene.

Magmatic complexes associated with the subduction include volcanic and plutonic rocks. The volcanic series altered in composition from tholeiite basalts and basalt andesites and andesites to dacite or infrequently rhyolite. Intrusive plutonic bodies, formed by repeated intrusions, altered in composion from gabbro to diorite and tonalite to granodiorite and granite, with dominant intermediate rocks.

Ore deposits genetically associated with calc-alkalic and magmatic rocks, formed above the subduction zone of the oceanic lithosphere (Bor and Ridanj-Krepoljin metallogenic zone), are dominantly copper and gold deposits with trace elements Fe, Ag, As, Ge, Mo, Se, etc. and locally with Pb and Zn. Molybdenum does not form deposits, but is a trace element in porphyry copper deposits.

Classified by mineral composition, formation conditions, and disposition of ore mineralization in rocks, the genetic types of mineralization and paragenetic sequences of molybdenum minerals associated with the cal-alkalic magmatic complexes are: skarn and hydrothermal types.

Skarn deposits and molybdenum occurrence are few in Serbia. This type of mineralization includes molubdenum ore at the contact of Kopaonik granitoid aureole (Gvozdac, Duboka, Čajetina) and Boranja.

Hydrothermal deposits of molybdenum are much more important than those of skarn. They formed under high temperature to mesothermal conditions. Hydrothermal deposits and occurrences are those of porphyry copper, stockwork-impregnated (porphyry) and veinlets of molybdenum.

The hydrothermal deposits of porphyry copper are Majdanpek, Veliki Krivelj, Dumitri Potok, Cerova, the Borska river, etc. all in the Bor metallogenic zone of diffused molybdenum (Mo from 0.005% to 0.01%). Molybdenum has not been extracted so far, being inconveniently diffused in relation to copper.

Also of porphyry type are the Cu-Mo mineral occurrences on Kriva Feja and Novi Glog, the Besna Kobila metallogenic zone.

The hydrothermal-stockwork-impregnated (porphyry) molybdenum is economically the most important type of deposit. Major deposits of this type are Mačkatica and Borovik and other occurrences in Mačkatica field, and single occurrences in the contact aureoles of Boranja.

The hydrothermal-vein deposits of molubdenum and genetically associated with acidic and medium-acidic igneous rocks. In composition, these are mostly quartz-molybdenite and molybdenite-scheelite veins bearing accessory copper sulphides, pyrite, pyrrhotite, and occasionally uranium minerals. Mo-minerals of this type are found in Stari Glog and Prvenek, partly in the Romanovska and Masurička rivers (Surdulica eruptive massif), then in Hercynian granitoids of eastern Serbia (Tande, Luke) and molybdenum-quartz veins of high radioactivity in Aldinac-Repušnica area, Stara Planina.

In the present stage of our knowledge of the geology of Serbia, molybdenum mineralizations belong to Hercynian (granites of eastern Serbia) or Alpine (porphyry copper of the Bor metallogenic zone) metallogenic epochs. Tertiary, Oligocene-Miocene, molybdenum deposits are in the Serbian-Macedonian metallogenic province, or in the Serbian-Macedonian Massif and the Vardar Zone. An assessment of the potential mineral sources in each metallogenic unit is based on the metallogenic characteristics of the lower units expressed in the possible metal reserve in them.

The Serbian-Macedonian metallogenic province is characterized by Tertiary metallogeny, or deposits and occurrences associated with the Tertiary subvolcanic-hypabyssal intrusions of calc-alkalic magma.Basic regional factors controlling the deposition of ores and magmatic rock complexes are deep fault zones dislocated in large geotectonic units: Serbian-Macedonian Massif and the Vardar Zone. Tertiary volcanic intrusive complexes influenced the formation of many hydrothermal and skarn deposits and occurrences of metallic mineral ores, primarily of lead-zinc and antimony, then molubdenum, copper, wolfram, manganese, gold, silver, bismuth, etc.

The Serbian-Macedonian Massif (SMM) is a large unit in the tectonic framework of Balkan peninsula, situated between the Carpatho-Balkanides in the east and the Vardar Zone in the west. This crystalline core of NNW-SSE general direction extends northward to Belgrade (and further concealed by Pannonian sedimentary deposits) and southward across Macedonia into northern Greece to Chalcidice plunging into the Aegean Sea. A basic feature of SMM is its crystalline structure composed of Precambrian, Riphean/Cambrian, and Paleozoic metamorphic rocks, and of different varieties of sedimentary and magmatic rocks.

Particularly important for metallogeny are Tertiary volcanic intrusive rock complexes, which are products of Neogene tectono-magmatic processes. The complexes are generally divided into two metallogenic zones: western, Lece-Bujanovac-Zletovo-Chalcidice zone and eastern, Besna Kobila-Osogovo-Thasos zone. Of particular interest for the molybdenum metallogeny, in SMM, is the Besna Kobila metallogenic zone.

The metallogenic province or the Besna Kobila zone is one of major potential sources of Pb-Zn ores in Serbia. Ore deposits of Pb-Zn and Mo are spatially distributed dominantly in crystalline schists, and in volcanic intrusions of Tertiary plutonic granodiorite. The distribution pattern of mineral parageneses show certain zoning. Lead and zinc prevail in the north of the zone, whereas molybdenum is developed to the south with the associated wolfram and copper and local occurrence of Pb-Zn mineralization. Dominant in the central and southern parts of the metallogenic zone are lead and zinc and very low copper and moybdenum. A similar trend continues into Macedonia, with local silver enrichment and small antimony occurrences.

The metallogenic zone of Besna Kobila is extending from SE of Leskovac to Mačkatica, Surdulica, Besna Kobila, to Karamanica, further to Osogovo in Macedonia and more SE into Greece and plunging into the Aegean Sea. The zone occupies central and eastern SMM and has the same trend as the deep boundary dislocations of the massif. Its average width is between 15 km and 20 km, and the traceable length over 300 km.

The basement of the metallogenic zone consists of the Vlasina complex intruded by larger or smaller masses of Paleozoic and Triassic granitic bodies and Triassic volcanic rock complexes.

Tertiary magmatic complexes are represented by volcanic/plutonic rocks. The prevailing plutonics are dominant Surdulica granodiorite and Crnooka granite, comprised by 80% to 90% of the exposed rocks. Unlike the most of Serbia, the granitoids of Besna Kobila zone are older than volcanic rocks. Neogene magmatic complexes of the Besna Kobila zone are very important for the large lead-zinc and molybdenum ore deposits.

Surdulica granodiorite massif is one of major massifs in Serbia, elongated in N-S direction. Its surface area is about 220 km^2, width about 11 km, and length exceeding 25 km. This granodiorite massif that is deeply eroded extends from Surdulica in the north to Petrova Gora in the south. Both north and south of the pluton, solidified porphyry varieties are noted; those north of the Vrla river are classified as dacite, and those in the south around Novi Glog and Stajevac as quartz latite and dacite. The massif is composed dominantly of medium- to coarse-grained granodiorite and monzogranite which are the main intrusive facies of granodiorite magma.

Several deposits and occurrences of molybdenum, the largest being Mačkatica, are located in the area of Surdulica eruptive massif and its margin. For the number and the size of ore bodies in Mačkatica deposit, which is part of the complex, it is one of the most important in Serbia, in Europe, and even the world. Molybdenum minerals also occur on Brod north of Crna Trava, in Surdulica area (the Misuricka and the Romanovska rivers), Kriva Feja, Stari Glog, and Novi Glog in the extreme south of the extensive massif.

However different in particulars, the mode of occurrence and the rocks containing them, molybdenum deposits and occurrences in this ore zone are associated with Oligocene dacites and andesites penetrating metamorphic rocks of

the Vlasina complex. Mo-mineral was introduced into hydrothermally altered (silicified, sericitised, K-feldspathised) dacite and schist and on their surfaces, less frequently into granodiorite. The general mode of the mineral occurrence in rocks is controlled primarily by pre-ore tectonic events, mainly by the size and width of faults zones.Where rocks were more crushed, where fractures and fissures were dense and intersected, stockwork ore bodies have formed impregnated between veins. Where fractures were single or far appart, typical thicker or thinner ore veins have formed.

Molybdenum occurrences in the area of Surdulica eruptive massif are classified into three groups. One is hydrothermal stockwork-impregnated type of mineralization characterized by large-size bodies and low proportion of molybdenum, less than 0.1% on average. Deposits of this type are Mačkatica and Borovik. Another type includes hydrothermal quartz-molybdenite veins, small in size and less than 0.5 m thick (Stari Glog, partly the Masurucka and Romanovska rivers), but high in molybdenum (from 0.65% to 4.5%). Finally, porphyry type of Cu-Mo mineral found on Kriva Feja and Novi Glog in the exomorphic contact of granodiorite, or quartz monconite, and porphyrite with low proportions of molybdenum (up to 0.07%) and copper (up to0.1%) in small reserves.

Molybdenum ore field of Mačkatica is Located on Čemernik Mt. (1638 m) about 7 km NE of Surdulica, in an area of about 30 km^2. Two large molybdenum deposits in this ore field are the Mačkatica deposit in Popova valley and the Borovik deposit on Borovik hill. Other occurrences are in Kućišnjak, Pavlova, Meča, Mamutova, Malikina and Groznatova valleys, the Troskački and Đokanov brooks, Gavranica, etc.

The ore field is made up of crystalline schists of the Vlasina complex and Tertiary magmatite, dominantly dacite. Most widespread of crystalline schists are Riphean/Cambrian muscovite and albite-muscovite schists. The disposition of Mo-ores is controlled by fault sets and by lithology and magmatization. The fault sets consist of numerous longitudinal, transverse and oblique faults formed by repeated deformational episodes, manifested on the surface by extrusions of young magmatite, hydrothermal alterations, ore occurrences, iron hats, etc.

Molybdenum mineral is deposited in different rocks – in hydrothermally altered dacite, at dacite/schist contact, and in schists and quartzite enclosed in dacite. This is the stockwork-impregnated type of mineralization closely associated with silicification, sericitisation, and K-feldspathization. The hydrothermally altered areas, or mineralized areas, are characterized by low Na_2O and increased K_2O and high K_2O/Na_2O ratio.

Mo-mineral in theMačkatica ore field occurs in each ore body and zone in a similar mode. Dense sets of very thin quartz veins and veinlets with pyrite and molybdenite weave through tectonically predisposed zones of almost E-W trend. More the rock mass was crushed in the pre-mineral feature, more suitable it was for mineralization. Boundaries of ore bodies are not distinct but gradual, determined mostly on chemical analyses.

Molybdenite ore bodies are commonly lenticular, elongated in E-W to WNW-ESE direction, rarely irregular and isometric, slightly dipping to the north or NNE. Some bodies extend from 100 m to 350 m at depths over 250 m, and vary in thickness up to about 250 m. A few bodies have a surface area of more than 20,000 m^2.

Mineral composition of Mo-ore on Mačkatica is simple. Quartz, pyrite and molybdenite are essential mineral constituents that occur either in sets or single veins. Purely molybdenite veins are rare, while most frequent are quartz veins. Associated with the essential minerals are negligible amounts of chalcopyrite, hematite, scheelite, sphalerite, galena, and rarely wolframite. Scheelite is quite extensive in Mo-ores of Mačkatica, but it occurs in small amounts, consequently in small WO_3 proportions. Molybdic ochre, together with limonite, is quite frequent in the oxidation zone, where also occurs malachite, and chalcosine, bornite and covellite in traces.

Molybdenite in the ore bodies of Mačkatica ocurs in several modes: (a) lies in the rock in very thin solely molybdenite veins which are scarce but contain higher amounts of pure molybdenite; (b) assembled on salbands of mixed vains (mainly quartz), in scales of less than 1 mm (most of molybdenite on Mačkatica occurs in this mode); (c) locally denser or thinner grain impregnations deep in the rock. Granular molybdenite is found in porous and coarse-grained parts of the rock.

The different molybdenite emplacements in mineralised rocks influence the quality of the ore and the percent of the metal recovery by flotation.

The Mo-ore reserve of the Mačkatica ore field is estimated at present at 120 million tons of 0.06% Mo, or 0.106% MoS_2 (Tab. 38). Some ore bodies have a higher proportion (up to 0.2% Mo). The expected reserve, according to prospecting and geological data, geochemical anomalies, and numerosity of ore occurrences, is probably much higher.

All earlier engineering analyses and economic estimates suggest uneconomic ore reserves on Mačkatica for Mo-ore extraction at the present market price of molybdenum concentrate.

Mačkatica molybdenite concentrate contains about 150 g/t Re. Molybdenite ore on Mačkatica contains low amounts of copper (40-50 ppm). Wolfram is also low, even in the richest bodies ("A") WO_3 is not exceeding 0.026%. Gold is contained by about 0.02 g/t.

Contiguous to the Mačkatica field, in the area of Surdulica granodiorite massif of the Besna Kobila metallogenic zone, several Mo-mineral occurrences discontinuously extend from Brod, north of Crna Trava, into Surdulica, Kriva Feja, Stari Glog, and Novi Glog areas.

Molybdenite occurrences on **Brod** are found in the Belčinski brook across the Rašane village area where dacites are heavily silicified and kaolinised. These are sparse quartz veins, 5-10 cm thick, composed of coarse-crystalline quartz, pyrite, scaly molybdenite, and chalcopyrite. Molybdenum proportion in quartz veins varies within a wide range from 0.02% to 0.8%, and copper from 0.01% to 0.1%.

In **Surdulica-Misurička river** area, several molybdenum and wolfram occurrences are found in Ćurkovica-Studenički Potok, the **Misurička** and the Romanovska rivers. Mo-mineral is generally found in hydrothermally altered granodiorites near small dacite intrusions. Molybdenum, and wolfram, mineralisations are associated with tectonic zones, locally as much as 100 m to 200 m thick, in ENE-WSW strike direction. These are generally small quartz-molybdenite veins and veinlet impregnations with low contents of molybdenum and wolfram (Simić). An extensive veinlet of impregnated Mo-mineral, in ten identified intervals varying in thickness from 0.5 m to 1.7 m that contained 0.02% to 0.13% Mo, is located in a tectonic zone between 100 m and 200 m thick of almost E-W trend in Curkovica-Studenički Potok area. Wolfram occurrences of single scheelite veins or 7 m thick zones in the Studenički Potok contain WO_3 by 0.05% to 0.15%.

Wolfram occurrences in the **Romanovska river** are much commoner than those of molybdenum. Both minerals are more frequent in Donji Romanovci, that is in the Lokvanjski Potok on Pričel hill, and in the middle course of the Romanovska river. Minerals occur along the fault zones in WNW-ESE to NW-SE directions in hydrothermally altered, limonitised, silicified, or pyritised zones of granodiorites less than 10 m thick. Molybdenum content varies up to 0.1%, and wolfram to 0.07% WO_3.

Similar occurrences of Mo-minerals are found in Opalenički Rid and Koštinjak, the **Misurička river** area. Veinlets and impregnations of Mo-mineral occur in small dacite intrusions into granodiorite which is silicified, locally cataclastic and pyritised. Molybdenum and copper are contained from 0.03% to 0.1% and from 0.02% to 0.1%, respectively (Simić).

Mo-Cu minerals on Kriva Feja, localised in the Crnoviška and the Gornja rivers, is of the porphyry type, generally associated with hydrothermally altered porphyroid varieties of granitic magma (granodiorite porphyrite, quartz monzonite porphyrite, etc.). Cu-Mo mineral of veinlet-impregnated type on Kriva Feja is composed of pyrite, magnetite, chalcopyrite, molybdenite, quartz, and rarely calcite.

Average copper and molybdenum concentrations vary from 0.04% to 0.08% and from 20 ppm to 80 ppm, respectively. Gold and copper, the elements characteristic of this type of mineralization, vary within similar ranges: Au from 0.02 to 1.31 g/t and Ag from 0.2 to 6 g/t (Simić).

Molybdenite occurrences are more frequent at **Stari Glog and Prvonek on Crni Vrh Mt.** Molybdenite occurs in quartz veins mostly varying in thickness between 5 cm and 10 cm, or 40 cm at the most. Quartz vein salbands bear thin molybdenite crusts. Although rich in molybdenite, these scarce single veins have a small economic value. Mo-mineralization is genetically associated with dacite that intrudes crystalline schists and partly granodiorites. Short trial adits were excavated in these ore occurrences before the Second World War. The saved records indicate a variable Mo concentration from 1% to 4.5%, or minimum 0.65%. In some

localities (Tanka Rtina), also high contents of gold, 3 g/t, and silver, 11.9 g/t, were reported.

Molybdenum and copper occurrences are more frequent southward of Stari Glog, in **Novi Glog** area, in the Mala river left tributary and the source area of the Petrogorski Potok. Mo-Cu mineralization is associated with silicification, pyritisation, K-feldspathisation, and less advanced biotitisation and sericitisation. Molybdenite and chalcopyrite, with quartz and pyrite, most frequently occur in veins and crusts along fractures and fissures of different trends and dips, and less in single grains or grain masses.

Best results on copper and molybdenum were obtained in the Mala river where impregnated poor mineral veinlets (porphyry type) contained Mo from 0.025% to 0.07% and Cu from 0.047% to 0.15%. Similar minerals were found in the source area of the Petrogorski Potok.

The Vardar Zone in central Balkan peninsula is a labile rift area extending to Belgrade in the north and through Macedonia and Greece into the Aegean Sea and probably further into Asia Minor. It clearly differs in the east and west from the SMM and the Dinarides, or the Pelagonian Massif. On the territory of Serbia, the Vardar Zone has a length of over 350 km and average width of about 75 km.

A particular tectonic feature of the Vardar Zone is that during most of the Jurassic it was a closing domain of the Tethyan basin. In other words, a rift in the oceanic type of the Earth's crust formed during the Jurassic and closed in the late Jurassic and the early Cretaceous.

For metallogeny, or the genesis and disposition of mineral deposits, particularly important are Tertiary volcanogenic intrusive groups of calc-alkalic rocks to which are genetically related most of polymetallic mineralizations, particularly lead, zinc, and antimony deposits. Other deposits and occurrences belong to inferior or lower categories in the general metallogenic pattern of the zone. Molybdenum occurrences in the Vardar Zone are found in the granodiorite contact aureoles of Kopaonik and Boranja.

Boranja ore field with the dominant Boranja granodiorite massif is the most interesting part of the Podrinje ore region. Many deposits of this ore field were generated from the subvolcanic-plutonic intrusions of the unified magmatic rock complex of Boranja. Among the varied ore deposits and occurrences characterizing the Boranja granodiorite massif, the contact-metasomatic iron, and less frequent copper, wolfram, molybdenum, and bismuth deposits are most important for their distribution and economic value.

Granitic rocks at the southern contact of the Boranja granitoid, near skarns, were exposed to hydrothermal alteration that resulted in Mo-mineralization. The best known molybdenum ore occurrence (Rudni Potok) is in the area Velika Reka-Rudni Potok-Duge Njive. Old and new records mention lively mining activity in this area. The old mines were worked for molybdenum, copper, iron, and lead and zinc.

Molybdenum mineralization in the Rudni Potok was partly explored in adits at levels 320 (left bank) and 330 (right bank) in a total drift length of 355 m, The Cu minerals are of the stockwork-impregnation type, localized in hydrothermally altered (silicified) fenodacites, granitoids, skarns, and hornfels in the form of intricate quartz-molybdenite veinlets or impregnated pyrite-chalcopyrite assemblages of east-west trend. The respective mean molybdenum and copper concentrations in the ore are 0.054% and 0.01% to 0.2%.The small reserve of the ore is not estimated economic for extraction, though the low degree of exploration should be taken into consideration.

Kopaonik metallogenic region is one of the most important mineral resources in Serbia, foremostly of lead and zinc. The region extends from the Zapadna Morava in the north, along the Ibar right bank to near the Binačka Morava in the south (more than 120 km in length and about 40 km maximum width). Geologically, the Kopaonik metallogenic region is made up of Paleozoic metamorphic rocks, serpentinised peridotites, diabase-chert formation, Lower Cretaceous sedimentary rocks, Tertiary magmatic and sedimentary rocks.

Intrusion of magma caused a sequence of rock adjustments, contact metamorphic and contact-metasomatic changes in all rocks forming Kopaonik mountain including Tertiary volcanic rocks of both phases which preceded the general magmatism. The contact-aureole formed in an irregular ring around the central Kopaonik granitoid of about 34 km^2 in area.

Several molybdenite occurrences have been found in the contact-metamorphic aureole of the central Kopaonik granitoid, particularly in its eastern margin. Some occurrences were explored by minor mine workings in the late fifties and in the seventies. Molybdenum mineralized in skarns, hornfels, and less in limestones. Notable mineral assemblages are the dominant molybdenite-scheelite, and molybdenite-chalcopyrite, or molybdenite-chalcopyrite-bornite and scheelite-molybdenite. All of them derived from high-temperature hydrothermal solutions that affected formerly altered skarns and hornfels. Generally, molybdenite occurs in scales or forms small nests in thin veinlets and fissures, or is diffused. Major molybdenite occurrences are Gvozdac-Srebrenac, Duboka and Čajetina, in southern and southeastern parts of the Kopaonik granitoid.

Gvozdac Mo-mineral occurrence is geologically made up of limestones interbedded with schist that is intruded by a large diorite mass. Mo-mineralization is located in skarns and hornfels. Molybdenite occurs in veinlets permeating granodiorites which are endocontact-altered. Scheelite, with associated chalcopyrite, is impregnated in skarns.

The mineralized skarns and hornfels are not thick, in which molybenite occurs in a discontinuous pattern. Veinlets and stringers of molybdenite are less than 0.12 m, rarely 0.2 m, thick sparcely distributed over an area of about 30 ha.

In addition to molybdenite and scheelite, other minerals are found in minor concentrations: chalcopyrite, bornite, chalcosine, arsenopyrite, pyrite, linnacite, pyrrhotite, sphalerite, tetrahedrite, stannite, and hematite. Locally are noted, associated with chalcopyrite, native bismuth and gold, rarely small grains of

cassiterite. Molybdenite-scheelite mineralization in Gvozdac-Srebrenac area has not been estimated so far as an economic reserve.

Molybdenite occurrences in **Duboka**, 3 km NE of Pančić Peak, are localised in hornfels schists along fractures of N-S trend. Molybdenite forms small masses or impregnations along faults that can be traced over a length of 60-70 m. The mineralization zone is about 40 m wide and traced on dip also over 40 m. Besides molybdenite, which has partly transformed into powellite on the surface, there are sporadic occurrences of scheelite and chalcopyrite. The small reserves of these minerals are not economic.

Mo and Cu occurrences on Čajetina are located in the southern area of Kopaonik, near the contact of quartz microdiorite and schist replaced by hornfels, or adjacent rocks replaced by skarn. Minerals that occur on Čajetina are chalcopyrite, molybdenite, then pyrite, chalcosine, bornite, arsenopyrite, pyrrhotite, and limonite.

Molybdenite occurs in veinlets and impregnations commonly associated with pyrite and chalcopyrite. The mineralized zones vary in thickness from a few to ten or more metres. The molybdenum concentration vary from 4 ppm to 1900 ppm, and copper from 0.12% to 1% with 0.03% to 0.05% Au, and 2-3 g/t Ag. The works on Čajetina were discontinued before an estimate was made of the amounts and Mo/Cu proportions in the ore.

The Carpatho-Balkanides is one of major tectonic units of Serbia and a region of many ore deposits, including the dominant copper and gold. Molybdenum occurs in quartz-molybdenite veins, quartz-molybdenite-uranium veins, and in traces in porphyry copper deposits of the Bor metallogenic zone. Quartz-molybdenite veins associated with scheelite occur in the Perin Potok, Veliki Gabar, Mali Gabar, and Luke of the Gornjane granodiorite massif.

Molybdenite with scheelite occurrenes in the Perin Potok are located in the extreme south of the Gornjane granodiorite massif. Quartz-molybdenite veins of 0.05 m to 0.2m in thickness are emplaced in hydrothermally altered, mostly kaolinised granites with red feldspars. Minor molybdenite occurrences are in amphibolites along the granitoid margin which bear aplite and pegmatite.

The mineral paragenesis of molybdenite and scheelite includes some chalcopyrite and pyrite. Molybdenite proportion in scheelite is as high as 1%. The occurrences in the Perin Potok are not of economic importance.

In **Veliki Gabar and Mali Gabar**, in Gornjane granitoid rocks, thin quartz veins contain molybdenite associated with chalcopyrite and pyrrhotite. The veins are single, sparse occurences in a relatively small area, without economic importance.

Scheelite with a small proportion of molybdenite occurs in a small amount and area at Selište, the village of **Luke**.

Molybdenite-uranium occurrences at Repušnica (Bazova Padina) are associated with fractures and fissures in granodiorite porphyry intrusions and veins near the contact with gabbros. Fractures and fissures are filled with kaolinite and quartz bearing crusts and minor nests of molybdenite and uranium mineralization

(uranium-bearing mineral is not identified). There are also sparse scheelite, pyrite, and limonite crusts. The mineralized zones are not thicker than one metre.

Mo-U ore occurrences in Cvetkov Dol are similar to those of Repušnica, only in weathered and crushed granodiorite porphyry of Aldinac near the contact with gabbros. Impregnated molybdenite with an increased radioactive radiation intensity is registered in a pyrite-quartz area of about 100 m in length. Pyrite, molybdenite, and transitions into marcasite and rarely hematite are finely disseminated in quartz and adjacent rocks.

Mo-U ore occurrences in Sorčin Dol and Zvorčino Branište near the village of Aldinac are found in compact granodiorite porphyry, in pyrite veins bearing molybdenite.

Uraninite-chalcopyrite occurrence in the Trepetljak Potok is found in gabbro near a minor granodiorite porphyry intrusion. It is a vein, 5-15 cm thick, composed of pyrite, chalcopyrite, magnetite, hematite, chalcosine, covellite, uraninite, fluorite, and rarely molybdenite.

Generally, Mo-U occurrences in Aldinac-Repušnica area, which are scanty and in small amounts, have a mineralogical rather than economic importance.

The highest concentrations of molybdenum in **the Carpatho-Balkanides of eastern Serbia** are found in porphyry copper deposits of **the Bor metallogenic zone**. Though a trace element of variable proportion, mostly about 30-40 g/t, the amount of molybdenum in porphyry copper deposits is large, because the copper reserve is large. In the copper ore flotation, the part of molybdenum that separates into copper concentrate may be 400 to 600 g/t.

For separation of molubdenum into a particular separate, laboratory and semi-pilot tests were used. The tests proved that flotation may give a low-molybdenite concentrate of relatively satisfactory metal recovery. The molybdenum proportion in the concentrate varied from 7% to 8.5%, and also contained rhenium from 150 g/t to 4 g/t, copper from 7 % to 8.5%, and iron about 16%.

Copper ores identified so far in Bor metallogenic zone, i.e. in Serbia, are characterized by a constant depletion of quality ore and increasingly difficult enineering-economic conditions for the estimate of the ore reserves. Also the current production forms extremely low accumulation of capital for any investment into research, development or new technologies.

New copper deposits with molybdenum can be expected in Serbia in the Bor metallogenic zone. The optimistic prediction of the potential future sources in the Bor metallogenic zone is based on the identified copper mineralization, associated with the Upper Cretaceous magma, that has given about twenty million tons of copper and more than thousand tons of gold contained in this mineral. Only in the area between Bor and Cerova, twelve million tons of copper have been deposited, which indicates a high productivity of the primary calc-alkalic magmas in copper and gold. The places of magma intrusion have not yet been all prospected and explored.

Copper ore reserves, geological and developed, according to the present exploration data, are given in Tab.39, which shows the potential sources of Cu, Mo, Au, Ag, and other trace elements in the Bor metallogenic zone. The total Cu-ore reserves are 2,083.410,000 tons, that contain 0.420% Cu, 0.0043% Mo, 0.167 g/t Au, 1.277 g/t Ag, or 8.757,200 tons of copper and 89,944 tons of molybdenum. The explored mineral ores contain a low proportion of copper and trace elements as compared with most of similar deposits over the world, especially Mo, Au, Ag, Re, Pt, Pd, etc., and a further quality deterioration, or depletion, with the progress of extraction. Molybdenum is contained in porphyry deposits, elsewhere in the world, from 70 g/t to 350 g/t (Tab. 37).

Future recovery of molybdenum concentrate from the porphyry deposits of the Bor metallogenic zone will depend on copper extraction, or on developing efficient flotation techniques for molybdenite concentrate separation. Past tests on laboratory and semi-pilot scaleshave shown that it is possible.



Dr MILOSAV SIMIĆ je rodjen 22. 09. 1941. godine u selu Banja (Metohija). Osnomogišnju školu završio je 1956. godine u Rudniku Kosovskom, a gimnaziju u Kosovskoj Mitrovici 1960. godine. Kao stipendista "Trepče" upisuje se na Rudarsko-geološki fakultet gde je diplomirao 1965. godine.

Posle završetka redovnih studija zaposlio se u RMHK-"TREPČA" u geološkoj službi u Zvečanu, gde je proveo sve do 1977. godine. U tom periodu radio je na istraživanju ležišta olova i cinka u Starom Trgu, Lecu, Karamanici, Blagodatu, Rogozni, Dražnji i drugim objektima kombinata.

Od 1977. godine neprekidno radi u "Geoinstitutu"-Beograd, gde je od samog početka uključen na projektu istraživanja mineralnih sirovina. U saradnji sa drugima i samostalno realizovao je mnogobrojne projekte na istraživanju olova, cinka, bakra, molibdena, zlata i dr.

Odbranio je magistarsku tezu 1993. godine (Geohemijski oreoli u rudnom polju Mačkatice), a doktorsku disertaciju 1997. godine na Rudarsko-geološkom fakultetu u Beogradu pod naslovom: "Metalogenija zone Mačkatica-Blagodat-Karamanica". U zvanje naučnog saradnika izabran je 1998, a u višeg naučnog saradnika 2004. godine. Objavio je više od 70 naučnih i stručnih radova u zemlji i inostranstvu, od čega dve monografije. Pored toga napisao je preko 50 stručnih radova, fondovskog karaktera koji se odnose na studije, elaborate, izveštaje i dugoročne programe.

GEOINSTITUT

Rovinjska 12, 11 000 BEOGRAD, Yugoslavia
Phone: +381 11 488 99 66, 488 05 06 / Fax: 488 52 96
e-mail: geoins@EUnet.yu

- GEOINSTITUT is a geological scientific and exploration institution capable of planning, implementation and supervision of all fundamental and general geological exploration.
- GEOINSTITUT has experienced and specialized experts, equipment and facilities for the execution of geological exploration at home and abroad.
- Production of regional, detailed and specialized geological, geochemical, metalogenic, geophysical, hydrogeological, and ecological maps in all scales and purposes.
- Exploration for metallic and non-metallic and energetic raw minerals from the evaluation of potentiality up to ore reserve evaluation.
- Geophysical and air-borne geophysical exploration with gravimetric, magnetometric and geoelectric, seismic, radiometric, gamma-ray logging and other geophysical methods.
- Hydrogeological exploration of underground, thermal and spring waters from the production of maps in all scales and purposes up to drilling, installation of piezometers, study of the regime of underground waters up to the production of water wells for water supply of settlements and individual users.
- Geochemical exploration from fundamental to applied prospecting for ore deposits with the production of maps in al scales.
- Exploratory core drilling up to a depth of 1000 m with "Longyear" and "Diamond Boart" wire-line drill rigs.
- Geoecological exploration of the human environment with a developed specialized methodology for the investigation of soils, water and air, from planning to monitoring.
- GEOINSTITUT possesses modern sample preparation and analytical laboratories for al chemical (atomic absorption, ICP, UV), spectrochemical, petrological, mineralogical, crystalographic, IR, sedimentological, DTA, TGA, paleontological, biostratigraphic and radiometric investigations.
- GEOINSTITUT has a modern computer center for data processing of geological data.

- ГЕОИНСТИТУТ је геолошка научно-истраживачка установа за пројектовање, извођење и надзор свих фундаменталних и примењених геолошких истраживања.
- ГЕОИНСТИТУТ поседује искусне и специјализоване кадрове, опрему и пословни простор за извођење следећих геолошких истраживања у земљи и иностранству:
- Израду регионалних, детаљних и специјализованих геолошких, геохемијских, металогенетских, геофизичких, хидрогеолошких, и геоеколошких карата свих размера и намена.
- Истраживањесвих металичних, неметаличних и енергетских минералних сировина од оцене потенцијалности до израде и овере елабората о минералним резервама.
- Геофизичка и аерогеофизичка итраживања применом гравиметријских, магнетометријских, геоелектричних, сеизмичких, радиометријских, каротажних и других метода.
- Хидрогеолошка истраживања подземних, термалних и минералних вода од израде карата свих размера и намена, израде бушотина и уградње пијезометара, проучавања и праћења режима подземних вода до израде бунара за водоснабдевање насеља и индивидуалних потрошача.
- Геохемијска истраживања од фундаменталних до примењених проспекцијских истраживања рудних лежишта са израдом карата свих размера.
- Истражно бушење са језгровањем до дубине од 1000м гарнитурама типа "Longyear" и "Diamant Boart"системом бушења " wire line ".
- Геоеколошка истраживања животне средине са развијеном специјализованом методологијом испитивања тла, вода и ваздуха, од пројектовања до мониторинга.
- ГЕОИНСТИТУТ располаже савременим припремним, препараторским и аналитичким лабораторијама за сва хемијска (атомски апсорбери, ИЦП, УВ), спектрохемијска, петролошка, минеролошка, кристалографска, рентгенска, ИР, седиментолошка, ДТА, ТГА, палеонтолошка, биостратиграфска и радиометријска истраживања и испитивања.
- ГЕОИНСТИТУТ има савремени рачунски центар са софтверима (укључујући ГИС) за обраду и финализацију свих геолошких података.

Posebna izdanja Geoinstituta, Knjiga 29

Izdavač: Geoinstitut, Beograd, Rovinjska 12

Za izdavača:
Dr Radule POPOVIĆ

Prevod na engleski:
*Danica MIJOVIĆ-**PILIĆ***

Korice:
Branislav ADAMOVIĆ

Tehnički urednik:
Branislav ADAMOVIĆ

Kompjuterski slog i grafičko uređenje:
Branislav ADAMOVIĆ

Štampa:
" SIGRA STAR" D.O.O.,
Beograd, Mrakovička 48/4

Tiraž:
300 primeraka

Štampano:
Maj 2005. godine

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

553.462(497.11)

СИМИЋ Милосав
Ležišta i pojave molibdena u Srbiji – Deposits and occurrences of Molybdenum in Serbia / Milosav Simić. – Beograd : Geoinstitut, 2005 (Beograd : Sigra star). - 334 str.: ilustr.; 24 cm. – (Posebna - izdanja Geoinstituta ; knj. 29)

Tiraž 300. – Bibliografija: str. 305-322 - Summary.

ISBN 86-7156-019-8
A) Лежишта молибдена – Србија
COBISS SR-ID 122268172